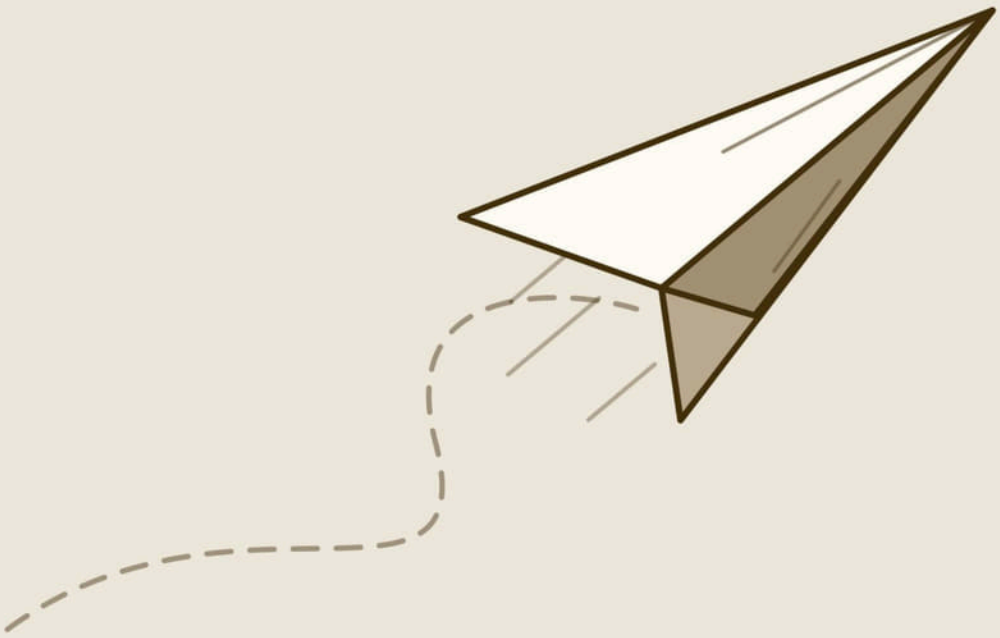
SERI PERSIAPAN TKA SMK

TKA SMK

TEKNIK ENERGI TERBARUKAN

Materi, Strategi, dan Simulasi



Handaka Lumu
by Next Level Study Indonesia

2026/2027 · SMKTET

TKA SMK TEKNIK ENERGI TERBARUKAN

Materi, Strategi, dan Simulasi

Handaka Lumu

by Next Level Study Indonesia

The Dancer of the Silent Stage

"Semakin kau mengenalku, semakin banyak yang kamu tidak tahu"



KETERANGAN BUKU

TKA SMK Teknik Energi Terbarukan: Materi, Strategi, dan Simulasi

Penulis: Handaka Lumu

Penyusun soal: Tim Next Level Study Indonesia

Penerbit: Next Level Study Indonesia

Edisi: Edisi 1 · Gratis untuk pelajar Indonesia · 2026/2027 · Kode buku SMKTET

© 2026 Next Level Study Indonesia. Hak cipta dilindungi undang-undang.

GRATIS · TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN

Buku ini dibagikan gratis sebagai dedikasi Next Level Study Indonesia untuk bangsa. Boleh diperbanyak dan dibagikan untuk belajar, tetapi tidak untuk diperjualbelikan.

Sumber soal asli: Belum ada soal asli TKA untuk mapel ini; bentuk soal mengikuti soal asli TKA SMK 2025 Projek Kreatif dan Kewirausahaan (Pusat Asesmen Pendidikan, Kemendikdasmen).

Acuan kisi-kisi: https://pusmendik.kemendikdasmen.go.id/tka/tka/view/mata-pelajaran-pilihan/sma/teknik-energi-terbarukan-smk-mak

Kata Pengantar

Kamu yang sedang bersiap,

Terima kasih sudah membuka buku ini. Listrik dari matahari, air, angin, dan limbah ternak jarang menjadi berita besar. Lampu di balai desa menyala, pompa air kebun berputar, kompor biogas menyala di dapur, dan orang-orang menikmatinya tanpa tahu siapa yang memasang dan menjaganya. Di situlah letak pekerjaan seorang teknisi energi terbarukan: mengubah sesuatu yang selama ini terbuang menjadi terang, supaya orang lain bisa belajar, bekerja, dan hidup lebih layak.

Soal TKA SMK jarang bertanya apa kepanjangan sebuah singkatan. Soalnya bercerita tentang PLTMH desa yang dayanya turun sesudah banjir, inverter yang mati ketika listrik PLN padam, atau baterai yang kosong sebelum subuh, lalu meminta kamu menentukan sebab atau tindakan yang paling tepat. Karena itu buku ini saya tulis untuk menuntun kamu memahami, bukan hanya menghafal.

Setiap sub bab menjelaskan materinya lebih dulu secara utuh, dengan gambar dan contoh yang diselesaikan langkah demi langkah, baru kemudian strategi menjawab dan jebakan yang sering dipasang. Di akhir setiap bab ada kuis, dan di akhir buku ada simulasi TKA yang berwaktu seperti ujian sesungguhnya. Buku ini tidak menjanjikan nilai tertentu. Yang bisa saya janjikan hanyalah penjelasan yang jujur dan latihan yang terarah.

Bacalah berurutan, dengan kalkulator, pensil, dan kertas coretan di tangan. Bila skor kuis belum memuaskan, kembalilah ke sub bab yang ditunjuk tabel anjuran. Kamu juga bisa membuka latihan yang sama di LMS NLS lewat kode QR di dalam buku.

Teknisi yang baik memutus sumber listrik sebelum menyentuh kabel, mengukur dengan alat yang tepat, dan mencatat dengan jujur walaupun tidak ada yang melihat. Belajarlah dengan sikap yang sama. Berjanjilah pada dirimu untuk tidak berhenti di tengah jalan. Persembahkan kesungguhanmu untuk orang tua yang menunggumu pulang membawa kabar baik, untuk guru yang sabar menuntunmu, dan untuk negeri yang kelak terang oleh tangan-tangan yang mau belajar. Belajarlah dengan sepenuh jiwa dan raga, karena ilmu yang kamu kumpulkan hari ini adalah baktimu esok hari.

Selamat belajar. Saya percaya kamu bisa.

Oktober 2026

Handaka Lumu

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Panduan Memakai Buku

Buku ini dipakai berurutan: kenali ujiannya (Bagian A), pelajari 5 bab materi (Bagian B), uji kesiapanmu dengan simulasi TKA berwaktu (Bagian C), lalu cocokkan jawaban dan pelajari pembahasannya (Bagian D).

Peta belajar

Langkah	Kamu mengerjakan	Hasil
1	Bagian A: kenali bentuk soal dan peta kisi-kisi	Tahu apa yang diuji
2	Bab demi bab: baca sub bab, kerjakan latihan, lalu Kuis Akhir Bab	Skor kuis per bab
3	Ulangi sub bab yang ditunjuk tabel anjuran di akhir kuis	Titik lemah berkurang
4	Bagian C: 3 simulasi TKA berwaktu	Skor simulasi
5	Bagian D: kunci dan pembahasan semua soal	Paham alasan, bukan hanya jawaban

Tanda di dalam buku

Tanda	Artinya
◎ APA YANG DIUJI	Tujuan belajar sub bab dan indikator resmi yang diuji
◆ KONSEP INTI	Materi lengkap: penjelasan runtut, gambar, dan contoh terselesaikan
▲ STRATEGI DAN JEBAKAN	Langkah menjawab dan pola pengecoh yang sering dipasang
● BEDAH SOAL	Soal dibahas langkah demi langkah
✎ LATIHAN	Soal untuk dikerjakan sendiri; kunci singkat di bawahnya
✔ PERIKSA DIRI	Pertanyaan refleksi dan hal yang perlu diingat
Kotak QR	Membuka latihan dan kuis yang sama di LMS NLS

Kode

SMKTET-1.2 = sub bab 1.2; SMKTET-KB1 = kuis akhir bab 1; SMKTET-FIN1 = simulasi 1. Kode yang sama dipakai di LMS.

Belajar lewat PDF atau LMS

Semua latihan, kunci, dan pembahasan sudah ada di buku ini, jadi kamu bisa belajar hanya dengan PDF atau cetakan. LMS menambahkan latihan dan kuis interaktif, serta menyimpan skormu.

Buka buku ini di LMS NLS

Pindai untuk membuka course buku ini.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktet

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Daftar Isi

Kata Pengantar ii
Panduan Memakai Buku iii
Bagian A · Mengenal TKA Teknik Energi Terbarukan 1
Bagian B · Materi 10
Bab 1 · Wawasan Dunia Kerja Teknik Energi Terbarukan 10
Sub bab 1.1 · Tahapan dan proses aktivitas produksi energi terbarukan 11
Sub bab 1.2 · Contoh aktivitas produksi energi air, bayu, surya, dan biomassa 23
Sub bab 1.3 · Isu utama energi terbarukan: teknis dan lingkungan 36
Sub bab 1.4 · Perkembangan teknologi terkini dalam energi terbarukan 48
Sub bab 1.5 · Jenis profesi dan peluang usaha 60
Kuis Akhir Bab 1 72
Bab 2 · Kecakapan Kerja Dasar Teknik Energi Terbarukan 87
Sub bab 2.1 · Komponen utama dan prinsip kerja pembangkit listrik tenaga hidro 88
Sub bab 2.2 · Komponen utama dan prinsip kerja pembangkit listrik tenaga surya 102
Sub bab 2.3 · Komponen utama dan prinsip kerja pembangkit listrik tenaga bayu 115
Sub bab 2.4 · Komponen utama dan prinsip kerja pembangkit listrik tenaga biomassa 128
Sub bab 2.5 · Prosedur dasar pengoperasian pembangkit dengan memperhatikan K3LH 142
Sub bab 2.6 · Budaya kerja industri bidang energi terbarukan 161
Kuis Akhir Bab 2 175
Bab 3 · Gambar Teknik 191
Sub bab 3.1 · Macam-macam peralatan gambar 192
Sub bab 3.2 · Standardisasi dalam pembuatan gambar 205
Sub bab 3.3 · Praktik menggambar teknik 222
Sub bab 3.4 · Membaca gambar sistem instalasi dan simbol energi terbarukan 235
Kuis Akhir Bab 3 253
Bab 4 · Konsep Dasar dan Perhitungan Konversi Energi Terbarukan 268
Sub bab 4.1 · Konservasi energi 269
Sub bab 4.2 · Perhitungan dasar konversi energi hidro 283
Sub bab 4.3 · Perhitungan dasar konversi energi surya 295
Sub bab 4.4 · Perhitungan dasar konversi energi bayu 309
Sub bab 4.5 · Perhitungan dasar konversi energi biomassa 322
Sub bab 4.6 · Analisis kecukupan energi hasil konversi terhadap kebutuhan beban 335
Kuis Akhir Bab 4 348
Bab 5 · Alat Ukur dan Alat Uji 360
Sub bab 5.1 · Jenis dan fungsi alat ukur dan alat uji energi terbarukan 361
Sub bab 5.2 · Alat ukur pada pembangkit listrik tenaga hidro dan bayu 376
Sub bab 5.3 · Alat ukur pada pembangkit listrik tenaga surya dan biomassa 389
Sub bab 5.4 · Penggunaan alat ukur dan alat uji sesuai prosedur kerja 404
Kuis Akhir Bab 5 417
Bagian C · Simulasi TKA 428

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Simulasi 1 — Prediksi TKA 2026 429
Simulasi 2 — Prediksi TKA 2026 444
Simulasi 3 — Prediksi TKA 2026 458
Bagian D · Kunci dan Pembahasan 472
Penutup 575
Lampiran 577

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Bagian A · Mengenal TKA Teknik Energi Terbarukan

Apa itu TKA SMK Teknik Energi Terbarukan

Tes Kemampuan Akademik (TKA) Teknik Energi Terbarukan adalah mata pelajaran **pilihan** pada TKA jenjang SMK/MAK, untuk murid program keahlian Teknik Energi Terbarukan. Menurut kerangka asesmen Pusat Asesmen Pendidikan (Pusmendik) Kemendikdasmen, tes ini mengukur penguasaan konsep dan lingkup kerja di bidang energi terbarukan: wawasan dunia kerja, kecakapan kerja dasar, K3LH dan budaya kerja, gambar teknik, konversi energi dari surya, hidro, angin (bayu), dan biomassa, serta alat ukur dan alat uji.

Muatannya mengacu pada Capaian Pembelajaran Fase E dalam Keputusan Kepala BSKAP Kemendikdasmen Nomor 046/H/KR/2025. Artinya, yang diuji bukan seberapa banyak singkatan atau nama komponen yang kamu hafal, tetapi apakah kamu mengerti cara kerja pembangkit kecil, cara mengerjakannya dengan aman, dan cara menghitung serta mengukurnya, lalu dapat memakai pengertian itu untuk memutuskan dalam kasus nyata di desa, sekolah, peternakan, atau bengkel.

> Halaman kisi-kisi Pusmendik tidak memuat jumlah soal dan waktu pengerjaan. Pemberitaan tentang jadwal TKA 2026 menyebut setiap mata pelajaran pilihan berisi **25 soal** dan dikerjakan dalam **60 menit**, sehingga buku ini memakai ukuran itu untuk kuis dan simulasi: rata-rata **2,4 menit** untuk setiap soal. Pastikan ketentuan resminya lewat pengumuman Pusmendik menjelang ujian.

> **Catatan jujur tentang soal asli.** Untuk mapel Teknik Energi Terbarukan belum ada soal asli TKA yang dapat dimuat. Satu-satunya soal asli TKA SMK 2025 adalah mapel Projek Kreatif dan Kewirausahaan. Soal-soal di buku ini adalah soal latihan yang disusun tim NLS dengan bentuk, panjang, dan tingkat kesulitan yang mengikuti soal asli itu serta enam contoh resmi Teknik Energi Terbarukan dari Pusmendik. Karena itu buku ini **tidak** memuat bedah soal asli dan tidak memuat tabel persentase benar nasional: datanya memang belum ada, dan angka tidak dikarang.

Apa yang diuji: lima elemen, lima bab

Kisi-kisi resmi membagi muatan menjadi lima elemen. Buku ini memakai pembagian yang sama: satu elemen menjadi satu bab, dan setiap bab dipecah menjadi sub bab mengikuti Peta Topik Bank Soal NLS.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Elemen kisi-kisi	Isi menurut kisi-kisi	Bab di buku ini
1. Wawasan dunia kerja	aktivitas produksi, isu dan perkembangan teknologi, profesi dan peluang usaha	Bab 1 (5 sub bab)
2. Kecakapan kerja dasar	pekerjaan dasar pada pembangkit hidro, surya, bayu, dan biomassa; prosedur dan K3LH; budaya kerja	Bab 2 (6 sub bab)
3. Gambar teknik	peralatan gambar, standar gambar, praktik menggambar, membaca gambar instalasi dan simbol	Bab 3 (4 sub bab)
4. Konsep dasar dan perhitungan konversi energi	konservasi energi; perhitungan dasar energi hidro, surya, bayu, dan biomassa; kecukupan energi terhadap beban	Bab 4 (6 sub bab)
5. Alat ukur dan alat uji	jenis dan fungsi alat ukur; alat ukur pembangkit hidro, bayu, surya, dan biomassa; penggunaan sesuai prosedur	Bab 5 (4 sub bab)

Dari 150 soal prediksi NLS yang dipakai di buku ini, sebarannya sebagai berikut.

Bab	Soal prediksi NLS (dari 150)	Porsi
1. Wawasan dunia kerja	30	20 %
2. Kecakapan kerja dasar	36	24 %
3. Gambar teknik	24	16 %
4. Konversi energi dan perhitungan	36	24 %
5. Alat ukur dan alat uji	24	16 %

Angka di atas adalah sebaran soal latihan dan simulasi buku ini, bukan jumlah soal TKA yang sebenarnya. Gunakan sebagai petunjuk **ke mana waktu belajar sebaiknya dibagi**: Bab 2 dan Bab 4 pantas mendapat waktu paling banyak. Bab 4 terasa paling berat bagi banyak siswa karena memuat hitungan, padahal rumusnya hanya sedikit dan semuanya dijelaskan asal-usulnya di buku ini.

Batasan resmi yang perlu kamu ketahui

Matriks asesmen Pusmendik menuliskan beberapa batasan. Batasan ini membantu kamu menakar kedalaman belajar.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Elemen	Batasan dalam kisi-kisi	Artinya bagi kamu
Wawasan dunia kerja	tahapan dan contoh produksi, isu teknis dan lingkungan, jenis profesi dan peluang; tanpa kebijakan, distribusi, ekonomi, perencanaan bisnis, hukum, atau finansial	tidak ada soal tarif listrik, subsidi, aturan, atau hitungan untung–rugi; yang ditanya urutan kerja, isu teknis, dan kecocokan profesi
Kecakapan kerja dasar	komponen utama, prinsip kerja sederhana, prosedur dasar; tanpa desain lanjutan	kamu menyebut fungsi komponen dan urutan kerja yang aman, bukan merancang pembangkit
Gambar teknik	peralatan dengan standar yang berlaku; simbol dan sistem instalasi	gambar yang dibaca berupa denah atap, tampak benda sederhana, dan diagram satu garis
Konversi energi	rumus dasar dan asumsi sederhana	rumus yang dipakai sedikit; data selalu diberikan di soal
Alat ukur dan alat uji	jenis dan fungsi alat ukur pada pembangkit hidro, bayu, surya, dan biomassa	kamu memilih alat dari masalahnya dan menggunakannya dengan cara yang benar

Konteks soal: dunia kerja yang kamu kenal

Soal TKA SMK disajikan dalam konteks dunia kerja. Hampir setiap soal dimulai dengan sebuah tempat: PLTMH desa, atap sekolah atau puskesmas, penginapan di pantai, kandang ternak, pabrik tahu, atau bengkel PLTS. Tokohnya sering teknisi, murid SMK yang sedang praktik kerja lapangan (PKL), atau lulusan yang pulang ke desanya. Kasusnya berupa keputusan kerja: menyusun urutan tahapan, menelusuri sebab daya turun, memilih alat ukur, menghitung kebutuhan modul, atau membaca diagram satu garis.

Konteks	Contoh pada enam contoh resmi Pusmendik
Aktivitas produksi	menentukan tahapan produksi listrik pada PLTS dari sinar matahari sampai beban
Konversi energi surya	membandingkan energi harian dari panel dengan kebutuhan beberapa peralatan rumah
Konversi energi bayu	menilai pernyataan tentang energi turbin angin yang menyuplai lampu, kipas, dan penanak nasi
Peralatan gambar	memilih peralatan gambar yang relevan dari sebuah gambar
Aktivitas produksi (desa wisata)	menentukan benar atau salah tiga pernyataan tentang PLTS dan PLTMH di desa wisata
Prosedur dan K3LH	menilai tiga pernyataan tentang prosedur dan keselamatan seorang teknisi pemula pada pembangkit hidro

Cerita pembuka itu biasanya pendek. Sebagian isinya hanya latar (nama dusun, tahun), tetapi **angka, satuan, dan syaratnya penting**: "tanpa baterai", "listrik PLN padam", "tinggi jatuh

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

efektif", "dua string paralel", "probe merah di jack 10 A". Satu kata dapat mengubah jawaban yang benar. Dalam buku ini setiap kasus ditutup dengan keterangan bahwa nama orang, lembaga, dan datanya disusun untuk latihan dan bersifat fiktif.

Tiga tingkat berpikir

Kerangka Pusmendik menyusun soal dalam tiga level kognitif.

Level	Yang diminta	Contoh pada Teknik Energi Terbarukan
1. Pengetahuan dan Pemahaman	mengidentifikasi	mengenali konsep, komponen, dan prinsip dasar pembangkit; menyebut jenis alat ukur dan fungsinya
2. Aplikasi	menerapkan, menginterpretasi	menjalankan prosedur kerja, menggunakan alat ukur, membaca gambar sistem instalasi, menghitung daya atau energi dari data
3. Penalaran	menganalisis	menganalisis produksi energi, potensi sumber, kecukupan terhadap beban, dan solusi yang berkelanjutan

Pada soal Teknik Energi Terbarukan, level 3 jarang berupa konsep yang sulit. Kesulitannya biasanya terletak pada **hitungan yang terdiri dari beberapa langkah**, pada pilihan yang benar di satu syarat tetapi melanggar syarat lain (misalnya urutan isolasi yang lengkap tetapi tidak diverifikasi), atau pada kasus yang gejalanya mirip tetapi sebabnya berbeda.

Bentuk soal dan cara menjawabnya

Kisi-kisi resmi memuat tiga bentuk soal.

Bentuk	Cara menjawab	Contoh dari paket latihan buku ini
Pilihan ganda (PG)	pilih **satu** jawaban dari lima pilihan A–E	contoh 1 di bawah
PG kompleks pilih lebih dari satu (MCMA)	pilih **semua** pernyataan yang benar; jumlahnya tidak disebutkan	contoh 2 di bawah
PG kompleks kategori (Benar/Salah)	tentukan **setiap** pernyataan Benar atau Salah	contoh 3 di bawah

Pilihan ganda. Pada soal hitungan, hitung jawabanmu sendiri lebih dulu, baru cocokkan dengan pilihan. Pilihan lain sengaja dibuat dari kesalahan yang umum: lupa efisiensi, memakai satuan yang salah, atau memakai rumus yang tidak cocok dengan pertanyaan.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

►. Tim survei SMK mengukur calon lokasi PLTMH di Desa Talang Baru (2027). Debit rencana 50 liter per detik. Elevasi permukaan air bak penenang 245 m dan elevasi turbin di rumah pembangkit 225 m. Efisiensi total turbin–generator diperkirakan 60%. Gunakan massa jenis air 1.000 kg/m^3 dan g = 10 m/s^2. Hasil hitungan akan dipakai untuk menentukan jumlah rumah yang dapat dilayani.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Perkiraan daya listrik keluaran PLTMH tersebut adalah ....

A. 3,6 kW
B. 4,5 kW
C. 5,0 kW
D. 6,0 kW
E. 10,0 kW

Pembahasan **Kunci: D**

Konsep: Daya listrik PLTMH: P = ρ × g × Q × H × η, dengan Q dalam m^3/s dan H tinggi jatuh (selisih elevasi) dalam meter.

Langkah:
1. Q = 50 L/s = 0,05 m^3/s.
2. H = 245 − 225 = 20 m.
3. P = 1.000 × 10 × 0,05 × 20 × 0,6 = 6.000 W = 6,0 kW.

Analisis setiap opsi:
- **A.** ✗ Efisiensi 60% dikalikan dua kali (10 kW × 0,6 × 0,6).
- **B.** ✗ Hitungan memakai tinggi 15 m (salah kurang), bukan 20 m.
- **C.** ✗ Daya dihitung dengan efisiensi 50%, bukan 60%.
- **D.** ✓ 1.000 × 10 × 0,05 × 20 × 0,6 = 6.000 W.
- **E.** ✗ Jebakan: 10 kW adalah daya air sebelum dikalikan efisiensi.

Jawaban: D.

Pilih lebih dari satu (MCMA). Jangan menebak jumlah jawaban yang benar. Nilai setiap pernyataan sendiri-sendiri dengan informasi di soal, lalu pilih semua yang lolos. Satu pilihan yang keliru atau satu yang terlewat sudah membuat jawaban salah.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

►. Koperasi Desa Sukamaju (2027) memetakan potensi energi untuk usulan pembangkit. Data survei: ada anak sungai dengan terjunan 12 m yang airnya mengalir sepanjang tahun; peternakan kelompok memiliki 40 sapi yang dikandangkan; kecepatan angin rata-rata hanya 2,5 m/s, sedangkan brosur turbin angin kecil yang ditawarkan menyebut kecepatan angin mulai berputar (cut-in) 3,5 m/s; atap balai desa menghadap utara tanpa naungan; dan hutan di hulu berstatus hutan lindung.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Usulan yang sesuai dengan potensi desa tersebut adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Membangun PLTMH yang memanfaatkan terjunan anak sungai untuk penerangan desa.
☐ B. Memasang turbin angin kecil dari brosur tersebut sebagai sumber listrik utama desa.
☐ C. Membuat digester biogas dari kotoran sapi yang dikandangkan untuk bahan bakar dapur.
☐ D. Memasang PLTS di atap balai desa yang tidak ternaungi untuk beban siang hari balai.
☐ E. Membangun PLTBm berbahan bakar kayu yang ditebang dari hutan di hulu desa.

Pembahasan **Kunci: A, C, D**

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Aktivitas produksi energi terbarukan dipilih sesuai potensi setempat: hidro butuh debit dan tinggi jatuh, bayu butuh angin di atas cut-in turbin, surya butuh atap/lahan tanpa naungan, biomassa butuh bahan baku yang tersedia secara lestari.

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1** ✓ Terjunan 12 m dengan aliran sepanjang tahun adalah potensi hidro skala mikro.
• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: angin memang ada, tetapi 2,5 m/s di bawah cut-in 3,5 m/s sehingga turbin jarang berputar.
• **Pernyataan 3** ✓ Kotoran 40 sapi yang dikandangkan mudah dikumpulkan sebagai bahan biogas.
• **Pernyataan 4** ✓ Atap terbuka tanpa naungan dapat menerima sinar matahari sepanjang hari.
• **Pernyataan 5** ✗ Jebakan: biomassa memang energi terbarukan, tetapi hutan hulu berstatus lindung dan menjaga debit air untuk PLTMH.

Jawaban: pernyataan 1, 3, 4.

Benar/Salah. Perlakukan setiap baris sebagai soal kecil yang berdiri sendiri. Satu baris bisa memakai istilah yang tepat tetapi menyimpulkan secara keliru; baris seperti itu tetap Salah.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

►. Skema rencana PLTS on-grid rumah makan (2027) dituliskan sebagai alur berurutan: String modul → F1 → Q1 → INV → Q2 → F2 → panel rumah makan → M → jaringan PLN. Legendanya sebagai berikut.

Kode	Keterangan
F1	Pelindung surja (SPD) DC 1.000 V
Q1	Sakelar pemisah DC 1.000 V 32 A
INV	Inverter on-grid 5 kW
Q2	MCB AC 2 kutub 32 A
F2	Pelindung surja (SPD) AC 275 V
M	kWh meter ekspor-impor

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)

Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Q1 berada di sisi DC sehingga dibuka untuk memisahkan string dari inverter saat perawatan.	○	○
F2 melindungi kabel string modul di atap dari tegangan lebih akibat sambaran petir.	○	○
Meter M dapat mencatat energi yang dikirim ke jaringan PLN karena terletak di antara panel dan jaringan.	○	○

Pembahasan **Kunci: 1B 2S 3B**

Konsep: Membaca gambar instalasi: alur menunjukkan urutan sambungan; legenda menjelaskan kode. Komponen sebelum inverter berada di sisi DC, sesudahnya di sisi AC. SPD dipasang di kedua sisi; kWh meter ekspor-impor berada di titik sambung ke jaringan.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1 → Benar.** Q1 terletak antara string (DC) dan inverter.

• **Pernyataan 2 → Salah.** Jebakan: F2 adalah SPD AC yang terletak setelah inverter; pelindung sisi string adalah F1.

• **Pernyataan 3 → Benar.** kWh meter ekspor-impor di titik sambung dengan jaringan mencatat energi masuk dan keluar.

Jawaban: Benar, Salah, Benar.

Pola soal: dari kasus ke sebab, tindakan, atau hitungan

Soal yang berupa kasus biasanya dapat diselesaikan dengan empat langkah.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Langkah	Pertanyaan yang kamu ajukan	Contoh (daya PLTMH desa turun dari 15 kW menjadi 9 kW setelah banjir)
1. Fakta	Apa yang terjadi? Di mana, kapan, berapa?	daya turun setelah banjir; sampah menumpuk di saringan bak penenang; putaran turbin lebih lambat
2. Aturan	Prinsip, prosedur, atau rumus apa yang berlaku?	daya hidro bergantung pada debit dan tinggi jatuh; hambatan di saringan mengurangi debit yang sampai ke turbin
3. Penerapan	Apa sebab atau tindakan yang benar bila aturan itu diterapkan pada fakta?	bersihkan saringan sesuai prosedur (turbin dihentikan lebih dulu), lalu ukur lagi dayanya
4. Periksa	Apakah jawabanku aman, sesuai prosedur, dan mencakup **semua** fakta?	tidak ada tindakan yang membahayakan operator dan tidak ada fakta yang tertinggal

Langkah 4 adalah saringan terakhir. Pengecoh pada soal Teknik Energi Terbarukan sering berupa **sebab yang masuk akal tetapi tidak cocok dengan semua fakta**: generator disalahkan padahal gejalanya ada di saringan, "tambah baterai" untuk masalah produksi, atau rumus daya angin yang benar tetapi memakai diameter sebagai jari-jari. Karena itu ada satu kebiasaan yang perlu kamu latih: **jangan berhenti pada pilihan pertama yang terlihat masuk akal**.

Keterampilan yang dipakai di semua bab

Keterampilan berikut tidak punya sub bab sendiri, tetapi dipakai di banyak soal. Pelajari sekarang, lalu perhatikan pemakaiannya di setiap bab.

Membaca tabel, diagram, dan label

Banyak soal memberi tabel: data beban harian, spesifikasi baterai, data kecepatan angin, atau legenda simbol. Baca **judul kolom dan satuannya** lebih dulu, lalu tandai **syarat** yang ditulis di cerita (misalnya "daya minimal 15 kW", "tanpa baterai", "semua modul searah"). Pada gambar, baca keterangan, legenda, dan arah alur sebelum melihat rinciannya.

Menghitung dengan tertib

Hitungan pada soal Teknik Energi Terbarukan memakai aritmetika dasar: perkalian, pembagian, pangkat tiga, persen, dan konversi satuan. Soalnya jarang sulit, tetapi mudah salah karena terburu-buru. Tulis setiap langkah di lembar coretan, dan beri tanda pada hal yang sering terlewat: **satuan** (W atau Wh, liter per detik atau meter kubik per detik, MJ atau kWh), **jari-jari atau diameter**, **efisiensi** (dikali untuk hasil, dibagi untuk kebutuhan), **tegangan sistem** (12 V, 24 V, atau 48 V), dan **pembulatan ke atas** untuk jumlah modul atau kemasan.

Memilih sebab dan tindakan yang aman

Banyak kasus meminta kamu menentukan sebab gangguan atau tindakan berikutnya. Tanyakan tiga hal berurutan: **apakah sebab atau tindakan ini cocok dengan semua gejala, apakah aman bagi teknisi dan lingkungan, dan apakah sesuai prosedur**. Pilihan yang gagal pada salah satunya hampir selalu pengecoh.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Strategi 60 menit

1. **Putaran pertama (±35 menit):** kerjakan soal yang jawabannya langsung terlihat setelah membaca kasusnya, seperti urutan tahapan, memilih alat ukur dari gejala, dan komponen beserta fungsinya. Untuk soal hitungan panjang, diagram satu garis, atau MCMA yang ragu, tandai dulu lalu lewati.
2. **Putaran kedua (±20 menit):** kerjakan soal yang ditandai. Pada soal hitungan, tulis rumus, masukkan angka berikut satuannya, lalu hitung bertahap. Coret pilihan yang jelas melanggar keselamatan atau syarat sebelum menghitung.
3. **Lima menit terakhir:** periksa soal Benar/Salah dan MCMA baris demi baris, lalu pastikan tidak ada soal yang terlewat.
4. **Hitung dulu, baru cocokkan.** Angka pengecoh sengaja dibuat dari kesalahan umum: diameter sebagai jari-jari, rugi yang ditambahkan alih-alih dibagi, atau MJ ditulis sebagai kWh. Bila hasilmu sama dengan satu pengecoh, ulangi satu langkah yang paling rawan.
5. **Waspadai pilihan yang terlalu mutlak atau terlalu luas**, seperti "mengganti seluruh komponen" atau "tidak perlu diperiksa". Namun, jangan memilih hanya karena kata-katanya; tetap periksa dengan fakta di soal.

Cara memakai buku ini untuk Teknik Energi Terbarukan

- **Ikuti urutan bab.** Bab 1 memberi gambaran dunia kerja. Bab 2 membentuk pemahaman cara kerja pembangkit dan keselamatan yang dipakai di semua kasus. Bab 3 melatih membaca gambar yang muncul di seluruh buku. Bab 4 baru dapat dikerjakan dengan lancar bila Bab 2 sudah kamu pahami, dan Bab 5 memakai hasil hitungan Bab 4 untuk memilih dan membaca alat ukur.
- **Beri waktu lebih untuk sub bab bertanda ★.** Sebanyak 13 sub bab ditandai karena sebagian besar soal latihannya berkesulitan *sulit*: isu teknis dan lingkungan (1.3), pembangkit surya (2.2), bayu (2.3), biomassa (2.4), prosedur dan K3LH (2.5), praktik menggambar (3.3), membaca diagram instalasi (3.4), perhitungan hidro (4.2), surya (4.3), bayu (4.4), kecukupan energi (4.6), alat ukur surya dan biomassa (5.3), dan prosedur memakai alat ukur (5.4).
- **Kerjakan ulang contoh terselesaikan.** Setelah membaca contoh, tutup buku dan kerjakan ulang tanpa melihat jawabannya. Bila kamu bisa mengerjakannya sendiri, kamu bisa menjelaskannya.
- **Gambar sendiri.** Saat belajar gambar teknik dan diagram instalasi, gambarlah sketsa kecil: tampak sebuah dudukan modul, diagram satu garis PLTS, aliran air di PLTMH. Sketsa yang kamu buat sendiri lebih mudah diingat daripada gambar yang hanya dilihat.
- **Kerjakan kuis akhir bab dalam 60 menit**, sama dengan waktu ujian, lalu ikuti tabel anjuran di bawahnya.
- **Simpan Simulasi TKA untuk akhir.** Ketiga simulasi berisi soal yang belum pernah kamu lihat di sub bab mana pun dan menjadi ukuran kesiapanmu yang sebenarnya.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Bagian B · Materi

Bagian ini memuat 5 bab. Tiap bab diakhiri kuis; kerjakan berurutan.

Bab 1 · Wawasan Dunia Kerja Teknik Energi Terbarukan

SMKTET-B1

Setelah mempelajari bab ini, kamu dapat:

- menyusun urutan tahapan proyek dan aliran energi pada pembangkit hidro, surya, bayu, dan biomassa
- mengelompokkan kegiatan produksi energi menurut sumbernya dan mengenali sumber yang cocok untuk suatu lokasi
- menjelaskan isu teknis dan lingkungan energi terbarukan beserta penanganannya
- membandingkan teknologi lama dan baru dan memilih yang cocok dengan kondisi lokasi
- mencocokkan profesi dan peluang usaha dengan kompetensi lulusan dan kebutuhan setempat

Peta bab

Sub bab	Judul
1.1	Tahapan dan proses aktivitas produksi energi terbarukan
1.2	Contoh aktivitas produksi energi air, bayu, surya, dan biomassa
1.3	Isu utama energi terbarukan: teknis dan lingkungan
1.4	Perkembangan teknologi terkini dalam energi terbarukan
1.5	Jenis profesi dan peluang usaha

Bab 1 di LMS

Buka seluruh latihan bab ini di LMS.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktet&node=SMKTET-B1

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 1.1 · Tahapan dan proses aktivitas produksi energi terbarukan

SMKTET-1.1

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu **mengidentifikasi aktivitas produksi** energi terbarukan: tahapan apa saja yang dilalui sebuah pembangkit sejak direncanakan sampai beroperasi, dan bagaimana energi mengalir di dalamnya. Soal biasanya bercerita tentang satu pembangkit kecil di desa, sekolah, atau peternakan, lalu mencantumkan beberapa tahap yang urutannya acak. Kamu diminta **menyusun urutan yang benar** atau **memperbaiki urutan yang keliru** ketika muncul gejala tertentu, misalnya mesin berkarat atau turbin terlalu cepat aus.

Ada dua urutan yang perlu kamu kuasai, dan keduanya berbeda. Urutan pertama adalah **urutan tahapan proyek**: survei, memilih teknologi, pekerjaan sipil, pemasangan, uji coba, serah terima, operasi, perawatan. Urutan kedua adalah **urutan aliran energi** di dalam pembangkit: dari sumber energi sampai ke lampu yang menyala. Soal sering mencampur keduanya, jadi kamu harus tahu sedang ditanya yang mana.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan arti produksi energi dan membedakan sumber energi, pembangkit, dan beban;
- menyusun tahapan proyek pembangkit kecil beserta alasan urutannya;
- menelusuri alur energi pada PLTMH, PLTS, PLTB, pembangkit biogas, dan gasifikasi biomassa;
- menyebutkan bentuk energi pada setiap tahap alur;
- membedakan komponen pengubah energi dari komponen pelengkap;
- menjelaskan fungsi uji coba, serah terima, dan catatan operasi.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Lampu di warung desa menyala karena ada yang bekerja di balik layar. Ada sungai yang dibelokkan, ada turbin yang berputar, ada kabel yang ditarik, ada teknisi yang memeriksa setiap pagi. Rangkaian pekerjaan inilah yang disebut **aktivitas produksi energi**: semua kegiatan untuk mengubah sumber energi terbarukan menjadi energi yang siap dipakai, dan menjaganya tetap bisa dipakai. Sub bab ini menjelaskan rangkaian itu dari dua sisi, yaitu apa yang dikerjakan orang (tahapan proyek) dan apa yang terjadi pada energinya (alur energi).

1. Istilah dasar: sumber, pembangkit, beban

Sumber energi adalah asal energi: sinar matahari, aliran air, angin, atau bahan organik (biomassa). **Pembangkit** adalah seperangkat alat yang mengubah energi itu menjadi bentuk

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

yang berguna, biasanya listrik. **Beban** adalah apa pun yang memakai listrik: lampu, kipas, pompa, lemari pendingin, mesin penggiling. Perubahan bentuk energi disebut **konversi energi**. Hukum dasarnya: energi tidak hilang dan tidak muncul begitu saja, ia hanya berubah bentuk. Di dalam proses itu selalu ada sebagian energi yang berubah menjadi panas yang tidak berguna (rugi-rugi), sehingga yang keluar lebih kecil daripada yang masuk.

Nama pembangkit di Indonesia memakai pola yang sama: PLT (pembangkit listrik tenaga) diikuti sumbernya. **PLTMH** adalah pembangkit listrik tenaga mikrohidro, yaitu pembangkit air skala kecil. **PLTS** adalah tenaga surya. **PLTB** adalah tenaga bayu (angin). **PLTBg** adalah tenaga biogas, dan **PLTBm** adalah tenaga biomassa. Dalam buku ini istilah "hidro" dipakai untuk pembangkit air secara umum, dan "bayu" berarti angin.

2. Tahapan proyek pembangkit kecil

Sebuah pembangkit tidak langsung dipasang. Bayangkan seorang pengelola pondok wisata ingin membeli turbin yang dilihatnya di pameran. Teknisi yang baik akan menahannya dulu, karena turbin yang bagus belum tentu cocok dengan lokasinya. Tahapan yang benar mengikuti satu prinsip: **keputusan yang menentukan harus diambil sebelum pekerjaan yang bergantung padanya**. Urutan lazim untuk pembangkit kecil (Gambar 1.1):

1. **Survei potensi dan kebutuhan.** Mengukur atau mengamati sumber energi di lokasi (debit dan tinggi jatuh air, lama dan kekuatan sinar matahari, kecepatan angin, jumlah bahan organik) dan mencatat kebutuhan listrik pemakai. Tanpa data ini, semua keputusan berikutnya hanya menebak.
2. **Memilih teknologi dan ukuran.** Menentukan jenis pembangkit, kapasitas, dan komponen utamanya berdasarkan hasil survei. Turbin dipilih menurut data air atau angin, bukan menurut selera.
3. **Pekerjaan sipil dan pondasi.** Membangun bagian yang tidak bergerak: bendung kecil dan saluran air, pondasi menara turbin angin, dudukan modul di tanah, rumah pembangkit, bak digester. Ukurannya bergantung pada peralatan yang sudah dipilih, karena itu tahap ini datang **sesudah** tahap 2.
4. **Pemasangan peralatan.** Memasang turbin, generator, modul, inverter, pipa, kabel, dan alat pengaman, lalu menyambungkannya sesuai gambar kerja.
5. **Uji coba (*commissioning*).** Memeriksa dan mencoba sistem secara bertahap sebelum dipakai penuh: memeriksa sambungan dan polaritas, menguji fungsi pengaman, menjalankan pembangkit pelan-pelan, lalu menaikkan beban sedikit demi sedikit sambil mencatat hasil ukur.
6. **Serah terima.** Pemasang menyerahkan pembangkit kepada pengelola atau pemilik, lengkap dengan gambar terpasang, petunjuk pengoperasian, dan pelatihan singkat untuk operator.
7. **Operasi.** Pembangkit dijalankan sehari-hari dan setiap kejadian penting dicatat dalam **catatan operasi (logbook)**.
8. **Perawatan berkala.** Pemeriksaan dan pembersihan menurut jadwal agar kerusakan kecil tidak menjadi besar.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 1.1 Delapan tahapan proyek pembangkit kecil dan hasil yang dibawa setiap tahap; uji coba (merah) tidak boleh dilompati. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Tidak semua tahap sama besar pada setiap jenis pembangkit. PLTS atap hampir tidak memerlukan pondasi, tetapi atapnya harus diperiksa kekuatan rangkanya dan dudukan modul dipasang kuat. Pembangkit hidro membutuhkan pekerjaan sipil paling banyak. Namun **urutan logikanya tetap sama**: data dulu, pilih, siapkan tempat, pasang, uji, serahkan, jalankan, rawat. Kalau urutan ini terbalik, akibatnya nyata. Pondasi yang dibuat sebelum turbin dipilih bisa tidak cocok dengan ukuran menara. Pembangkit yang langsung dinyalakan tanpa uji coba bisa merusak peralatan karena ada kabel terbalik yang tidak ketahuan.

Uji coba dan serah terima sering terlewat, padahal dua tahap ini membuat pembangkit aman dan bisa dirawat. Uji coba menemukan kesalahan pasang sebelum menimbulkan kerugian. Serah terima memastikan operator tahu cara menjalankan dan mematikan pembangkit dan tahu siapa yang dihubungi bila terjadi gangguan.

3. Alur energi pembangkit hidro (PLTMH)

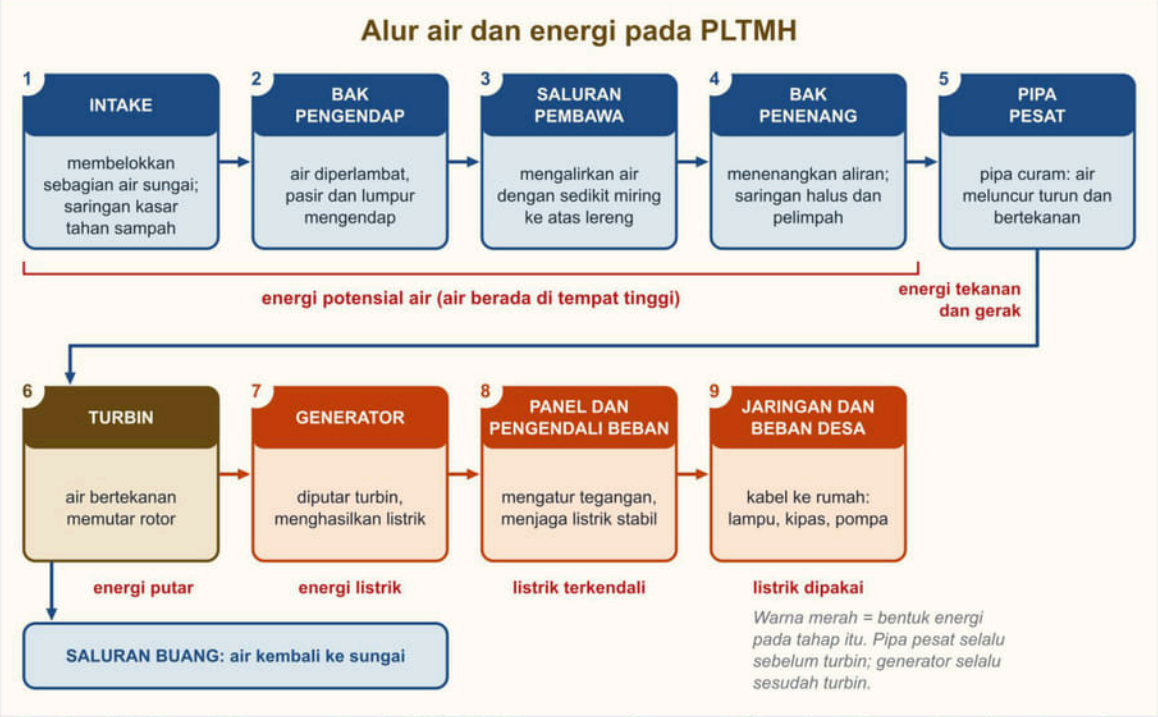
Sekarang kita lihat aliran energi di dalam pembangkit. Pada PLTMH, energi berasal dari air yang jatuh dari tempat tinggi ke tempat rendah. Urutannya mengikuti arah aliran air (Gambar 1.2):

1. **Intake**: bangunan penyadap yang membelokkan sebagian air sungai masuk ke saluran. Biasanya dilengkapi bendung kecil dan saringan kasar untuk menahan sampah dan ranting.
2. **Bak pengendap**: air diperlambat supaya pasir dan lumpur mengendap. Pasir yang lolos akan menggerus bilah turbin.
3. **Saluran pembawa**: mengalirkan air dengan sedikit kemiringan menuju bagian atas lereng.
4. **Bak penenang** (*forebay*): menenangkan aliran, menampung air sebelum masuk pipa, dan memiliki saringan halus serta pelimpah untuk membuang kelebihan air.
5. **Pipa pesat** (*penstock*): pipa yang curam, tempat air meluncur turun. Di sini **energi**

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

potensial air (energi karena letaknya tinggi) berubah menjadi **energi tekanan dan gerak**.

6. **Turbin**: air bertekanan memutar rotor turbin. Energi air menjadi **energi gerak putar (mekanik)**.
7. **Generator**: diputar oleh turbin dan mengubah energi putar menjadi **energi listrik**.
8. **Panel dan pengendali beban**: mengatur tegangan dan menjaga agar listrik stabil walau pemakaian berubah.
9. **Jaringan desa dan beban**: kabel menyalurkan listrik ke rumah-rumah.
10. Air bekas keluar lewat **saluran buang** dan kembali ke sungai.



Gambar 1.2 Alur air dan energi pada PLTMH. Warna merah menunjukkan bentuk energi pada setiap tahap. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Perhatikan bahwa pipa pesat selalu datang **sebelum** turbin dan generator selalu datang **sesudah** turbin. Alasannya sederhana: turbin memerlukan air bertekanan untuk berputar, dan generator memerlukan putaran dari turbin. Bak penenang dan bak pengendap selalu datang **sebelum** pipa pesat karena air yang masuk pipa harus sudah tenang dan bebas pasir.

4. Alur energi PLTS, PLTB, biogas, dan gasifikasi

Pembangkit lain punya alur masing-masing (Gambar 1.3).

PLTS (tenaga surya). Sinar matahari mengenai modul surya dan diubah menjadi **listrik arus searah (DC)**. Listrik DC mengalir lewat kabel dan pengaman ke **pengendali pengisian** (*solar charge controller*), yang mengatur pengisian **baterai** supaya tidak berlebihan. Baterai menyimpan energi untuk dipakai malam hari. Listrik DC kemudian diubah oleh **inverter** menjadi **arus bolak-balik (AC)** yang dipakai peralatan rumah. Pada sistem **tersambung jaringan** (*on-grid*) biasanya tidak ada baterai: modul langsung terhubung ke inverter, lalu ke jaringan listrik.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

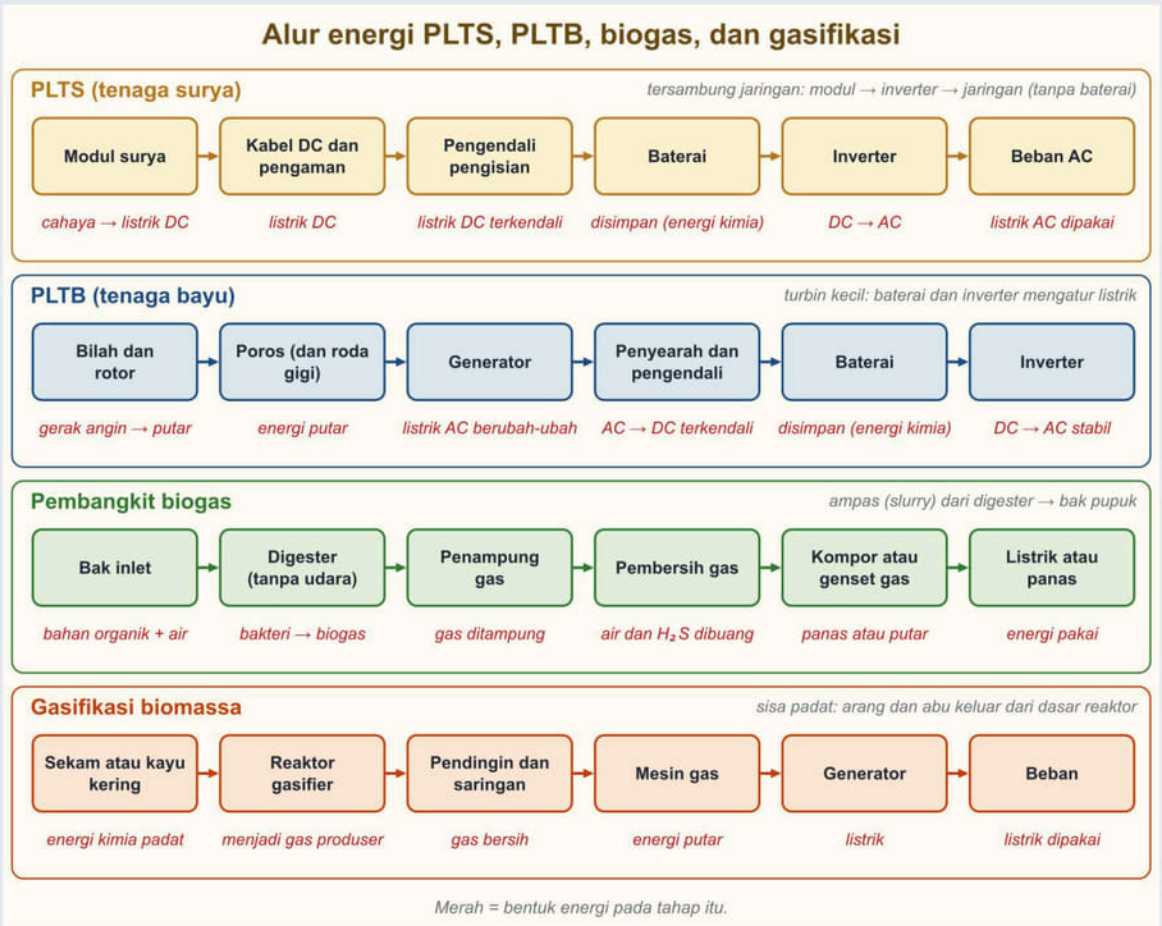
PLTB (tenaga bayu). Angin menggerakkan **bilah** dan **rotor**; energi gerak angin menjadi energi putar. Putaran diteruskan lewat poros ke **generator** (kadang lewat roda gigi pengubah kecepatan) dan menghasilkan listrik AC yang tegangan dan frekuensinya berubah-ubah mengikuti kecepatan angin. Listrik itu disearahkan dan diatur oleh pengendali untuk mengisi baterai, kemudian diubah inverter menjadi AC yang stabil.

Pembangkit biogas. Bahan baku seperti kotoran ternak atau limbah cair tahu dicampur air di **bak inlet**, lalu masuk **digester** (tangki tertutup tanpa udara). Di dalamnya bakteri menguraikan bahan organik dan menghasilkan **biogas**, campuran gas yang sebagian besar metana. Gas dikumpulkan di **penampung gas**, lalu **dibersihkan**: air yang mengembun dipisahkan dan gas beracun hidrogen sulfida (H_2S) disaring. Pembersihan ini penting karena H_2S dan uap air membuat logam berkarat, sehingga mesin dan pipa cepat rusak. Gas bersih dibakar di **kompor** atau dipakai **genset gas** untuk menghasilkan listrik. Sisa fermentasi berupa **ampas cair (slurry)** dialirkan ke bak pupuk. Energinya berubah dari energi kimia bahan organik, menjadi energi kimia gas, menjadi panas atau energi putar mesin, lalu listrik.

Gasifikasi biomassa. Bahan kering seperti sekam padi, serpihan kayu, atau tempurung kelapa dimasukkan ke **reaktor gasifier** yang dipanaskan dengan udara terbatas. Di dalamnya terjadi pengeringan, penguraian karena panas (pirolisis), pembakaran sebagian, dan reaksi pembentukan gas. Hasilnya **gas produser**, campuran gas yang dapat terbakar. Gas didinginkan dan disaring dari debu serta tar, lalu dipakai pada genset gas atau kompor. Sisa padatnya berupa arang dan abu.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 1.3 Alur energi pada PLTS, PLTB, pembangkit biogas, dan gasifikasi biomassa, dengan bentuk energi di bawah setiap tahap. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

5. Komponen pengubah dan komponen pelengkap

Dalam setiap alur ada dua jenis komponen. **Komponen pengubah** adalah bagian yang benar-benar mengubah bentuk energi: modul surya, turbin, generator, rotor angin, digester, gasifier, inverter. **Komponen pelengkap** menjaga agar pengubah bekerja baik dan aman: saringan, bak pengendap, pengendali pengisian, pengaman, pembersih gas, penampung gas, kabel, panel. Komponen pelengkap tidak menambah energi, tetapi tanpanya sistem cepat rusak atau berbahaya. Contohnya pembersih gas pada biogas: ia tidak menghasilkan listrik, tetapi tanpa itu genset berkarat. Siswa yang hanya menghafal komponen pengubah sering salah menjawab soal gejala, karena penyebab gejala biasanya ada pada komponen pelengkap yang terlewat.

Tabel berikut merangkum bentuk energi pada tiap tahap.

Pembangkit	Bentuk energi, dari awal ke akhir
PLTMH	energi potensial air → energi tekanan dan gerak → energi putar turbin → listrik
PLTS	energi cahaya → listrik DC → (disimpan di baterai sebagai energi kimia) → listrik AC
PLTB	energi gerak angin → energi putar rotor → listrik AC → listrik DC (disearahkan) → listrik AC stabil
Biogas	energi kimia bahan organik → energi kimia biogas → panas atau energi putar mesin → listrik
Gasifikasi	energi kimia biomassa padat → energi kimia gas produser → energi putar mesin → listrik

6. Serah terima dan catatan operasi

Pembangkit yang sudah jadi masih memerlukan dua hal agar bisa bertahan bertahun-tahun. Pertama, **dokumen serah terima**: gambar instalasi terpasang (disebut gambar *as built*, yaitu gambar sesuai yang sebenarnya dipasang, bukan sesuai rencana), buku petunjuk, daftar komponen, dan catatan hasil uji coba. Kedua, **catatan operasi (logbook)**: buku atau lembar yang diisi operator setiap hari berisi tanggal, jam, hasil ukur sederhana (tegangan, arus, tinggi muka air, atau tekanan gas), kejadian tidak biasa, dan tindakan yang diambil. Catatan ini sangat berguna ketika ada gangguan. Tanpa catatan, teknisi baru tidak tahu apakah daya sudah turun sejak seminggu lalu atau baru kemarin.

Berikut dua contoh menyusun urutan.

Contoh 1 — Urutan tahap PLTS atap sebuah sekolah

Pada Februari 2027, SMK Cahaya Bangsa di Kota Palu ingin memasang PLTS atap untuk laboratorium komputernya. Kepala laboratorium, Bu Ratna, menyerahkan tugas kepada tim PKL. Tim menuliskan delapan kegiatan dalam urutan acak: (a) memasang modul dan kabel DC; (b) memeriksa arah, naungan, dan kekuatan rangka atap serta mencatat beban laboratorium; (c) memasang inverter, pengaman, dan pembumian; (d) menjalankan uji coba bertahap; (e) memilih jenis sistem dan jumlah modul; (f) membersihkan modul secara berkala; (g) memasang dudukan modul pada rangka atap; (h) menyerahkan sistem kepada sekolah dan melatih petugas. Susunlah urutannya. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1. Mulai dari **data**: kegiatan (b), karena arah atap, naungan, kekuatan rangka, dan kebutuhan beban menentukan semua keputusan lain.
2. Lalu **keputusan**: kegiatan (e), karena jenis sistem dan jumlah modul dipilih dari data survei.
3. Lalu **menyiapkan tempat**: kegiatan (g). Untuk atap, pekerjaan "sipil" berupa dudukan modul, dan harus selesai sebelum modul dipasang.
4. Lalu **pemasangan**: (a) modul dan kabel DC, kemudian (c) inverter, pengaman, dan pembumian. Kabel DC dari modul dipasang sebelum disambung ke inverter.
5. Lalu **uji coba**: kegiatan (d), sebelum sistem diserahkan.
6. Lalu **serah terima**: kegiatan (h).
7. Terakhir **perawatan berkala**: kegiatan (f).

Jawaban: **b → e → g → a → c → d → h → f**.

Contoh 2 — Alur energi gasifikasi sekam padi

Pada Juni 2027, koperasi penggilingan padi di Desa Tirta Mulya (fiktif) ingin memakai sekam padinya sebagai bahan bakar genset 20 kW dengan gasifier. Teknisi menuliskan tujuh bagian alur secara acak: (1) gas didinginkan dan disaring dari debu; (2) sekam kering dimasukkan lewat corong pengumpan; (3) genset gas memutar generator; (4) sekam dipanaskan dengan udara terbatas di reaktor sampai menjadi gas; (5) listrik diatur lewat panel lalu dialirkan ke mesin penggiling; (6) gas bersih masuk ke genset gas; (7) abu dan arang dikeluarkan dari dasar reaktor. Susunlah alur energi dan sebutkan bentuk energi pada tahap utama. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. Bahan masuk lebih dulu: (2) sekam dimasukkan.
2. Bahan diubah menjadi gas di reaktor: (4). Pada tahap ini energi kimia sekam padat menjadi energi kimia gas produser. Sisa padat (7) keluar dari dasar reaktor bersamaan, sebagai hasil sampingan.
3. Gas dibersihkan sebelum masuk mesin: (1) pendinginan dan penyaringan debu, lalu (6) gas bersih masuk genset. Gas yang kotor membuat mesin cepat aus.
4. Genset membakar gas dan memutar generator: (3). Energi kimia menjadi energi putar, lalu listrik.
5. Listrik diatur dan disalurkan ke beban: (5).

Jawaban: **2 → 4 → (7 sebagai sisa padat) → 1 → 6 → 3 → 5**, dengan energi: kimia padat → kimia gas → putar → listrik.

Ringkasan bagian ini. Produksi energi adalah mengubah sumber terbarukan menjadi energi pakai. Ada dua urutan: tahapan proyek (survei → pilih teknologi → sipil → pasang → uji coba → serah terima → operasi → rawat) dan alur energi tiap pembangkit. Komponen pengubah mengubah bentuk energi; komponen pelengkap menjaga sistem baik dan aman. Uji coba, serah terima, dan catatan operasi adalah bagian dari pekerjaan, bukan tambahan.

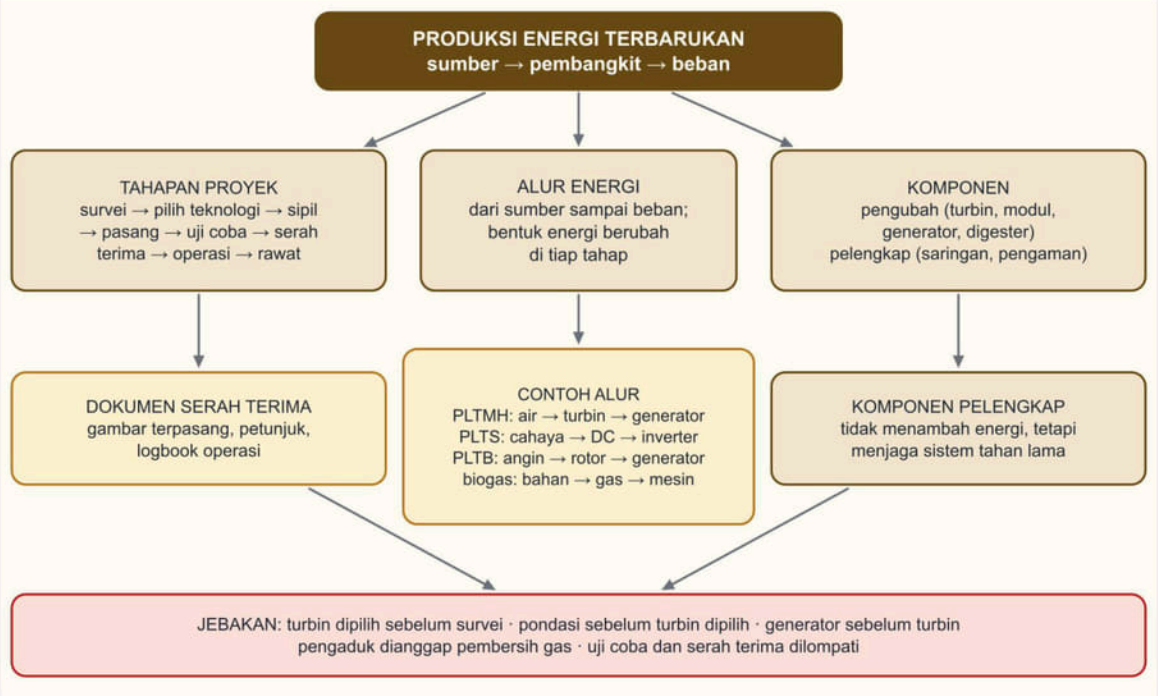
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- **Tahapan proyek:** survei potensi → memilih teknologi dan ukuran → pekerjaan sipil dan pondasi → pemasangan → uji coba → serah terima → operasi → perawatan. Keputusan diambil sebelum pekerjaan yang bergantung padanya.
- **PLTMH:** intake → bak pengendap → saluran → bak penenang → pipa pesat → turbin → generator → pengendali beban → beban.
- **PLTS:** modul → pengaman → pengendali pengisian → baterai → inverter → beban; sistem tersambung jaringan tidak memakai baterai.
- **PLTB:** bilah dan rotor → poros → generator → penyearah dan pengendali → baterai → inverter.
- **Biogas:** bahan → digester → penampung gas → pembersih gas → kompor atau genset; ampas jadi pupuk.
- **Gasifikasi:** bahan kering → gasifier → pembersih gas → genset; sisa arang dan abu.
- **Komponen pengubah** mengubah bentuk energi; **komponen pelengkap** menjaga dan mengamankan.

Gambar 1.4 merangkum hubungan antarkonsep itu.



Gambar 1.4 Peta konsep tahapan dan proses aktivitas produksi energi terbarukan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal urutan:

1. **Tentukan dulu jenis urutannya**: tahapan proyek atau alur energi.
2. **Tulis pasangan "harus sebelum"**. Misalnya: data angin sebelum pilih turbin, pilih turbin sebelum pondasi, pipa pesat sebelum turbin, turbin sebelum generator.
3. **Cocokkan pilihan dengan pasangan itu.** Satu pasangan yang terbalik cukup untuk mencoret satu opsi.
4. **Pada soal gejala**, cari komponen pelengkap yang hilang (pembersih gas, saringan, pengaman) dan letakkan di tempat yang tepat dalam alur.

Jebakan khas:

- **Turbin dipilih atau dibeli sebelum data survei.**
- **Pondasi dibuat sebelum turbin dipilih.**
- **Generator ditaruh sebelum turbin**, atau pipa pesat sesudah turbin.
- **Pengaduk atau pemanas dianggap pembersih gas** pada biogas.
- **Uji coba dilompati** dan sistem langsung diserahkan.

● BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menunjukkan cara membedah soal gejala pada alur biogas. Mulailah dengan menulis alurnya, tandai tahap yang sudah ada, lalu cari tahap pelengkap yang hilang dan sesuai dengan gejalanya.

►. Peternakan sapi perah Bu Lestari (2027) membangun pembangkit listrik tenaga biogas 10 kW. Operator menulis tahapan prosesnya: (1) kotoran dicampur air di bak inlet; (2) campuran difermentasi tanpa udara di digester; (3) gas dikumpulkan di penampung gas; (4) gas dialirkan ke mesin genset berbahan bakar gas; (5) genset menghasilkan listrik; (6) ampas cair (slurry) dialirkan ke kolam pupuk. Enam bulan setelah beroperasi, bagian dalam mesin genset berkarat, busi cepat kotor, dan pipa gas di dekat genset sering berisi genangan air.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Perbaikan tahapan yang paling tepat adalah ....

A. Menambahkan pemanasan campuran di bak inlet sebelum tahap (1)
B. Menambahkan penampung gas kedua di antara tahap (3) dan tahap (4)
C. Menambahkan pengadukan isian digester di antara tahap (2) dan (3)
D. Menambahkan pemurnian gas di antara tahap (3) dan tahap (4)
E. Menambahkan pendinginan mesin genset di antara tahap (4) dan tahap (5)

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Pembahasan **Kunci: D**

Konsep: Alur PLTBg: bahan baku dicampur → fermentasi anaerob di digester → gas ditampung → gas dimurnikan (pemisahan air, penyerapan H_2S) → genset gas → listrik; ampas (slurry) dimanfaatkan sebagai pupuk.

Langkah:

1. Gejala: mesin berkarat, busi kotor, air di pipa → gas mentah masih mengandung uap air dan H_2S yang korosif.
2. Gas harus dimurnikan sebelum masuk genset.
3. Letak pemurnian: setelah penampung (3), sebelum genset (4).

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Pemanasan dapat mempercepat fermentasi, tetapi tidak menghilangkan H_2S dan uap air yang membuat mesin berkarat.
- **B.** ✗ Jebakan: penampung tambahan menambah cadangan gas, tetapi gas yang masuk genset tetap mentah dan basah.
- **C.** ✗ Jebakan: pengadukan dapat menambah produksi gas, tetapi tidak membersihkan gas dari uap air dan H_2S.
- **D.** ✓ Gas dibersihkan dari uap air dan H_2S sebelum dibakar di genset.
- **E.** ✗ Jebakan: tampak menangani mesin, tetapi karat dan air di pipa berasal dari gas mentah yang belum dimurnikan, bukan dari panas mesin.

Jawaban: D.

✎ LATIHAN

Kerjakan tanpa melihat kunci. Tulis dulu pasangan "harus sebelum", lalu periksa tiap opsi.

1. Dimas, siswa PKL di PLTMH desa (2027), menulis enam tahapan proses dalam laporannya, tetapi urutannya tercampur:
(1) air memutar runner turbin; (2) pasir diendapkan di bak pengendap dan aliran ditenangkan di bak penenang; (3) generator mengubah energi gerak menjadi energi listrik; (4) sebagian air sungai dibelokkan masuk lewat intake; (5) air meluncur di pipa pesat sehingga tekanannya naik; (6) listrik diatur pengendali beban lalu dialirkan ke rumah warga.
Pembimbing meminta Dimas menyusun ulang tahapan itu sesuai aliran energinya.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Urutan tahapan yang benar adalah ....

A. (4) – (5) – (2) – (1) – (3) – (6)
B. (4) – (2) – (1) – (5) – (3) – (6)
C. (4) – (2) – (5) – (1) – (3) – (6)
D. (2) – (4) – (5) – (1) – (3) – (6)
E. (4) – (2) – (5) – (3) – (1) – (6)

2. Pengelola pondok wisata di perbukitan (2027) ingin langsung membeli turbin angin yang dilihatnya di pameran. Teknisi menyarankan mengikuti tahapan kegiatan yang benar.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Tahapan yang disusun teknisi (urutannya masih acak): (1) memasang menara dan rotor; (2) mengukur kecepatan angin di lokasi selama beberapa bulan; (3) uji coba sistem dan serah terima kepada pengelola; (4) memilih turbin sesuai data angin dan kebutuhan beban; (5) membuat pondasi menara; (6) perawatan berkala.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Urutan tahapan yang tepat adalah ....

A. (4) – (2) – (5) – (1) – (3) – (6)
B. (2) – (4) – (5) – (1) – (3) – (6)
C. (2) – (5) – (4) – (1) – (3) – (6)
D. (2) – (4) – (1) – (5) – (3) – (6)
E. (2) – (4) – (5) – (3) – (1) – (6)

Kunci singkat: 1. C 2. B

✔ PERIKSA DIRI

- Seorang pengelola ingin membeli turbin angin lebih dulu karena "pasti angin ada di sini". Tahap apa yang ia lompati, dan apa akibatnya bagi pondasi dan pemilihan turbin?
- Mengapa gas biogas dibersihkan sebelum masuk genset, dan di bagian alur mana pembersihan itu diletakkan?
- **Yang harus kuingat:** data dulu, pilih teknologi, siapkan tempat, pasang, uji coba, serah terima, operasi, rawat; dalam tiap alur, komponen pengubah dipasangi komponen pelengkap yang melindunginya.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 1.1: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktet&node=SMKTET-1.1

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 1.2 · Contoh aktivitas produksi energi air, bayu, surya, dan biomassa

SMKTET-1.2

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu **mengidentifikasi contoh aktivitas produksi energi** dari empat sumber: air, angin (bayu), matahari (surya), dan biomassa. Soal biasanya menyajikan data survei sebuah desa atau daftar kegiatan sebuah tempat, lalu meminta kamu **memilih sumber energi yang cocok** dengan ciri lokasinya, atau **mengelompokkan kegiatan** menurut sumber energinya. Ada satu keterampilan penting di sini: membedakan kegiatan yang **benar-benar memproduksi energi** dari kegiatan lain yang hanya berada di tempat yang sama.

Kesulitannya bukan pada menghafal nama pembangkit. Kamu perlu membaca data dengan teliti. Angin yang ada belum tentu cukup kuat untuk memutar turbin, atap yang luas belum tentu terkena sinar matahari, dan limbah yang melimpah belum tentu bisa menjadi bahan bakar.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menyebutkan empat sumber energi terbarukan dan bentuk energi yang dihasilkan masing-masing;
- mengenali ciri lokasi yang cocok untuk pembangkit hidro, bayu, surya, dan biomassa;
- memberi contoh nyata aktivitas produksi energi di Indonesia untuk setiap sumber;
- mengelompokkan kegiatan menurut sumber energinya;
- membedakan produksi energi dari pemakaian energi, pemanfaatan produk samping, dan kegiatan lain;
- memilih sumber energi yang tepat untuk lokasi tertentu berdasarkan data survei.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Hampir semua energi yang kita pakai berasal dari sumber yang bisa habis, misalnya minyak, gas bumi, dan batu bara. **Energi terbarukan** berasal dari sumber yang **terus diperbarui oleh alam dalam waktu yang singkat menurut ukuran manusia**: matahari terbit setiap hari, sungai mengalir setiap musim, angin bertiup, dan tanaman tumbuh lagi. Ada pula sumber terbarukan lain seperti panas bumi dan energi laut (gelombang dan arus pasang surut). Kisi-kisi mapel ini menyebut empat sumber, yaitu **air, bayu, surya, dan biomassa**, sehingga empat itulah yang dibahas. Bila ada soal yang menyebut sumber lain, kenali dari **energi aslinya**, yaitu apa yang sebenarnya diubah oleh peralatan.

1. Produksi energi dan tiga bentuk keluarannya

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Aktivitas produksi energi adalah kegiatan yang mengubah sumber energi menjadi bentuk energi yang siap dipakai. Ada tiga bentuk keluaran yang paling sering ditemui:

- **listrik**, dari PLTMH, PLTS, PLTB, dan genset berbahan bakar gas;
- **panas**, dari kolektor surya pemanas air atau dari pembakaran biogas di kompor;
- **gas bahan bakar**, yaitu biogas dari digester dan gas produser dari gasifier.

Selain itu ada **energi gerak (mekanik)**, misalnya kincir air yang menggerakkan penumbuk kopi atau kincir angin yang menggerakkan pompa. Gambar 1.5 memetakan keempat sumber ke bentuk keluarannya.

2. Ciri lokasi yang cocok untuk tiap sumber

Setiap sumber hanya bermanfaat bila ada di lokasi dan cukup kuat atau cukup banyak. Karena itu survei dilakukan lebih dulu. Tabel berikut merangkum ciri yang dicari (juga terlihat pada Gambar 1.5).

Sumber	Ciri lokasi yang cocok	Ciri yang membuatnya tidak cocok
Air (hidro)	ada sungai atau saluran dengan air yang mengalir **sepanjang tahun**, dan ada **beda ketinggian** (terjunan atau lereng)	sungai kering di kemarau; tanah datar tanpa beda tinggi
Angin (bayu)	tempat terbuka (pesisir, puncak bukit, dataran luas) dengan angin yang **cukup kencang dan cukup sering**	angin sering di bawah kecepatan mulai turbin; lokasi terlindung bangunan atau pepohonan
Matahari (surya)	atap atau lahan **terbuka tanpa bayangan** sepanjang hari, menghadap arah yang menerima sinar	atap ternaungi pohon atau gedung; kawasan yang sering berkabut tebal
Biomassa	**bahan organik** yang tersedia terus-menerus dan mudah dikumpulkan: kotoran ternak, limbah cair pengolahan pangan, sekam, serbuk kayu, cangkang	bahan sedikit atau tersebar; bahan bercampur plastik dan logam; bahan basah untuk gasifikasi

Perhatikan dua hal. Pertama, **angin harus melampaui kecepatan mulai turbin** (*cut-in*), yaitu kecepatan angin terendah yang membuat turbin mulai menghasilkan listrik. Angin lemah memang ada, tetapi turbin yang diam tidak memproduksi apa-apa. Kedua, **biomassa harus tersedia secara lestari**, artinya terus ada tanpa merusak lingkungan. Kayu dari hutan lindung bukan bahan bakar yang tepat walaupun kayu termasuk biomassa.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Empat sumber energi terbarukan: ciri lokasi dan keluaran

SUMBER	CIRI LOKASI YANG COCOK	BENTUK ENERGI KELUARAN
AIR (hidro)	aliran air sepanjang tahun dan ada beda ketinggian (terjunan atau lereng)	**listrik (PLTMH)** **energi gerak (kincir air)**
ANGIN (bayu)	tempat terbuka: pesisir, puncak bukit; angin di atas kecepatan mulai turbin dan cukup sering	**listrik (PLTB)** **energi gerak (pompa angin)**
MATAHARI (surya)	atap atau lahan terbuka tanpa bayangan seharian; menghadap arah yang menerima sinar	**listrik (PLTS)** **panas (kolektor surya)**
BIOMASSA	bahan organik yang tersedia terus dan mudah dikumpulkan: kotoran ternak, limbah cair pangan, sekam, cangkang	**gas bahan bakar (biogas)** **panas dan listrik (genset, ketel)**

Angin harus melampaui kecepatan mulai (cut-in); biomassa harus lestari dan bebas plastik atau logam.

Gambar 1.5 Empat sumber energi terbarukan, ciri lokasi yang cocok, dan bentuk energi keluarannya. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

3. Contoh nyata aktivitas produksi energi di Indonesia

Air. Pembangkit hidro skala kecil banyak dibangun di desa pegunungan yang punya sungai berair deras. Contohnya PLTMH di Desa Cinta Mekar, Kabupaten Subang, Jawa Barat. Kajian teknis yang diterbitkan tentang pembangkit itu mencatat daya sekitar 120 kW dari air Sungai Ciasem, dengan tinggi jatuh sekitar 17,6 m dan debit rancangan sekitar 1.100 liter per detik. Kincir air tradisional untuk menumbuk atau menggiling juga termasuk produksi energi gerak dari air.

Bayu. Contoh terbesar adalah PLTB Sidrap di Kabupaten Sidenreng Rappang, Sulawesi Selatan, yang menurut Kementerian ESDM terdiri dari 30 turbin berkapasitas masing-masing 2,5 MW, sehingga totalnya 75 MW. Di pesisir dan pulau kecil juga ada turbin angin berdaya kecil (sekitar satu sampai beberapa kilowatt) untuk lampu dan pompa.

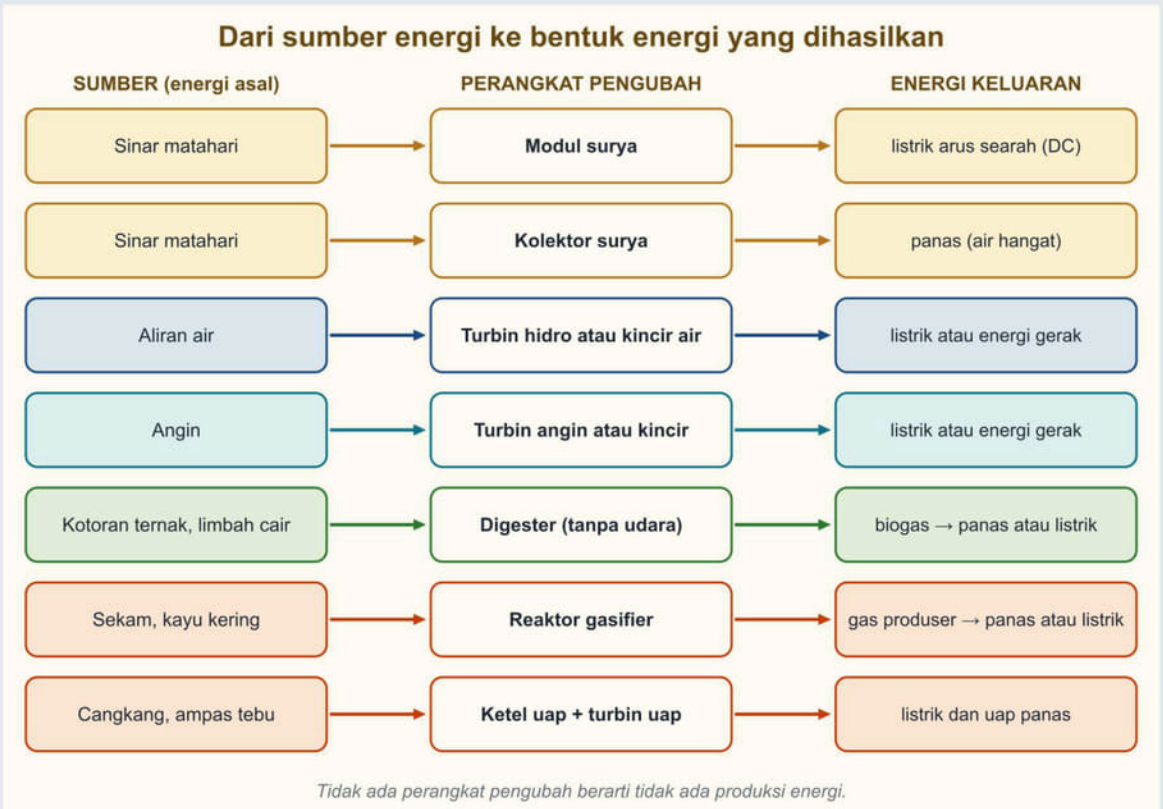
Surya. PLTS ada di mana-mana: PLTS atap pada sekolah, rumah, dan gedung; PLTS komunal di desa yang belum terjangkau jaringan listrik; lampu jalan bertenaga surya; dan pompa air tenaga surya untuk irigasi atau air bersih. Kolektor surya pemanas air termasuk pemanfaatan matahari yang menghasilkan panas, bukan listrik.

Biomassa. Biogas dari kotoran sapi banyak dipakai peternakan untuk bahan bakar kompor dan genset. Limbah cair pabrik tahu skala kecil juga dapat diolah di digester. Pabrik kelapa sawit umumnya membakar cangkang dan serat sawit di ketel uap untuk memutar turbin uap, dan pabrik gula memakai ampas tebu dengan cara serupa. Gasifikasi sekam padi untuk genset desa masih banyak berupa percontohan, dan kendala utamanya adalah tar (cairan lengket) yang harus disaring dari gas sebelum masuk mesin.

Gambar 1.6 merangkum jalur dari sumber, lewat perangkat pengubah, sampai energi yang dihasilkan.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 1.6 Dari sumber energi, lewat perangkat pengubah, sampai bentuk energi yang dihasilkan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

4. Membedakan produksi energi dari kegiatan lain

Pada satu lokasi biasanya terjadi banyak kegiatan, dan tidak semuanya produksi energi. Tiga pertanyaan membantu menyaring:

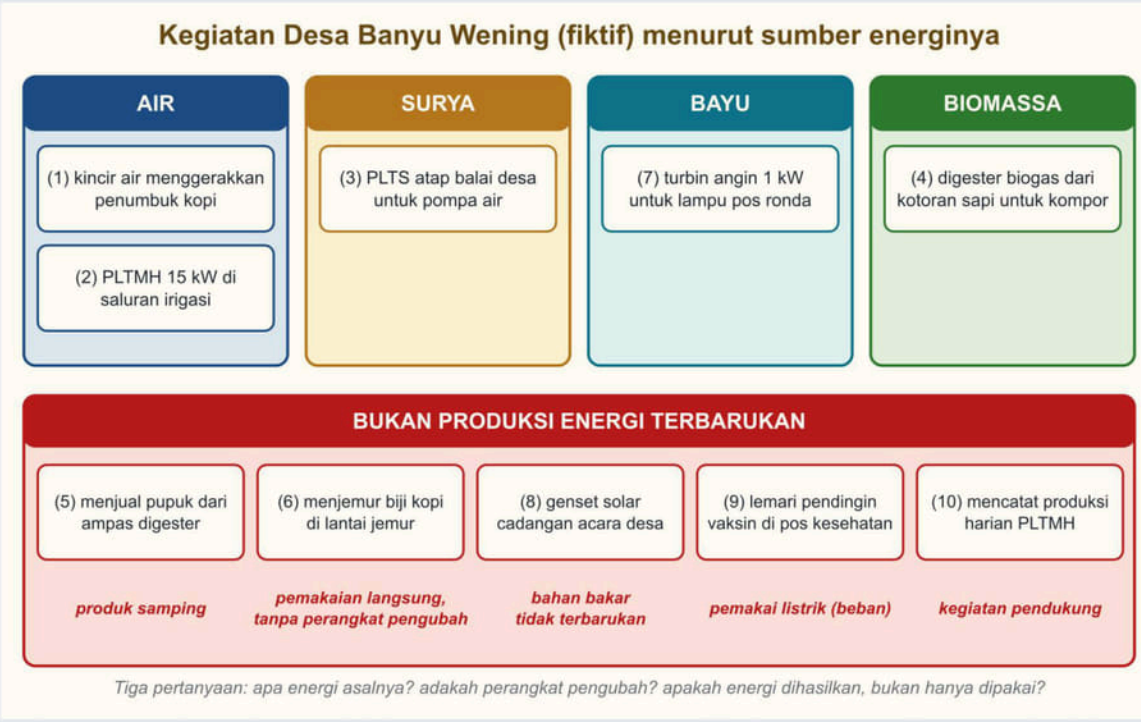
1. **Apa energi asalnya?** Matahari, air, angin, atau bahan organik? Bila bukan salah satu, kegiatan itu tidak termasuk (misalnya genset solar).
2. **Apakah ada perangkat yang mengubahnya menjadi energi yang siap dipakai?** Modul surya, turbin, kincir, digester, gasifier, atau ketel. Bila tidak ada konversi, itu bukan produksi energi.
3. **Apakah energi itu dihasilkan, bukan hanya dipakai?** Lemari pendingin yang menyala dengan listrik PLTS adalah **pemakai** energi (beban), bukan produsen.

Berdasarkan tiga pertanyaan ini, kegiatan di sekitar pembangkit dapat dikelompokkan menjadi:

Kelompok	Contoh	Produksi energi?
Produksi energi	modul surya menghasilkan listrik; digester menghasilkan biogas; turbin angin memutar generator	**ya**
Pemakaian energi (beban)	pompa, lampu, penggiling, lemari pendingin	tidak
Pemanfaatan produk samping	ampas digester dijual sebagai pupuk; ampas tahu menjadi pakan ternak	tidak (bernilai guna, tetapi tidak menghasilkan energi)
Pemakaian langsung tanpa konversi	menjemur hasil panen di bawah sinar matahari	tidak (tidak ada perangkat pengubah)
Sumber tidak terbarukan	genset solar cadangan	tidak

Ada beberapa jebakan yang perlu kamu waspadai. **Letak pemasangan tidak menentukan sumber energinya**: modul surya yang dipasang di atas waduk tetap memakai energi matahari, bukan energi air. **Jenis keluaran perlu dibaca**: kolektor surya menghasilkan panas, sedangkan modul surya menghasilkan listrik. **Limbah anorganik bukan biomassa**: plastik, kaca, dan logam tidak boleh dimasukkan ke digester atau gasifier. Biomassa selalu berasal dari makhluk hidup. Gambar 1.7 menerapkan penyaringan ini pada kegiatan sebuah desa.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 1.7 Pengelompokan sepuluh kegiatan Desa Banyu Wening (fiktif) menurut sumber energi dan kelompok "bukan produksi energi". Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

5. Pertanyaan survei di lapangan

Teknisi yang baik tidak hanya melihat sekilas. Untuk setiap sumber ada pertanyaan khas yang diajukan kepada warga dan diperiksa langsung di lokasi.

- **Air:** Apakah sungai tetap berair pada bulan paling kering? Dari warga yang sudah lama tinggal di sana, kita bisa tahu tinggi muka air pada kemarau panjang. Berapa beda tinggi antara tempat air disadap dan tempat rumah pembangkit akan dibangun? Apakah ada yang memakai air itu untuk sawah atau kebutuhan lain?
- **Angin:** Pada ketinggian berapa angin diukur? Angin dekat tanah biasanya lebih lemah dan lebih kacau daripada angin di ketinggian menara. Berapa lama pengukuran dilakukan? Angin satu hari tidak mewakili angin satu tahun, dan musim memengaruhi angin.
- **Surya:** Apakah ada bayangan pohon atau bangunan pada pagi, siang, dan sore? Bayangan bergerak mengikuti matahari, sehingga pemeriksaan di satu jam saja menyesatkan. Menghadap ke mana atap atau lahannya, dan apakah kuat menahan beban modul?
- **Biomassa:** Berapa banyak bahan yang tersedia setiap hari, dan apakah jumlahnya stabil sepanjang tahun? Siapa pemiliknya dan bolehkah dipakai? Seberapa bersih bahannya dari plastik dan logam, dan seberapa kering (untuk gasifikasi) atau seberapa segar (untuk digester)?

Jawaban atas pertanyaan survei inilah yang nanti dipakai untuk memilih sumber, seperti pada contoh berikut.

Contoh 1 — Mengelompokkan kegiatan sebuah desa

Desa Banyu Wening di lereng gunung (fiktif) pada tahun 2027 menjalankan sepuluh kegiatan. Panitia pelatihan meminta siswa PKL mengelompokkannya menurut sumber energi: (1) kincir air menggerakkan penumbuk kopi; (2) PLTMH 15 kW di saluran irigasi; (3) PLTS atap balai desa untuk pompa air; (4) digester biogas dari kotoran sapi untuk kompor warga; (5) penjualan pupuk dari ampas digester; (6) menjemur biji kopi di lantai jemur; (7) turbin angin 1 kW untuk lampu pos ronda di punggung bukit; (8) genset solar cadangan untuk acara desa; (9) lemari pendingin vaksin di pos kesehatan memakai listrik PLTS; (10) mencatat produksi harian PLTMH di buku catatan. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. Tanyakan tiga pertanyaan pada setiap kegiatan.
2. **(1)** energi asal: aliran air; ada kincir yang mengubahnya menjadi gerak; dihasilkan. Termasuk **air**.
3. **(2)** aliran air, turbin, listrik: **air**.
4. **(3)** matahari, modul surya, listrik: **surya**. Pompa yang memakai listrik adalah beban, tetapi PLTS-nya yang diproduksi.
5. **(4)** bahan organik (kotoran sapi), digester, gas bahan bakar: **biomassa**.
6. **(5)** ampas digester adalah produk samping; tidak ada energi yang dihasilkan: **bukan produksi energi**.
7. **(6)** menjemur memakai sinar matahari langsung tanpa perangkat pengubah: **bukan**

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

produksi energi.

8. **(7)** angin, turbin, listrik: **bayu**.
9. **(8)** bahan bakar solar tidak terbarukan: **bukan produksi energi terbarukan**.
10. **(9)** lemari pendingin adalah pemakai listrik: **bukan produksi energi**.
11. **(10)** mencatat adalah kegiatan pendukung operasi: **bukan produksi energi**.

Jawaban: **air** = (1), (2); **surya** = (3); **biomassa** = (4); **bayu** = (7); **bukan produksi energi terbarukan** = (5), (6), (8), (9), (10).

Contoh 2 — Memilih sumber energi dari data survei

Pada Maret 2027, tim survei sebuah koperasi (fiktif) mendata tiga lokasi sebelum memilih pembangkit. Turbin angin kecil yang tersedia mulai menghasilkan listrik pada kecepatan angin 3 m/s.

- **Lokasi P**, Pulau Karang Biru: pantai terbuka, kecepatan angin rata-rata 6,2 m/s hampir sepanjang tahun, langit cerah, tidak ada sungai, limbah organik sedikit.
- **Lokasi Q**, Dusun Lembah Hening: anak sungai dengan terjunan sekitar 25 m yang menurut catatan warga tidak pernah kering selama sepuluh tahun terakhir, atap balai dusun tertutup rimbun pohon, hanya ada delapan ekor kambing milik warga, dan angin belum pernah diukur.
- **Lokasi R**, Desa Tanjung Padi: penggilingan padi dengan tumpukan sekam setiap hari, atap penggilingan dinaungi pohon beringin besar, tidak ada sungai dengan beda tinggi.

Tentukan sumber yang paling tepat untuk tiap lokasi dan alasannya. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. **Lokasi P.** Angin 6,2 m/s lebih besar daripada kecepatan mulai 3 m/s, terbuka, dan hampir sepanjang tahun. Sumber utama: **bayu**. Langit cerah memberi **surya** sebagai pelengkap. Tidak ada sungai, jadi air tidak mungkin.
2. **Lokasi Q.** Terjunan 25 m dengan air sepanjang tahun memenuhi dua syarat hidro: debit ada dan ada beda tinggi. Atap yang ternaungi pohon kurang cocok untuk PLTS, delapan ekor kambing terlalu sedikit untuk biogas, dan angin yang belum diukur belum dapat dinilai. Sumber utama: **air (PLTMH)**.
3. **Lokasi R.** Sekam tersedia terus-menerus di tempat: sumber utama **biomassa (gasifikasi sekam)**. PLTS atap kurang cocok karena atap ternaungi pohon, dan air tidak cocok karena tidak ada beda tinggi.

Jawaban: P = bayu (dengan surya pelengkap), Q = air, R = biomassa. Perhatikan bahwa syarat angin (di atas kecepatan mulai) hanya terpenuhi di P; di Q angin belum bisa dijadikan dasar karena belum diukur.

Ringkasan bagian ini. Empat sumber, empat ciri lokasi: air (aliran sepanjang tahun dan beda tinggi), angin (terbuka dan di atas kecepatan mulai), surya (terbuka tanpa bayangan), biomassa (bahan organik lestari). Produksi energi berarti ada **sumber terbarukan, ada perangkat pengubah, dan energi dihasilkan**. Pemakai energi, produk samping, pemakaian langsung, dan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

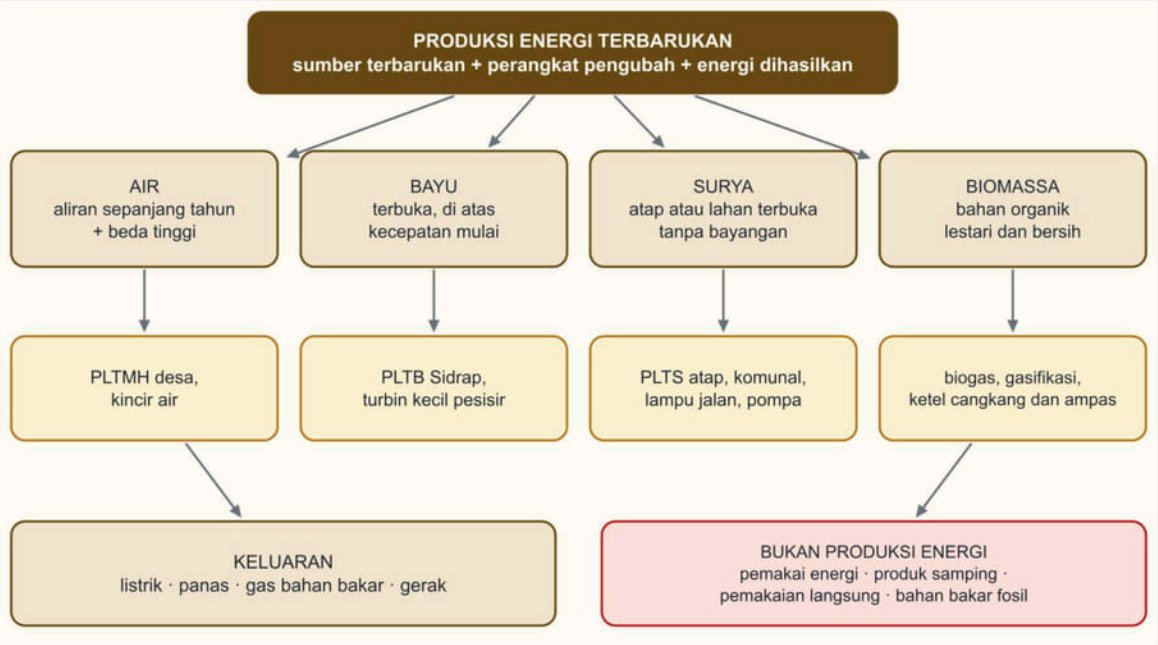
bahan bakar fosil bukan produksi energi terbarukan.

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- **Energi terbarukan:** air, bayu (angin), surya (matahari), biomassa; terus diperbarui alam.
- **Produksi energi:** ada sumber terbarukan + perangkat pengubah + energi dihasilkan (listrik, panas, gas bahan bakar, atau gerak).
- **Ciri lokasi:** air = aliran sepanjang tahun + beda tinggi; angin = terbuka dan di atas kecepatan mulai; surya = terbuka tanpa bayangan; biomassa = bahan organik lestari.
- **Contoh nyata:** PLTMH desa, PLTB Sidrap, PLTS atap dan komunal, biogas peternakan, ketel cangkang sawit dan ampas tebu.
- **Bukan produksi energi:** pemakai energi, produk samping (pupuk, pakan), pemakaian langsung tanpa konversi, genset solar.
- **Jebakan:** letak pemasangan menentukan sumber, panas disamakan dengan listrik, limbah anorganik disebut biomassa.

Gambar 1.8 merangkum hubungan antarkonsep itu.



Gambar 1.8 Peta konsep contoh aktivitas produksi energi terbarukan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal sub bab ini:

1. **Tulis ciri lokasi** dari data: apakah ada aliran dan beda tinggi, seberapa kuat angin, apakah atap ternaungi, bahan organik apa yang tersedia.
2. **Bandingkan angka dengan syarat teknis** yang disebut soal, misalnya kecepatan mulai turbin. Angin 2,0 m/s tidak cukup untuk turbin yang mulai berputar pada 3 m/s.
3. **Pada soal pengelompokan**, tanyakan tiga pertanyaan: apa energi asalnya, adakah perangkat pengubah, apakah energi dihasilkan.
4. **Periksa jenis keluaran** yang ditanyakan: listrik, panas, gas, atau gerak.

Jebakan khas:

- **Kegiatan non-energi dihitung sebagai produksi energi**, misalnya menjual ampas atau memakai listrik.
- **Letak pemasangan dianggap menentukan sumber** (modul di atas air disebut energi air).
- **Data angin ada, dianggap cukup** walau di bawah kecepatan mulai turbin.
- **Atap luas dianggap otomatis cocok** walau ternaungi.
- **Limbah anorganik atau kayu hutan lindung dianggap biomassa yang layak.**

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut meminta kamu menilai usulan pembangkit dari data survei sebuah desa. Bedahlah dengan menulis ciri lokasi tiap sumber, lalu mencocokkan satu per satu dengan usulan.

►. Koperasi Desa Sukamaju (2027) memetakan potensi energi untuk usulan pembangkit. Data survei: ada anak sungai dengan terjunan 12 m yang airnya mengalir sepanjang tahun; peternakan kelompok memiliki 40 sapi yang dikandangkan; kecepatan angin rata-rata hanya 2,5 m/s, sedangkan brosur turbin angin kecil yang ditawarkan menyebut kecepatan angin mulai berputar (cut-in) 3,5 m/s; atap balai desa menghadap utara tanpa naungan; dan hutan di hulu berstatus hutan lindung.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Usulan yang sesuai dengan potensi desa tersebut adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

- ☐ A. Membangun PLTMH yang memanfaatkan terjunan anak sungai untuk penerangan desa.
- ☐ B. Memasang turbin angin kecil dari brosur tersebut sebagai sumber listrik utama desa.
- ☐ C. Membuat digester biogas dari kotoran sapi yang dikandangkan untuk bahan bakar dapur.
- ☐ D. Memasang PLTS di atap balai desa yang tidak ternaungi untuk beban siang hari balai.
- ☐ E. Membangun PLTBm berbahan bakar kayu yang ditebang dari hutan di hulu desa.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Pembahasan **Kunci: A, C, D**

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Aktivitas produksi energi terbarukan dipilih sesuai potensi setempat: hidro butuh debit dan tinggi jatuh, bayu butuh angin di atas cut-in turbin, surya butuh atap/lahan tanpa naungan, biomassa butuh bahan baku yang tersedia secara lestari.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1** ✓ Terjunan 12 m dengan aliran sepanjang tahun adalah potensi hidro skala mikro.
• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: angin memang ada, tetapi 2,5 m/s di bawah cut-in 3,5 m/s sehingga turbin jarang berputar.
• **Pernyataan 3** ✓ Kotoran 40 sapi yang dikandangkan mudah dikumpulkan sebagai bahan biogas.
• **Pernyataan 4** ✓ Atap terbuka tanpa naungan dapat menerima sinar matahari sepanjang hari.
• **Pernyataan 5** ✗ Jebakan: biomassa memang energi terbarukan, tetapi hutan hulu berstatus lindung dan menjaga debit air untuk PLTMH.

Jawaban: pernyataan 1, 3, 4.

✎ LATIHAN

Kerjakan tanpa melihat kunci. Pada soal pengelompokan, periksa setiap pernyataan dengan tiga pertanyaan penyaring.

1. Untuk tugas portofolio (2027), Salsa mengumpulkan kegiatan produksi energi yang ia temui saat kunjungan industri, lalu mengelompokkannya per sumber energi. Guru meminta ia memeriksa ulang pengelompokan berikut sebelum dikumpulkan.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pengelompokan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Pembangkit tenaga gelombang laut di pantai selatan — dikelompokkan sebagai energi bayu.
☐ B. Pembakaran cangkang sawit di ketel uap pabrik untuk memutar turbin — energi biomassa.
☐ C. Modul surya terapung di permukaan waduk irigasi — energi air.
☐ D. Kincir air yang memutar penggilingan padi di tepi sungai — energi air.
☐ E. Kincir angin yang menggerakkan pompa air tambak garam — energi bayu.

2. Sentra pabrik tahu di Kampung Cibuntu (2027) menjalankan beberapa kegiatan: limbah cair tahu ditampung di digester tertutup dan gasnya dipakai untuk tungku perebus kedelai; atap pabrik dipasangi kolektor surya untuk memanaskan air pencuci peralatan; ampas tahu dijual kepada peternak sebagai pakan. Siswa PKL diminta menilai kegiatan mana yang termasuk aktivitas produksi energi terbarukan.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)

Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Pengolahan limbah cair tahu menjadi biogas untuk tungku termasuk aktivitas produksi energi biomassa.	○	○
Pemanasan air dengan kolektor surya termasuk aktivitas produksi listrik tenaga surya.	○	○
Penjualan ampas tahu sebagai pakan ternak termasuk aktivitas produksi energi biomassa.	○	○

Kunci singkat: 1. B, D, E 2. 1B 2S 3S

✔ PERIKSA DIRI

- Sebuah lokasi memiliki angin rata-rata 1,8 m/s sedangkan turbin yang ditawarkan mulai berputar pada 3 m/s. Mengapa turbin itu belum cocok walau angin selalu ada?
- Mengapa menjual ampas digester sebagai pupuk bukan termasuk aktivitas produksi energi, padahal kegiatan itu berkaitan dengan digester?
- **Yang harus kuingat:** produksi energi = sumber terbarukan + perangkat pengubah + energi dihasilkan; pilih sumber dari ciri lokasi yang memenuhi syarat teknisnya.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 1.2: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktet&node=SMKTET-1.2

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 1.3 · Isu utama energi terbarukan: teknis dan lingkungan

SMKTET-1.3

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu **mengidentifikasi isu-isu utama** dalam energi terbarukan, yaitu isu **teknis** (apa yang membatasi kerja pembangkit) dan isu **lingkungan** (apa dampak pembangkit pada alam dan warga). Soal biasanya bercerita tentang sebuah pembangkit yang mengalami masalah: daya turun, lampu meredup pada jam tertentu, warga mengeluh bising, atau aki bekas menumpuk. Kamu diminta **menelusuri penyebabnya** lalu **memilih penanganan yang tepat**, atau menilai pernyataan benar-salah tentang penanganan itu.

Sub bab ini termasuk yang sukar. Pengecohnya tidak asal salah. Hampir semua pilihan tampak masuk akal, tetapi hanya satu yang **menyasar penyebab sebenarnya** atau yang **menangani semua gejala sekaligus**. Karena itu kamu perlu memahami mengapa masalah itu terjadi, bukan hanya mengingat daftar masalahnya.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan mengapa daya PLTS, PLTB, dan PLTMH berubah-ubah dan apa akibatnya pada pemakai;
- menjelaskan fungsi penyimpanan, sistem hibrida, dan pengaturan beban sebagai jalan keluar;
- menyebutkan dampak lingkungan utama tiap jenis pembangkit;
- membedakan penanganan di sumber masalah dari penanganan gejala;
- menjelaskan mengapa aki timbal-asam bekas termasuk limbah B3 dan cara menanganinya;
- menelusuri penyebab masalah pembangkit dari gejala yang diceritakan.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Energi terbarukan sering disebut energi bersih, tetapi "bersih" tidak berarti tanpa masalah. Pembangkit tenaga surya tidak menyala di malam hari. Turbin angin bisa mengganggu tetangga. Sungai yang dibelokkan memengaruhi ikan. Sampah dari aki yang sudah mati bisa mencemari tanah. Teknisi yang baik mengenal masalah-masalah ini lebih awal, sehingga dapat memilih lokasi, peralatan, dan cara kerja yang mengurangi dampaknya. Sub bab ini membahas dua kelompok isu: **isu teknis** (keterbatasan kerja pembangkit) dan **isu lingkungan** (dampak ke sekitar).

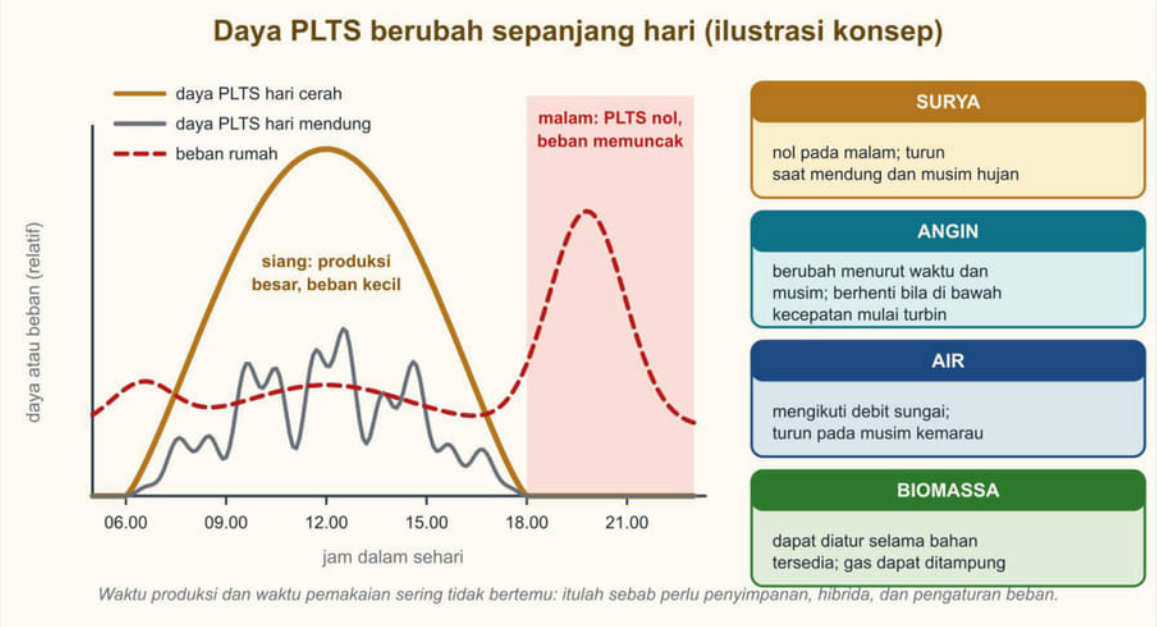
1. Sumber yang berubah-ubah

Sifat paling mendasar dari energi terbarukan adalah **sumbernya tidak tetap**. Para insinyur menyebutnya **sifat intermiten**, artinya hilang-timbul.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

- **Matahari.** Modul surya tidak menghasilkan listrik pada malam hari, dan di siang hari daya naik dari nol saat matahari terbit, mencapai puncak sekitar tengah hari, lalu turun lagi. Mendung membuat daya turun jauh. Pada musim hujan, sinar yang diterima rata-rata lebih sedikit daripada musim kemarau.
- **Angin.** Kecepatan angin berubah dari menit ke menit dan dari musim ke musim. Turbin berhenti bila angin di bawah kecepatan mulai, dan daya naik sangat cepat bila angin menguat.
- **Air.** Debit sungai naik pada musim hujan dan turun pada musim kemarau. Daya PLTMH mengikuti debit itu.
- **Biomassa.** Biogas dan gasifikasi relatif **dapat diatur**: selama bahan tersedia, pembangkit dapat dijalankan kapan saja karena gas dapat ditampung. Tetapi pasokan bahan juga bisa berubah, misalnya jumlah ternak berkurang atau panen padi belum tiba.

Gambar 1.9 memperlihatkan bentuk umum perubahan itu pada PLTS dalam satu hari.



Gambar 1.9 Ilustrasi konsep: daya PLTS sepanjang satu hari cerah dan satu hari mendung dibandingkan dengan beban rumah yang memuncak pada malam hari. Bentuk kurva digambar untuk menjelaskan konsep, bukan hasil pengukuran. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Akibatnya bagi pemakai ada dua. Pertama, ada jam ketika pembangkit menghasilkan **kurang** dari kebutuhan, terutama malam hari ketika warga menyalakan lampu, setrika, atau penanak nasi. Kedua, ada jam ketika pembangkit menghasilkan **lebih** daripada kebutuhan, misalnya siang hari ketika rumah kosong. Masalahnya adalah **waktu**: energi ada di jam yang salah.

2. Jalan keluar teknis

Ada beberapa cara mengurangi masalah itu. Tidak ada satu cara yang menyelesaikan semuanya.

1. **Penyimpanan.** Kelebihan energi di waktu cerah disimpan lalu dipakai ketika sumber lemah. Baterai menyimpan listrik. Hidro dapat memakai bak atau waduk kecil yang menampung air. Biogas disimpan di penampung gas. Penyimpanan punya batas: baterai ada kapasitasnya, ada rugi-ruginya, dan akhirnya menjadi limbah (dibahas di bagian 5).

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. **Sistem hibrida.** Dua sumber atau lebih digabung supaya saling menutupi. PLTS dan PLTB sering cocok karena angin kadang kencang saat matahari lemah. PLTS dan PLTMH cocok bila air tersedia sepanjang tahun. Pembangkit terbarukan juga dapat digabung dengan genset cadangan bila perlu, sehingga sumber tidak terbarukan hanya dipakai pada saat darurat.
3. **Pengaturan beban.** Daya yang tersedia tidak selalu bisa ditambah, tetapi pemakaiannya bisa diatur: menggeser alat berdaya besar (pompa, setrika, penanak nasi) ke jam ketika pembangkit paling kuat, atau menjadwalkan agar tidak menyala bersamaan. Pada PLTMH, **pengendali beban** menjaga agar pembangkit tidak kelebihan atau kekurangan beban.
4. **Menambah kapasitas pembangkit atau penyimpanan.** Cara ini baru efektif bila masalahnya memang kapasitas. Turbin yang lebih besar tidak menambah daya bila airnya tidak ada.

Perhatikan bahwa cara 4 sering menjadi **jebakan**: menambah alat padahal sumbernya yang terbatas. Karena itu langkah pertama menangani masalah daya adalah **mencari penyebabnya**.

3. Lahan, arah, dan pemilihan lokasi

Pembangkit memerlukan tempat, dan pemilihan tempat adalah isu teknis sekaligus lingkungan.

- **PLTS** membutuhkan atap atau lahan yang luas, **terbuka**, dan **menghadap arah yang menerima sinar** paling banyak. Bayangan pohon atau gedung pada sebagian waktu mengurangi produksi.
- **PLTB** membutuhkan tempat terbuka dan menara yang cukup tinggi. Turbin yang terlalu dekat dengan turbin atau bangunan lain memperoleh angin yang kacau dan lebih lemah. Namun turbin yang terlalu dekat dengan rumah mengganggu warga, jadi jarak ke permukiman adalah pertimbangan sendiri.
- **PLTMH** memerlukan jalur untuk saluran dan pipa pesat di lereng. Sungai yang disadap airnya tidak boleh dikeringkan seluruhnya.
- **Biogas** memerlukan lahan untuk digester dan kolam ampas, dengan jarak aman dari rumah karena bau dan sifat gas yang mudah terbakar.

Kebutuhan lahan menjelaskan mengapa pembangkit besar sering dipasang di tempat terbuka luas, sedangkan sistem kecil mengandalkan atap dan pekarangan yang sudah ada.

4. Dampak lingkungan tiap jenis pembangkit

Setiap pembangkit punya dampak khas. Kenali tiga hal: **apa dampaknya**, **apa penyebabnya**, dan **bagaimana mengendalikannya**.

Pembangkit	Dampak khas dan penyebabnya	Pengendalian utama
Hidro (PLTMH)	debit turun bila **hutan atau tutupan lahan di hulu** rusak; **sedimen** (lumpur dan pasir) dari hulu mengisi bak pengendap dan menggerus bilah; sungai di antara intake dan rumah pembangkit mengecil sehingga mengganggu ikan dan pemakai air di hilir	menjaga dan menanami hulu; bak pengendap yang dikuras berkala; tidak mengambil seluruh air, sebagian dilepas ke sungai

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Bayu (PLTB)	**bising** (dengung bilah, bunyi bearing atau baut kendur); **bayangan kedip** (bayangan bilah yang lewat berulang saat matahari rendah); burung dan kelelawar yang terbang menabrak bilah	jarak dari rumah; perawatan alat berputar; mengatur waktu henti sementara bila bayangan mengganggu; memilih lokasi yang jauh dari jalur terbang burung
Surya (PLTS)	memakai lahan atau atap luas; **modul dan baterai yang sudah habis umur** menjadi limbah	memakai atap; mengumpulkan modul dan baterai bekas secara terpisah
Biogas	**metana** yang bocor tidak terbakar dan merupakan gas rumah kaca yang jauh lebih kuat daripada karbon dioksida; **H_2S** berbau busuk dan beracun; ampas cair yang dibuang ke sungai mencemari air	digester dan pipa yang rapat; pembersih gas; ampas dimanfaatkan sebagai pupuk, bukan dibuang
Biomassa (pembakaran, gasifikasi)	asap dan abu; **tar** pada gasifikasi; bahan baku yang diambil berlebihan dari hutan	penyaring dan cerobong yang benar; hanya memakai bahan lestari (limbah pertanian, bukan kayu hutan lindung)
Baterai timbal-asam	mengandung timbal dan asam sulfat: **limbah B3**	penanganan khusus (bagian 5)

Dua hal di tabel itu perlu dijelaskan lebih lanjut. Pertama, hubungan antara **hutan hulu dan daya PLTMH**. Hutan menahan air hujan sehingga air meresap pelan-pelan dan mengalir sepanjang tahun. Bila hutan atau tutupan lahan di hulu rusak, air hujan langsung mengalir ke sungai dan membawa tanah. Akibatnya debit pada kemarau turun dan air menjadi keruh. Rantai sebabnya terlihat pada Gambar 1.10.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 1.10 Bagan sebab-akibat: kerusakan lahan di hulu menurunkan daya PLTMH lewat dua jalur, yaitu sedimen dan debit. Penanganan di sumber menyasar bagian paling awal rantai. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Kedua, **bising dan bayangan kedip** pada turbin angin. Bunyi turbin ada dua macam: bunyi aerodinamis (udara melewati bilah) dan bunyi mekanis (bearing aus, baut kendur, bilah tidak seimbang). Bunyi mekanis bisa hilang dengan perawatan. Bunyi aerodinamis dan bayangan kedip paling baik dikendalikan dengan **jarak**: semakin jauh dari rumah, semakin kecil gangguannya. Bila jarak tidak mungkin ditambah, bayangan kedip dapat dikurangi dengan menghentikan turbin pada jam-jam tertentu ketika matahari rendah dan bayangan jatuh ke rumah.

5. Aki bekas dan limbah B3

Limbah B3 adalah limbah **bahan berbahaya dan beracun**: limbah yang dapat mencemari lingkungan atau membahayakan kesehatan bila dibuang sembarangan. **Aki timbal-asam** (aki mobil dan baterai PLTS jenis VRLA/AGM) termasuk limbah B3 karena berisi **timbal** yang beracun bagi saraf dan darah, dan **asam sulfat** yang menyebabkan luka bakar kimia dan merusak tanah. Karena itu aki bekas **tidak** dibuang ke tempat sampah, ke tanah, atau ke sungai, dan **tidak** dibongkar sendiri untuk mengambil timbalnya. Peleburan aki secara liar menghasilkan asap dan abu timbal yang mencemari lingkungan sekitarnya.

Aturan sederhananya: **aki bekas dikumpulkan utuh, disimpan aman sementara, lalu diserahkan kepada pengumpul atau pengelola limbah B3 yang berizin** untuk didaur ulang secara benar. Penyimpanan sementara berarti aki diletakkan tegak, tidak bocor, di tempat beratap dan berventilasi, di atas lantai atau nampan yang tahan asam, jauh dari api dan anak-anak. Jumlah dan tanggalnya dicatat supaya mudah diserahkan. Gambar 1.11 menunjukkan siklus hidup aki, dari dipasang sampai didaur ulang.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 1.11 Siklus hidup aki PLTS: pakai dan rawat, lepas dengan aman, simpan utuh, serahkan ke pengumpul limbah B3 berizin. Tiga larangan ditandai merah. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Aki yang dirawat baik umurnya lebih panjang, sehingga limbah yang dihasilkan lebih sedikit. Modul surya dan baterai jenis lain yang sudah habis umur juga **dikumpulkan terpisah**, tidak dicampur dengan sampah rumah tangga.

6. Mencegah di sumber atau memulihkan sesudah terjadi

Cara menangani dampak dapat dipilah menjadi dua: **di sumber** (mencegah penyebabnya) dan **pada gejala atau akibat** (memulihkan). Penanganan di sumber hampir selalu lebih efektif dan lebih tahan lama, tetapi kadang perlu dikombinasikan dengan penanganan jangka pendek.

Masalah	Penanganan di sumber	Penanganan gejala (sementara)
sedimen mengisi bak pengendap	menanam penutup lahan di hulu	menguras bak pengendap berkala
bising turbin angin	memperbaiki bagian mekanis, menambah jarak	menghentikan turbin pada jam tertentu
aki bekas menumpuk	merawat aki agar awet; menyerahkan ke pengumpul berizin	menyimpan aman sementara
lampu redup saat banyak beban menyala	mengatur dan menggeser jam pakai alat berdaya besar	menambah pembangkit cadangan

Prinsipnya: **cari penyebabnya dulu**. Mengeruk sungai bukan jawaban bila masalahnya debit

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

yang turun. Memperbesar pipa pesat tidak menambah air. Satu solusi juga hampir tidak pernah menangani semua dampak sekaligus, misalnya penghijauan hulu menolong debit dalam jangka panjang, tetapi lampu yang redup malam ini hanya tertolong dengan pengaturan beban. Soal yang baik meminta kamu memilih tindakan yang menangani **penyebab dan gejala utama sekaligus**.

Contoh 1 — Menelusuri sebab daya PLTMH menurun

Pada September 2027, PLTMH 12 kW di Dusun Sumber Rejeki (fiktif) menghasilkan daya yang makin kecil dalam delapan bulan terakhir. Penjaga pembangkit, Pak Wayan, mencatat: (a) bak pengendap sudah terisi pasir sampai setengah tingginya; (b) turbin berbunyi kasar dan bilahnya tampak terkikis; (c) setelah hujan, sungai berwarna cokelat pekat, dan di hulu ada lereng yang baru dibuka untuk ladang; (d) tinggi muka air di bak penenang pada kemarau tidak berbeda dari tahun lalu; (e) suhu generator normal. Tentukan sebab utamanya dan penanganannya. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. Periksa dugaan satu per satu. **Debit?** Catatan (d) menunjukkan air di bak penenang pada kemarau sama seperti tahun lalu, jadi penyebab utama bukan debit.
2. **Generator?** Catatan (e) menunjukkan suhunya normal, jadi bukan generator.
3. **Sedimen?** Catatan (a), (b), dan (c) saling menguatkan: bak pengendap cepat penuh, pasir lolos ke turbin dan mengikis bilah, dan lumpur datang dari lereng yang dibuka di hulu. Bilah yang terkikis mengurangi kemampuan turbin sehingga daya turun.
4. **Sebab utama:** sedimen berlebih akibat lahan di hulu dibuka.
5. **Penanganan gejala (sementara):** kuras bak pengendap berkala dan perbaiki atau ganti bilah yang terkikis.
6. **Penanganan di sumber:** menanam penutup tanah dan membuat teras di lereng yang dibuka, serta menanami tepi sungai.
7. Penanganan hanya gejala akan berulang; penanganan hanya di hulu tidak memulihkan bilah yang sudah rusak. Keduanya dikerjakan.

Jawaban: sebab utama = **sedimen dari hulu yang dibuka**; penanganan = **kuras bak dan perbaiki bilah (gejala) + penutup lahan di hulu (sumber)**.

Contoh 2 — Memilih penanganan keluhan bising turbin angin

Pada Mei 2027, penginapan Pondok Bukit Cemara (fiktif) memasang turbin angin 3 kW di pekarangan, sekitar 60 m dari kamar tamu. Tamu mengeluh bunyi berdecit dan ketukan berirama pada malam hari, serta bayangan bilah yang berkedip di dinding kamar selama sekitar setengah jam pada sore hari. Teknisi menemukan baut dudukan kendur dan bearing poros mulai aus. Pekarangan sempit, dan tidak ada lahan lain milik penginapan. Tentukan penanganan yang tepat. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. **Jenis gangguan.** Bunyi berdecit dan ketukan berirama berasal dari baut kendur dan bearing aus, yaitu **bunyi mekanis**. Bayangan berkedip adalah gangguan lain yang hanya terjadi pada jam tertentu.
2. **Bunyi mekanis:** ditangani **di sumber** dengan mengencangkan baut, mengganti bearing, dan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

memeriksa keseimbangan bilah. Memindahkan turbin tidak diperlukan untuk bunyi ini.

3. **Memindahkan turbin** akan efektif untuk bising dan bayangan, tetapi lahan tidak tersedia, sehingga pilihan ini gugur.
4. **Mematikan turbin setiap malam** menghilangkan bunyi, tetapi juga menghilangkan produksi tepat ketika pembangkit dibutuhkan penginapan dan ketika anginnya kuat. Bunyi mekanis bisa dihilangkan tanpa itu, jadi pilihan ini berlebihan.
5. **Bayangan kedip:** berlangsung singkat dan pada waktu yang bisa diperkirakan, sehingga cukup ditangani dengan **menghentikan turbin sementara pada jam itu**.

Jawaban: **perbaiki bagian mekanis (baut, bearing, keseimbangan) dan hentikan turbin sementara pada jam bayangan kedip sore hari.**

Contoh 3 — Menyusun alur penanganan aki bekas

Pada Agustus 2027, bengkel PLTS Tirta Surya (fiktif) di Kota Kupang mendapati dua aki VRLA 12 V di rumah pelanggan sudah mati. Teknisi muda, Yuni, bertugas membawa pulang aki itu. Susunlah langkah penanganannya dari pembongkaran sampai penyerahan. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. **Persiapan:** pakai sarung tangan tahan asam dan kacamata pelindung; matikan beban dan pastikan sistem tidak mengalirkan arus.
2. **Lepaskan kabel** dari aki dengan hati-hati, memegang alat berinsulasi dan memastikan alat tidak menyentuh dua kutub sekaligus (agar tidak terjadi korsleting).
3. **Periksa kondisi:** bila casing retak atau cairan bocor, pindahkan dengan wadah tahan asam dan segera bersihkan tumpahan sesuai prosedur.
4. **Jangan dibongkar**, jangan dibakar, jangan dibuang ke tanah atau saluran. Aki dibawa **utuh**.
5. **Simpan sementara:** letakkan tegak di nampan tahan asam di tempat beratap, berventilasi, dan jauh dari api.
6. **Catat** jumlah, jenis, dan tanggal.
7. **Serahkan** kepada pengumpul limbah B3 berizin, dan simpan bukti penyerahan.

Jawaban: **APD → lepas kabel dengan aman → periksa kebocoran → bawa utuh (jangan dibongkar) → simpan sementara tegak, beratap → catat → serahkan ke pengumpul limbah B3 berizin.**

Ringkasan bagian ini. Sumber terbarukan berubah-ubah, sehingga daya dan kebutuhan sering tidak bertemu pada waktunya; jalan keluarnya penyimpanan, hibrida, dan pengaturan beban. Setiap pembangkit punya dampak khas: hulu rusak dan sedimen (hidro), bising dan bayangan kedip (bayu), limbah modul dan baterai (surya), metana dan H_2S (biogas), asap dan abu (biomassa). Aki timbal-asam bekas adalah limbah B3. Penanganan terbaik menyasar penyebab di sumber, ditambah penanganan gejala sementara.

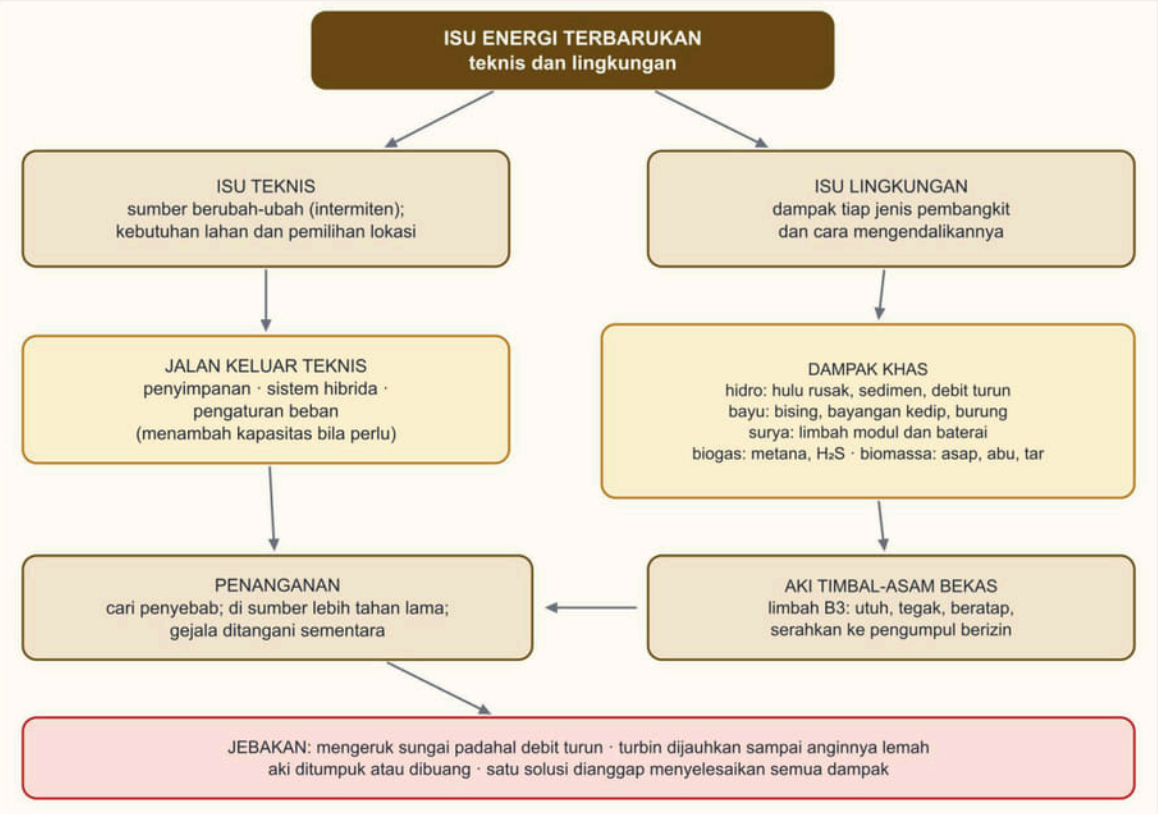
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- **Intermiten:** matahari, angin, dan air berubah-ubah; daya dan kebutuhan sering tidak bertemu pada waktunya.
- **Jalan keluar teknis:** penyimpanan, sistem hibrida, pengaturan beban; menambah kapasitas hanya bila masalahnya kapasitas.
- **Lahan dan lokasi:** terbuka dan tanpa bayangan (PLTS); menara tinggi dan jauh dari rumah (PLTB); sungai tidak dikeringkan (PLTMH).
- **Dampak:** hulu rusak → sedimen dan debit turun (hidro); bising, bayangan kedip, burung (bayu); limbah modul dan baterai (surya); metana dan H_2S (biogas); asap, abu, tar (biomassa).
- **Aki bekas = limbah B3:** utuh, tegak, tempat beratap, serahkan ke pengumpul berizin; jangan dibongkar, dibakar, atau dibuang.
- **Penanganan:** cari penyebab dulu; di sumber lebih tahan lama; gejala ditangani sementara; satu solusi tidak menangani semuanya.

Gambar 1.12 merangkum hubungan antarkonsep itu.



Gambar 1.12 Peta konsep isu utama energi terbarukan: teknis dan lingkungan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal isu teknis dan lingkungan:

1. **Tulis gejala dan penyebab** dari cerita. Pisahkan: apa yang terlihat (lampu redup), apa penyebab yang disebut (hutan hulu rusak), apa yang belum disebut tetapi perlu diperiksa.
2. **Tanyakan pada tiap opsi:** apakah ini menyasar penyebab, atau hanya menutup gejala?
3. **Cek apakah semua gejala tertangani.** Opsi yang benar biasanya menangani penyebab sekaligus gejala yang paling mengganggu.
4. **Pada soal Benar/Salah**, curigai kalimat yang mengizinkan membongkar aki sendiri, membuang aki ke tanah, atau menganggap satu solusi cukup.

Jebakan khas:

- **Mengeruk sungai** padahal masalahnya debit atau sedimen dari hulu.
- **Menjauhkan turbin sampai anginnya lemah**, atau memindahkan turbin ke lokasi yang kecepatan anginnya jauh lebih rendah.
- **Aki bekas ditumpuk di belakang bangunan, dibuang ke tanah, atau dibongkar sendiri.**
- **Satu solusi dianggap menyelesaikan semua dampak.**
- **Menambah genset atau memperbesar pipa** untuk masalah yang berasal dari sumber.

● BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menggabungkan penyebab di hulu dan masalah beban pada jam tertentu. Bedahlah dengan memisahkan dua masalah itu, lalu mencari opsi yang menangani keduanya.

►. PLTMH Desa Lembah Hijau berkapasitas 20 kW. Sejak 2026 sebagian hutan di hulu ditebang untuk kebun, dan pada kemarau 2027 debit sungai turun sehingga daya keluaran tinggal sekitar 11 kW. Akibatnya lampu warga meredup pada pukul 18.00–21.00 karena saat itu banyak warga menyalakan penanak nasi dan setrika bersamaan. Kepala desa meminta usulan yang menangani penyebab masalah sekaligus mengurangi gangguan layanan selama kemarau.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Usulan yang paling tepat adalah ....

A. Mengganti turbin 30 kW dan menjadwalkan alat berdaya besar di luar jam puncak
B. Mengeruk bak pengendap tiap minggu dan menghijaukan kembali hutan di hulu
C. Menambah genset diesel untuk malam hari dan memperbesar diameter pipa pesat
D. Membuat saluran dari anak sungai lain dan memperbesar ukuran bak penenang
E. Menghijaukan hulu dan menjadwalkan alat berdaya besar di luar jam puncak

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Pembahasan **Kunci: E**

Konsep: Isu PLTMH: debit bergantung pada kondisi daerah tangkapan air (hulu). Penanganan yang tepat menyasar penyebab (reboisasi hulu) dan mengelola beban saat daya terbatas (penjadwalan beban), bukan menambah kapasitas yang tidak didukung air.

Langkah:

1. Penyebab: hutan hulu gundul → air hujan tidak tertahan → debit kemarau turun.
2. Dampak: daya 11 kW tidak mampu menanggung beban puncak bersamaan.
3. Usulan yang menjawab keduanya: hijaukan hulu (jangka panjang) + jadwalkan alat berdaya besar (jangka pendek).

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: penjadwalan beban tepat, tetapi turbin lebih besar tidak menambah daya bila airnya berkurang; penyebab di hulu tidak ditangani.
- **B.** ✗ Jebakan: penghijauan menyasar penyebab, tetapi pengerukan tidak menolong karena masalahnya debit turun, dan gangguan malam selama kemarau tidak ditangani.
- **C.** ✗ Genset hanya menambal dampak dan menambah emisi; pipa lebih besar tidak menambah air yang tersedia.
- **D.** ✗ Mengambil air sungai lain memindahkan masalah ke lingkungan sungai tersebut dan tidak memperbaiki hulu.
- **E.** ✓ Reboisasi menyasar penyebab, penjadwalan beban mengurangi gangguan selama kemarau.

Jawaban: E.

✎ LATIHAN

Kerjakan tanpa melihat kunci. Untuk tiap soal, tulis penyebab, gejala, dan apa yang ditangani oleh setiap opsi.

1. Desa Wae Lolos (2027) memiliki 60 rumah ber-PLTS tunggal dengan aki timbal-asam. Setiap tahun sekitar 15 aki rusak. Selama ini aki bekas ditumpuk di belakang balai desa, dan sebagian warga membongkar aki untuk mengambil timbalnya. Warga juga mengusulkan agar baterai tidak dipakai lagi, karena menurut mereka "modul surya sudah menghasilkan listrik sepanjang hari".

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)

Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Warga boleh membongkar aki bekas untuk mengambil timbalnya asalkan memakai sarung tangan dan masker.	○	○
Aki bekas sebaiknya dikumpulkan utuh di tempat beratap lalu diserahkan ke pengumpul limbah B3 berizin.	○	○
Tanpa baterai, PLTS rumah tidak dapat melayani lampu malam hari karena modul tidak berproduksi saat gelap.	○	○

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. Turbin angin 5 kW di desa wisata (2027) dipasang 40 m dari deretan homestay. Tamu mengeluh suara dengung bilah pada malam hari dan bayangan bilah yang berkedip di kamar pada sore hari. Data pengelola: angin di lokasi paling kencang pada malam hari; tersedia lahan desa di punggung bukit 350 m dari homestay dengan kecepatan angin rata-rata hampir sama; kabel ke lokasi itu dapat ditanam di samping jalan setapak.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tindakan yang paling tepat adalah ....

A. Menghentikan turbin setiap malam sampai pagi agar tamu dapat beristirahat
B. Memindahkan turbin ke tepi pantai 100 m dari homestay yang anginnya lebih lemah
C. Mengganti rotor dengan rotor berbilah lebih banyak agar putarannya lebih pelan
D. Memindahkan turbin ke punggung bukit yang berjarak 350 m dari homestay
E. Menanam deretan pohon tinggi di antara turbin dan homestay sebagai peredam

Kunci singkat: 1. 1S 2B 3B 2. D

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa menambah baterai tidak menyelesaikan masalah PLTS yang produksinya rendah karena modul ternaungi pohon?
- Apa perbedaan menguras bak pengendap dan menanami lereng di hulu pada masalah sedimen PLTMH, dan mengapa keduanya perlu?
- **Yang harus kuingat:** cari penyebab di sumber, tangani gejala sementara, kumpulkan aki bekas utuh untuk pengumpul B3 berizin, dan jangan menganggap satu solusi cukup.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 1.3: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktet&node=SMKTET-1.3

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 1.4 · Perkembangan teknologi terkini dalam energi terbarukan

SMKTET-1.4

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu **mengidentifikasi perkembangan teknologi** energi terbarukan: apa yang baru, apa bedanya dari teknologi lama, dan **kapan teknologi baru itu benar-benar berguna**. Soal biasanya menyajikan tabel spesifikasi dua perangkat (misalnya dua jenis baterai) atau sebuah usulan memakai teknologi baru di lokasi tertentu, lalu meminta kamu **membandingkan, memilih, atau menilai pernyataan** tentang teknologi itu.

Pesan terpenting sub bab ini: **baru tidak selalu cocok**. Setiap teknologi punya keunggulan yang hanya muncul pada syarat tertentu. Modul yang menyerap cahaya dari dua sisi hanya menguntungkan bila sisi belakangnya mendapat cahaya. Sistem pemantauan jarak jauh membuat gangguan cepat diketahui, tetapi tidak menggantikan teknisi yang datang memperbaiki. Karena itu kamu perlu mengerti prinsipnya, bukan sekadar menghafal istilah.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan perkembangan teknologi surya: modul bifacial, pelacak surya, PLTS terapung, MPPT, dan inverter hibrida;
- membandingkan baterai timbal-asam dengan baterai $LiFePO_4$ berpengaman BMS;
- menjelaskan manfaat dan batas pemantauan jarak jauh;
- menyebutkan perkembangan teknologi bayu, hidro, dan biomassa;
- membaca tabel spesifikasi dengan benar, termasuk kondisi ujinya;
- memilih teknologi menurut kondisi lokasi dan kebutuhan, bukan menurut kebaruannya.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

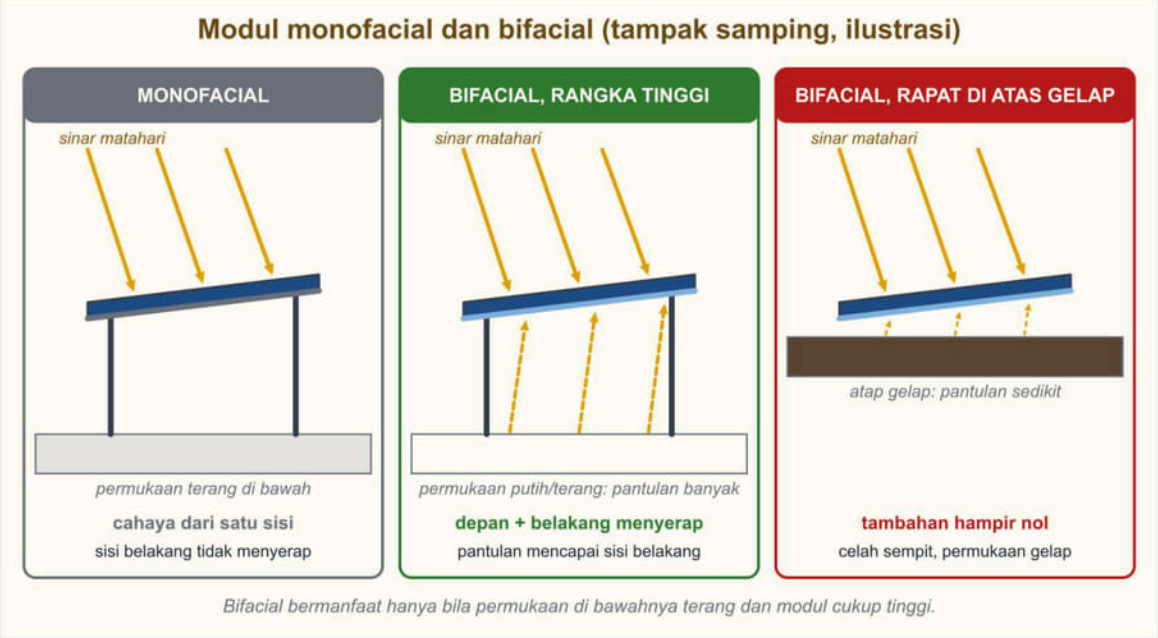
Energi terbarukan adalah bidang yang cepat berubah. Dua puluh tahun lalu, PLTS kecil di desa memakai aki mobil dan pengendali sederhana. Sekarang ada modul yang menangkap cahaya dari dua sisi, baterai yang jauh lebih ringan, pembangkit yang diawasi dari telepon seluler, dan PLTS yang mengapung di atas waduk. Teknisi perlu mengenali perkembangan ini karena pelanggan akan menanyakannya, dan karena memilih peralatan yang tepat mengurangi gangguan di kemudian hari. Namun teknisi yang baik juga tahu bahwa **setiap teknologi punya syarat agar keunggulannya muncul**.

1. Perkembangan pada PLTS

Modul bifacial. Modul biasa (*monofacial*) hanya menyerap cahaya dari sisi depan. Modul **bifacial** dapat menyerap cahaya dari sisi depan **dan sisi belakang**. Cahaya sisi belakang berasal

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

dari **pantulan** permukaan di bawah dan di sekitar modul. Banyaknya pantulan bergantung pada **albedo**, yaitu perbandingan cahaya yang dipantulkan terhadap yang diterima sebuah permukaan: pasir, kerikil putih, atau atap cat putih memantulkan banyak; genteng gelap dan tanah gelap memantulkan sedikit. Pantulan juga hanya mencapai sisi belakang bila ada **ruang** di bawah modul, jadi modul harus dipasang cukup tinggi dari permukaan. Kajian pemodelan yang diterbitkan menunjukkan bahwa tambahan energi dari sisi belakang bisa kurang dari sekitar 10 % bila permukaan di bawahnya gelap, dan jauh lebih besar bila permukaannya terang dan modulnya tinggi. Kesimpulannya: bifacial menguntungkan pada **rangka tinggi di atas permukaan terang**, dan hampir tidak berguna pada modul yang menempel rapat di atas atap gelap (Gambar 1.13).



Gambar 1.13 Modul monofacial menyerap cahaya dari satu sisi; modul bifacial juga menyerap pantulan di sisi belakang, tetapi hanya bila permukaan di bawahnya terang dan modul dipasang cukup tinggi. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Pelacak surya (*tracker*). Pelacak adalah rangka penyangga modul yang **memutar modul mengikuti gerak matahari**, sehingga cahaya lebih sering menimpa tegak lurus. Pelacak satu sumbu memutar modul dari timur ke barat; pelacak dua sumbu juga mengatur kemiringannya. Menurut berbagai sumber industri dan penelitian, tambahan energi tahunan pelacak satu sumbu berkisar kira-kira belasan sampai sekitar tiga puluh persen, tergantung lokasi. Imbalannya: ada **bagian bergerak** (motor, penggerak, sensor) yang perlu perawatan dan bisa rusak, serta memerlukan ruang untuk berputar. Karena itu pelacak umumnya dipakai di lahan terbuka yang luas dan **tidak cocok untuk atap rumah**.

PLTS terapung. Modul dipasang pada pelampung di atas permukaan waduk atau danau. Keuntungannya: tidak memakai lahan daratan, dan permukaan air dapat membantu mendinginkan modul. Contoh nyata: PLTS Terapung Cirata di Waduk Cirata, Jawa Barat, berdaya 192 MWp (megawatt-peak) dan menempati sekitar 200 hektare, diresmikan pada 9 November 2023 menurut Kementerian ESDM. Tantangan teknisnya: pelampung dan tambatan harus tahan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

gelombang dan perubahan tinggi air, serta kabel dan sambungan harus tahan lembap.

Pengendali MPPT dan inverter hibrida. Pengendali pengisian jenis lama (PWM) langsung menghubungkan modul ke baterai sehingga sebagian tegangan modul terbuang. Pengendali **MPPT** (*maximum power point tracking*, pelacak titik daya maksimum) mengatur tegangan dan arus modul agar selalu bekerja pada titik yang menghasilkan daya terbesar, lalu mengubahnya sesuai kebutuhan baterai. Pada sistem kecil selisihnya tidak selalu besar, sedangkan pada sistem yang lebih besar atau yang tegangan modulnya jauh berbeda dari tegangan baterai, MPPT lebih menguntungkan. **Inverter hibrida** menggabungkan beberapa fungsi dalam satu perangkat: mengubah DC menjadi AC, mengatur pengisian baterai, dan mengelola beberapa sumber (modul, baterai, jaringan, genset cadangan).

2. Baterai: timbal-asam dan $LiFePO_4$

Baterai adalah bagian yang paling cepat berkembang. **Baterai timbal-asam** (aki, termasuk jenis VRLA atau AGM yang tertutup) sudah dipakai lebih dari seratus tahun: murah dibuat, tetapi berat, harus dijaga agar tidak terlalu dalam dikosongkan, dan umurnya terbatas. **Baterai $LiFePO_4$** (lithium besi fosfat) adalah salah satu jenis baterai lithium yang banyak dipakai pada PLTS karena stabil dan berumur panjang. Baterai lithium dilengkapi **BMS** (*battery management system*), yaitu rangkaian elektronik yang memantau tegangan dan suhu tiap sel serta memutus pengisian atau pemakaian bila keadaan berbahaya.

Tabel berikut membandingkan keduanya secara umum (angka pastinya berbeda-beda menurut produk dan pabrik; lihat juga Gambar 1.14).

Ciri	Timbal-asam (VRLA)	$LiFePO_4$ dengan BMS
Kedalaman pengosongan yang dianjurkan (DoD)	sekitar 50 %	sekitar 80 % atau lebih
Umur siklus (satu siklus = satu kali pengosongan dan pengisian)	beberapa ratus siklus	ribuan siklus
Berat untuk energi yang sama	berat	jauh lebih ringan
Perawatan	perlu dijaga: suhu, pengisian tuntas, kutub bersih	lebih sedikit, tetapi tetap diperiksa berkala
Profil pengisian	profil timbal-asam	**profil khusus lithium**; pengendali harus diatur atau dipilih sesuai
Pengaman	sekering/MCB	sekering/MCB **dan BMS**
Limbah akhir	limbah B3 (timbal dan asam)	baterai bekas dikumpulkan terpisah

Dua hal perlu diingat. Pertama, **DoD** (*depth of discharge*) adalah persentase kapasitas yang boleh dipakai. Baterai 100 Ah dengan DoD 50 % hanya menyediakan sekitar 50 Ah yang boleh dipakai setiap siklus. Energi yang dapat dipakai dihitung dengan **tegangan × kapasitas × DoD**. Kedua, **tegangan nominal yang sama tidak berarti dapat dipasang tanpa penyesuaian**: pengendali pengisian harus diatur untuk profil lithium. Memasang baterai lithium pada pengendali berprofil

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

timbal-asam dapat merusak baterai atau tidak terisi sempurna.

Baterai PLTS: timbal-asam dan $LiFePO_4$ (perbandingan umum)

CIRI	TIMBAL-ASAM (VRLA)	$LiFePO_4$ DENGAN BMS
Kedalaman pengosongan yang dianjurkan (DoD)	sekitar 50 %	sekitar 80 % atau lebih
Umur siklus	beberapa ratus siklus	ribuan siklus
Berat untuk energi sama	berat	jauh lebih ringan
Perawatan	jaga suhu, isi tuntas, kutub bersih	lebih sedikit, tetap diperiksa berkala
Profil pengisian	profil timbal-asam	profil khusus lithium (atur pengendali)
Pengaman	sekering atau MCB	sekering atau MCB + BMS
Limbah akhir	limbah B3 (timbal, asam)	dikumpulkan terpisah

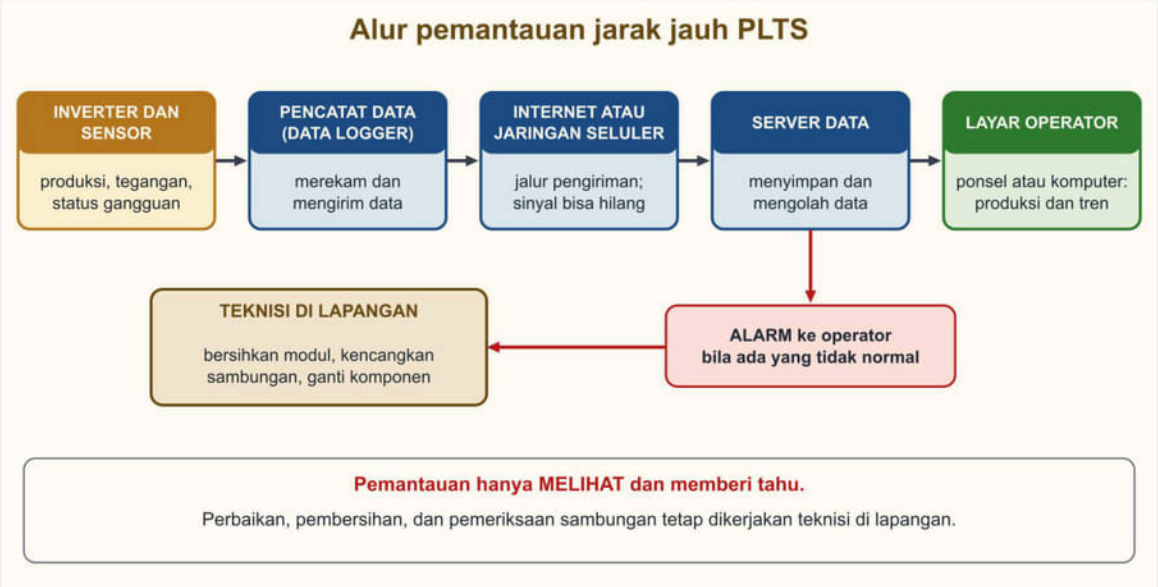
Angka pastinya berbeda menurut produk. Bandingkan pada DoD dan kondisi uji yang sama.

Gambar 1.14 Perbandingan umum baterai timbal-asam dan $LiFePO_4$ untuk PLTS. Angka dalam tabel bersifat rentang umum dan dapat berbeda pada produk tertentu. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

3. Pemantauan jarak jauh (IoT)

Di desa terpencil, teknisi mungkin harus menempuh perjalanan berjam-jam hanya untuk mengetahui bahwa inverter mati. **IoT** (*Internet of Things*, perangkat yang tersambung internet) menjawab masalah itu. Inverter atau perangkat pencatat data (*data logger*) mengirimkan data produksi, tegangan, dan status gangguan lewat jaringan seluler atau internet ke server, sehingga operator dapat melihatnya di layar ponsel atau komputer, dan **alarm** dikirim bila ada yang tidak normal (Gambar 1.15).



Gambar 1.15 Alur pemantauan jarak jauh: data dari inverter dan sensor dikirim lewat internet ke server dan layar operator; alarm memicu teknisi memeriksa di lapangan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Manfaatnya: gangguan diketahui lebih cepat, tren produksi mudah dilihat, dan kunjungan teknisi bisa direncanakan. **Batasnya**: pemantauan hanya **melihat**; ia tidak membersihkan modul, tidak mengencangkan sambungan, dan tidak mencegah kerusakan. Sinyal yang hilang juga membuat data berhenti. Jadi, pemantauan melengkapi **perawatan lapangan**, bukan penggantinya.

4. Perkembangan pada pembangkit bayu

Turbin angin yang paling umum bersumbu **horizontal** (HAWT): rotor menghadap angin, mirip kipas besar. Ada juga turbin bersumbu **vertikal** (VAWT) yang porosnya tegak dan dapat menerima angin dari arah mana pun tanpa harus berputar menghadap angin. Turbin vertikal sering ditawarkan untuk daya kecil dan lokasi yang arah anginnya berubah-ubah. Namun beberapa penelitian dan ulasan menunjukkan bahwa turbin horizontal umumnya menangkap **lebih banyak energi** dari luas sapuan yang sama, sehingga tidak ada jawaban "satu lebih baik di semua tempat". Pilihan bergantung pada kecepatan dan kestabilan arah angin, ruang, kebisingan, dan kemudahan perawatan.

5. Perkembangan pada pembangkit hidro

Sistem **piko hidro** adalah PLTMH berukuran sangat kecil, cukup untuk beberapa rumah atau lampu dan pompa (batasnya berbeda antarsumber, umumnya sampai sekitar beberapa kilowatt). Piko hidro cocok untuk sungai kecil dan saluran irigasi, dengan peralatan yang

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

sederhana dan mudah dipindahkan. Untuk lokasi dengan **tinggi jatuh yang sangat rendah** (kurang dari sekitar 10 m), dikembangkan **turbin ulir (*Archimedes screw*)** yang bentuknya seperti sekrup raksasa: air mengalir di sela alurnya dan memutarnya. Turbin ini berputar lambat sehingga dianggap lebih aman bagi ikan dibandingkan turbin berputar cepat, tetapi pernyataan itu sebaiknya dibaca sebagai klaim yang perlu didukung pengujian di lokasi.

6. Perkembangan pada biomassa

Biogas skala rumah tangga kini tersedia dengan digester prefabrikasi (tangki jadi dari plastik atau fiberglass), yang lebih cepat dipasang daripada digester yang dibangun dengan beton dan bata. **Gasifikasi** mengembangkan penggunaan **pelet atau briket biomassa**: bahan yang sudah dikeringkan dan dipadatkan menjadi ukuran seragam, sehingga mengalir lancar di reaktor dan kadar airnya terkendali. Kendala yang masih dihadapi gasifikasi adalah **tar** yang harus disaring dari gas sebelum masuk mesin, sehingga banyak penerapan masih berupa percontohan.

7. Membaca tabel spesifikasi dan memilih dengan benar

Soal tentang teknologi hampir selalu memberi **tabel spesifikasi**. Cara membacanya:

1. **Baca judul kolom dan satuan.** Wh, kWh, Ah, V, siklus, kg: pastikan perbandingan memakai satuan yang sama.
2. **Cari kondisi uji.** Umur "3.000 siklus" biasanya berlaku pada **DoD tertentu** dan suhu tertentu. Membandingkan dua angka umur pada DoD berbeda tidak adil.
3. **Waspadai kata "hingga".** "Menambah energi hingga 25 %" berarti pada kondisi terbaik, bukan di semua pemasangan.
4. **Hitung energi yang dapat dipakai**, bukan kapasitas nominal. Tegangan × Ah × DoD.
5. **Cocokkan dengan lokasi dan kebutuhan**: apa masalah di lokasi, apakah teknologi baru ini menjawabnya, apakah syarat pemasangannya terpenuhi, apakah operator mampu merawatnya, dan apakah cocok dengan peralatan yang sudah ada (misalnya pengendali pengisian).

Buku ini tidak membahas harga dalam pemilihan teknologi; yang dipelajari adalah **kecocokan teknis**.

Contoh 1 — Memilih baterai dari dua spesifikasi

Pada Juni 2027, Bu Maria, pemilik warung di Desa Pantai Mekar (fiktif), perlu menyimpan sekitar 800 Wh listrik PLTS setiap malam untuk lampu dan lemari es kecil. Bengkel menawarkan dua baterai. **Baterai A:** VRLA 12 V, 150 Ah, DoD dianjurkan 50 %, umur 450 siklus pada DoD itu, massa 41 kg. **Baterai B:** $LiFePO_4$ dengan BMS 12,8 V, 100 Ah, DoD dianjurkan 80 %, umur 3.500 siklus pada DoD itu, massa 11 kg. Pengendali pengisian warung saat ini diatur untuk baterai timbal-asam. Bandingkan keduanya. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. **Energi yang dapat dipakai per siklus** = tegangan × kapasitas × DoD. Baterai A: 12 × 150 × 0,5 = **900 Wh**. Baterai B: 12,8 × 100 × 0,8 = **1.024 Wh**. Keduanya mencukupi 800 Wh, B dengan cadangan lebih besar.
2. **Umur bila dipakai satu siklus per hari:** A = 450 ÷ 365 ≈ **1,2 tahun**; B = 3.500 ÷ 365 ≈ **9,6**

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

tahun. Jumlah siklus B sekitar 7,8 kali A.

3. **Massa:** A 41 kg, B 11 kg. B jauh lebih mudah diangkat ke rak pada rumah warung.
4. **Kecocokan pengendali:** pengendali warung masih berprofil timbal-asam. Untuk B, pengendali perlu diatur atau diganti ke profil $LiFePO_4$, dan BMS harus terpasang.
5. **Kesimpulan teknis:** B lebih unggul pada energi terpakai, umur, dan berat; syaratnya pengendali disesuaikan. Bila pengendali tidak bisa disesuaikan, B belum boleh dipasang.

Jawaban: **B** (1.024 Wh per siklus, ±9,6 tahun, 11 kg) **dengan syarat pengendali diatur ke profil $LiFePO_4$.**

Contoh 2 — Menilai usulan pelacak surya

Pada Oktober 2027, sebuah koperasi tani di Kabupaten Sumbawa (fiktif) menerima penawaran pelacak surya satu sumbu dari seorang penyedia jasa. Usulan itu dibahas untuk dua tempat. **Tempat 1:** atap seng rumah pengelola yang sempit, dengan rangka atap yang hanya kuat menahan modul tetap. **Tempat 2:** lahan terbuka seluas satu hektare untuk pompa irigasi, jauh dari kota dan tanpa teknisi tetap di desa. Ketua koperasi, Pak Anwar, berpendapat bahwa pelacak "selalu lebih baik karena energinya lebih banyak". Nilailah kedua usulan. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. Syarat pelacak: ada **ruang** dan **struktur** untuk bagian yang berputar, serta ada **kemampuan merawat bagian bergerak** (motor, penggerak, sensor).
2. **Tempat 1:** atap sempit dan rangkanya hanya kuat untuk modul tetap. Pelacak memerlukan ruang berputar dan menambah beban, sehingga usulan **kurang tepat**.
3. **Tempat 2:** lahan terbuka luas memenuhi syarat ruang. Namun karena tidak ada teknisi tetap, bagian bergerak yang rusak akan lama diperbaiki. Pelacak menambah energi, tetapi syarat perawatannya belum terpenuhi, sehingga usulan **layak dengan syarat**: ada kontrak perawatan atau teknisi terlatih yang mudah dihubungi. Bila syarat itu tidak dapat dipenuhi, rangka tetap lebih sesuai.
4. Pernyataan "selalu lebih baik karena energinya lebih banyak" **salah**: tambahan energi datang bersama bagian bergerak yang perlu dirawat, jadi cocok tidaknya bergantung pada lokasi dan kemampuan merawat.

Jawaban: **Tempat 1 tidak cocok (atap sempit, rangka lemah); Tempat 2 cocok bila perawatan bagian bergerak terjamin, bila tidak, pakai rangka tetap.**

Ringkasan bagian ini. Teknologi baru punya syarat: bifacial perlu permukaan terang dan ruang di bawah modul; pelacak cocok untuk lahan luas, bukan atap; MPPT dan inverter hibrida mengelola daya lebih baik; $LiFePO_4$ dengan BMS unggul dalam DoD, umur, dan berat tetapi memerlukan pengendali yang sesuai; pemantauan jarak jauh mempercepat deteksi tetapi tidak menggantikan perawatan. Baca tabel dengan satuan dan kondisi uji yang sama, dan pilih menurut kebutuhan lokasi.

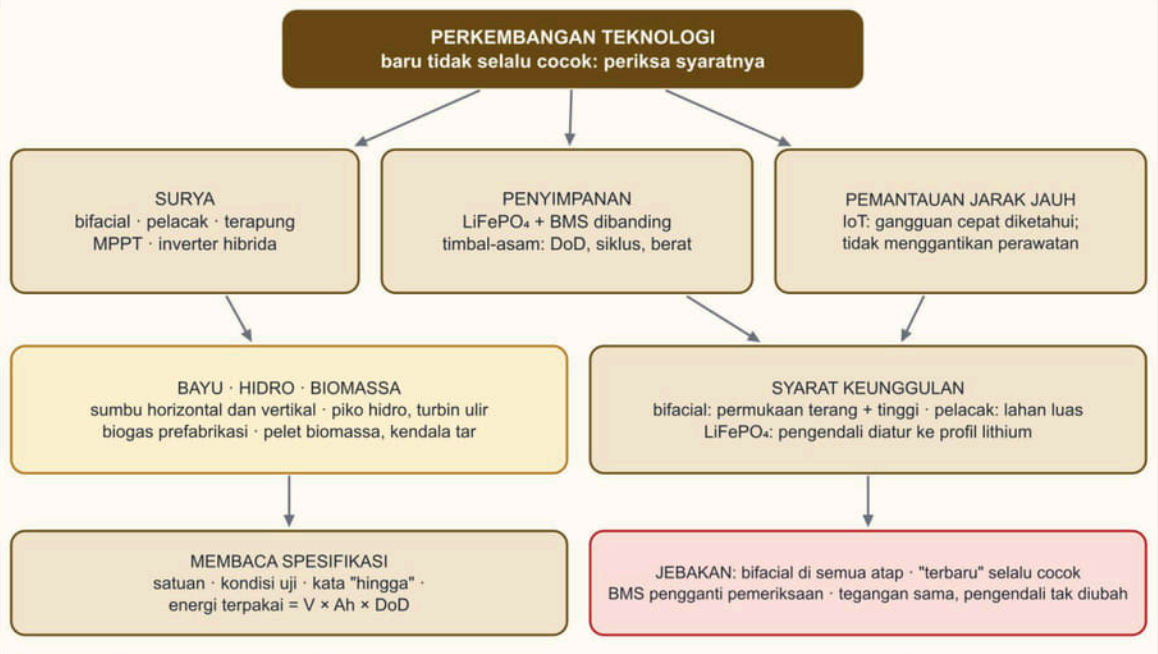
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- **Bifacial:** menyerap cahaya dua sisi; bermanfaat bila permukaan terang dan modul tinggi; sia-sia di atas permukaan gelap yang rapat.
- **Pelacak surya:** memutar modul mengikuti matahari; tambahan energi belasan sampai sekitar 30 %; bagian bergerak; untuk lahan luas.
- **PLTS terapung:** di atas waduk; hemat lahan darat; tantangan pelampung dan tambatan.
- **MPPT dan inverter hibrida:** daya maksimum modul; satu perangkat mengelola beberapa sumber.
- **$LiFePO_4$ + BMS dibanding timbal-asam:** DoD lebih dalam, siklus lebih banyak, lebih ringan; pengendali harus diatur ke profil lithium.
- **Pemantauan jarak jauh:** mempercepat deteksi gangguan; tidak menggantikan perawatan.
- **Membaca spesifikasi:** satuan, kondisi uji, kata "hingga", energi terpakai (V × Ah × DoD), kecocokan lokasi.

Gambar 1.16 merangkum hubungan antarkonsep itu.



Gambar 1.16 Peta konsep perkembangan teknologi terkini dalam energi terbarukan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal perkembangan teknologi:

1. **Tentukan apa yang dibandingkan** dan syarat agar keunggulannya muncul (cahaya pantulan, DoD, kecocokan pengendali).
2. **Hitung energi terpakai** bila tabel memberi tegangan, kapasitas, dan DoD.
3. **Cocokkan dengan kondisi lokasi** yang disebut cerita: permukaan, ketinggian pemasangan, kemampuan operator.
4. **Pada Benar/Salah**, curigai kata mutlak: "pasti", "selalu", "tidak perlu perawatan".

Jebakan khas:

- **Keunggulan bifacial dianggap berlaku di semua pemasangan**, termasuk modul rapat di atas atap gelap.
- **Pelacak surya dianggap selalu lebih baik**, termasuk di atap sempit atau tempat tanpa teknisi perawatan.
- **"Terbaru" dianggap selalu cocok** tanpa memeriksa syarat dan lokasi.
- **BMS atau pemantauan jarak jauh dianggap pengganti pemeriksaan rutin.**
- **Tegangan nominal sama dianggap berarti pengendali tidak perlu diubah.**
- **DoD diabaikan** sehingga kapasitas nominal dibandingkan langsung.

● BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut meminta kamu memilih proyek yang paling cocok memakai modul bifacial. Bedahlah dengan memeriksa dua syarat bifacial pada setiap proyek, yaitu permukaan di bawah modul dan ketinggian pemasangannya.

►. Perusahaan jasa PLTS tempat Andi bekerja (2027) mulai menawarkan modul bifacial, yaitu modul yang dapat menyerap cahaya dari sisi depan dan sisi belakang. Ada tiga calon proyek: (P) modul pada rangka setinggi 1,5 m di atas halaman berlapis kerikil putih; (Q) atap rumah genteng gelap dengan modul dipasang rapat di atas genteng; (R) atap gudang seng dengan modul menempel pada rangka setinggi 10 cm. Anggaran hanya memungkinkan bifacial dipasang di satu proyek.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Proyek yang paling tepat memakai modul bifacial adalah ....

A. P, karena sisi belakang modul dapat menerima pantulan dari kerikil putih
B. Q, karena genteng gelap menyerap panas sehingga modul menjadi lebih hangat
C. R, karena atap seng yang mengilap memantulkan cahaya ke sisi depan modul
D. Q, karena modul yang rapat dengan atap lebih terlindung dari angin
E. R, karena jarak 10 cm membuat udara mengalir dan sisi belakang tetap dingin

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Pembahasan **Kunci: A**

Konsep: Modul bifacial adalah perkembangan teknologi PLTS yang memanfaatkan cahaya di sisi belakang. Manfaatnya besar bila modul dipasang cukup tinggi di atas permukaan terang (albedo tinggi) sehingga pantulan mencapai sisi belakang.

Langkah:

1. Sisi belakang perlu cahaya pantulan.
2. P: tinggi 1,5 m di atas kerikil putih → banyak pantulan ke belakang.
3. Q dan R: modul rapat dengan atap → sisi belakang hampir tidak menerima cahaya.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ Ketinggian dan permukaan putih memberi pantulan ke sisi belakang.
- **B.** ✗ Modul yang lebih panas justru menurunkan tegangan dan daya.
- **C.** ✗ Jebakan: seng memang memantulkan cahaya, tetapi pantulannya tidak mengenai sisi depan modul; sisi belakang yang menghadap seng hanya berjarak 10 cm sehingga hampir tidak menerima cahaya.
- **D.** ✗ Perlindungan dari angin tidak berkaitan dengan keunggulan bifacial.
- **E.** ✗ Jebakan: celah udara membantu pendinginan, tetapi celah 10 cm terlalu sempit untuk memberi cahaya ke sisi belakang.

Jawaban: A.

✎ LATIHAN

Kerjakan tanpa melihat kunci. Pada soal tabel, hitung energi terpakai lebih dulu, lalu periksa kecocokan pengendalinya.

1. Bengkel PLTS milik Pak Rudi (2027) akan mengganti satu baterai PLTS rumah pelanggan. Pelanggan membandingkan dua baterai berikut.

Data	Timbal-asam (VRLA)	LiFePO4
Tegangan / kapasitas	12 V / 100 Ah	12 V / 100 Ah
Kedalaman pengosongan (DoD) yang dianjurkan	50%	80%
Umur siklus pada DoD tersebut	±500 siklus	±3.000 siklus
Massa	30 kg	12 kg

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

SCC di rumah pelanggan saat ini diatur pada mode pengisian VRLA.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Energi yang aman dipakai per siklus adalah 600 Wh pada VRLA dan 960 Wh pada LiFePO4.	○	○
Pada pemakaian satu siklus per hari, LiFePO4 diperkirakan bertahan sekitar enam kali lebih lama daripada VRLA.	○	○
Karena tegangannya sama 12 V, LiFePO4 dapat langsung dipasang tanpa mengubah pengaturan SCC.	○	○

2. PLTS komunal 30 kWp di Desa Long Apari (2027) ditingkatkan dengan inverter hibrida, baterai LiFePO4 yang dilengkapi BMS (battery management system), dan sistem pemantauan jarak jauh lewat internet. Operator desa yang baru dilatih menuliskan pemahamannya tentang teknologi baru itu, lalu teknisi dari kota memeriksanya.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pemahaman operator yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Dengan BMS, baterai LiFePO4 boleh dikosongkan sampai 0% setiap hari tanpa memperpendek umurnya.
☐ B. Data produksi setiap inverter dapat dilihat dari jauh sehingga gangguan lebih cepat diketahui.
☐ C. BMS memantau tegangan dan suhu setiap sel sehingga dapat mencegah pengisian berlebih pada sel tertentu.
☐ D. Pemantauan jarak jauh mencegah gangguan terjadi karena inverter dikendalikan langsung dari kota.
☐ E. Inverter hibrida dapat mengatur aliran daya dari PLTS, baterai, dan genset cadangan.

Kunci singkat: 1. 1B 2B 3S 2. B, C, E

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa modul bifacial yang menempel rapat di atas genteng gelap hampir tidak menambah energi dibandingkan modul biasa?
- Mengapa baterai $LiFePO_4$ 12 V tidak boleh langsung dipasang pada pengendali pengisian yang masih berprofil timbal-asam?
- **Yang harus kuingat:** teknologi baru bekerja baik bila syaratnya terpenuhi; bandingkan pada satuan dan kondisi uji yang sama, hitung energi terpakai (V × Ah × DoD), dan cocokkan dengan lokasi.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 1.4: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktet&node=SMKTET-1.4

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 1.5 · Jenis profesi dan peluang usaha

SMKTET-1.5

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu **mengenali profesi dan peluang usaha** di bidang energi terbarukan. Soal biasanya bercerita tentang seorang lulusan SMK yang memiliki kompetensi tertentu dan pulang ke desa atau kotanya, lalu menyajikan data kebutuhan setempat. Kamu diminta **memilih peluang usaha yang paling sesuai**. Soal lain menyajikan beberapa uraian tugas dan meminta kamu **mencocokkannya dengan nama profesi**.

Batas materi ini jelas: **peluang usaha dibahas sebagai jenis jasa dan kecocokan antara kompetensi dan kebutuhan setempat**. Tidak ada hitungan keuntungan atau biaya di sub bab ini. Yang perlu kamu pahami adalah siapa mengerjakan apa, dan bagaimana menimbang apakah suatu jasa cocok untuk tempat tertentu.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menyebutkan profesi di bidang energi terbarukan beserta uraian tugas utamanya;
- membedakan profesi yang mirip, misalnya teknisi instalasi, operator, teknisi perawatan, dan pengawas lapangan;
- menjelaskan arti kompetensi dan fungsi sertifikasi kompetensi;
- menyebutkan jalur setelah SMK;
- menyebutkan jenis jasa yang dapat menjadi peluang usaha;
- mencocokkan kompetensi lulusan dengan kebutuhan nyata suatu lingkungan.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Ketika sebuah PLTS dipasang di sekolah, tidak hanya satu orang yang bekerja. Ada yang mengukur atap, ada yang menggambar rencana, ada yang memasang modul, ada yang mengawasi mutu dan keselamatan, ada yang menyerahkan sistem dan melatih operatornya, lalu ada yang merawatnya bertahun-tahun. Setiap peran itu adalah **profesi**: pekerjaan yang memerlukan keahlian tertentu. Sub bab ini memperkenalkan profesi-profesi itu, cara menunjukkan bahwa seseorang memiliki keahliannya, dan cara melihat peluang untuk bekerja atau membuka usaha jasa.

1. Tempat bekerja di bidang energi terbarukan

Lulusan program keahlian Teknik Energi Terbarukan dapat bekerja di beberapa jenis tempat:

- **perusahaan jasa atau kontraktor** yang memasang PLTS, PLTB, PLTMH, atau biodigester;
- **pengelola pembangkit**, misalnya pengurus PLTMH desa, koperasi, atau perusahaan yang mengelola PLTS;
- **bengkel dan usaha jasa perawatan** yang melayani PLTS atap, lampu surya, dan baterai;

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

- **industri pengolahan** yang memiliki pembangkit sendiri, misalnya pabrik dengan ketel biomassa atau digester limbah;
- **lembaga pelatihan dan pendidikan** yang membutuhkan instruktur dan teknisi laboratorium.

2. Profesi dan uraian tugasnya

Pekerjaan di sekitar sebuah pembangkit dapat dipetakan menurut tahapan proyek yang kamu pelajari di sub bab 1.1. Gambar 1.17 menunjukkan profesi yang paling aktif pada tiap tahap, dan tabel berikut menjelaskan tugas utama masing-masing.



Gambar 1.17 Peta profesi menurut tahapan proyek pembangkit energi terbarukan. Satu profesi dapat terlibat pada lebih dari satu tahap. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Profesi	Tugas utama
Surveyor potensi	mengukur dan mencatat sumber energi di lokasi (debit dan tinggi jatuh, kecepatan angin, bayangan atap, bahan baku), serta koordinat dan kondisi lokasi
Juru gambar (drafter)	menyusun gambar kerja: tata letak modul, denah, diagram satu garis, gambar potongan pembangkit, memakai alat gambar atau perangkat lunak CAD
Asisten estimator	menghitung kebutuhan bahan dan volume pekerjaan dari gambar kerja
Teknisi instalasi (pemasang)	**memasang** sistem baru sesuai gambar: PLTS, PLTB, pipa dan turbin PLTMH, biodigester; menyambung kabel dan pengaman
Pengawas lapangan	**mengawasi** pekerjaan orang lain: memeriksa kesesuaian dengan gambar, mutu, jadwal, dan keselamatan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Petugas K3	memastikan prosedur keselamatan dan kesehatan kerja dijalankan, memeriksa alat pelindung, menyelidiki kejadian nyaris celaka
Operator pembangkit	**menjalankan** pembangkit sehari-hari: menghidupkan dan mematikan, memantau, mencatat logbook
Teknisi operasi dan pemeliharaan (O&M)	**merawat dan memperbaiki**: membersihkan modul, memeriksa sambungan, mengganti komponen aus, mencari penyebab gangguan
Teknisi biogas	membangun, mengisi awal, dan merawat digester dan jaringan gasnya
Auditor atau pengelola energi	mengukur dan menganalisis pemakaian energi sebuah gedung atau pabrik, lalu menyarankan penghematan

Profesi yang mirip sering tertukar dalam soal. Cara membedakannya adalah dengan menanyakan **kata kerja utama**: *memasang* (instalasi), *menjalankan* (operator), *merawat dan memperbaiki* (O&M), *mengawasi* (pengawas), *menggambar* (juru gambar), *mengukur potensi* (surveyor), *mengukur dan menganalisis pemakaian energi* (auditor energi). Satu orang dapat merangkap beberapa peran pada pembangkit kecil, tetapi **tugasnya tetap berbeda**.

3. Kompetensi dan sertifikasi

Kompetensi adalah kemampuan yang terbukti: gabungan **pengetahuan, keterampilan, dan sikap** untuk mengerjakan suatu pekerjaan sesuai standar. Kompetensi dalam energi terbarukan mencakup:

- **kompetensi teknis**: membaca gambar dan diagram, memakai alat ukur, merangkai dan menyambung peralatan, memasang dan merawat sistem, bekerja sesuai prosedur dan K3LH;
- **kompetensi nonteknis**: teliti, disiplin, bekerja dalam tim, berkomunikasi dengan pelanggan dan warga, jujur mencatat data, bertanggung jawab atas alat.

Cara menunjukkan kompetensi berbeda dengan menunjukkan ijazah. Tiga bukti yang sering muncul:

- **Ijazah:** bukti bahwa kamu **lulus pendidikan** pada jenjang tertentu.
- **Sertifikat pelatihan:** bukti bahwa kamu **mengikuti** pelatihan.
- **Sertifikat kompetensi:** bukti bahwa kamu **lulus uji kompetensi**, yaitu penilaian langsung terhadap kemampuanmu. Sertifikat ini diterbitkan oleh **lembaga sertifikasi profesi (LSP)** yang berizin dari **Badan Nasional Sertifikasi Profesi (BNSP)**, dengan mengacu pada standar kompetensi, yaitu **SKKNI** (Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia) atau standar lain yang diakui. Pemberi kerja dapat memeriksa keabsahan sertifikat lewat lembaga yang menerbitkannya.

Karena pekerjaan energi terbarukan menyangkut listrik dan ketinggian, sertifikat kompetensi membantu menunjukkan bahwa kemampuanmu sudah diuji, tetapi sertifikat tidak menggantikan keterampilan nyata di lapangan. Pengalaman dari praktik kerja lapangan (PKL) dan keterampilan yang kamu tunjukkan juga menjadi bahan penilaian.

4. Jalur setelah SMK

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

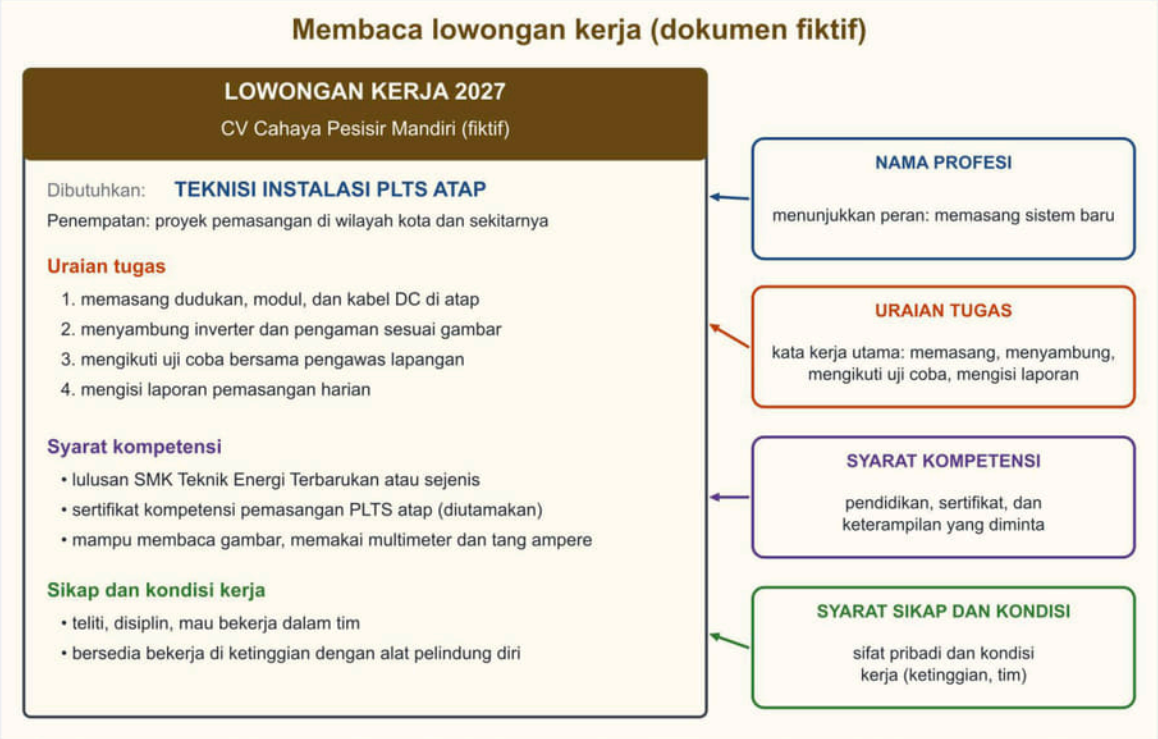
Setelah lulus, ada beberapa jalur yang dapat kamu tempuh, dan dapat dikombinasikan:

- **bekerja** di perusahaan jasa, pengelola pembangkit, atau industri;
- **melanjutkan pendidikan** ke program diploma atau sarjana, misalnya teknik energi, teknik elektro, atau teknik mesin;
- **berwirausaha** dengan membuka jasa sendiri;
- **mengikuti pelatihan dan uji kompetensi** tambahan untuk memperdalam keahlian.

PKL di dunia usaha dan dunia industri menjadi pintu pertama: di sana kamu mengenal pekerjaan sungguhan, aturan kerja, dan calon pemberi kerja.

5. Membaca lowongan kerja

Lowongan kerja adalah dokumen pendek yang memuat banyak petunjuk. Bagian pentingnya adalah **nama profesi**, **uraian tugas**, **syarat kompetensi** (pendidikan, sertifikat, keterampilan), dan **syarat sikap serta kondisi kerja** (lapangan, ketinggian, jadwal). Gambar 1.18 menunjukkan contoh lowongan fiktif beserta penjelasan tiap bagian.



Gambar 1.18 Contoh lowongan kerja fiktif teknisi instalasi PLTS atap tahun 2027 dengan anotasi bagian-bagiannya. Nama perusahaan dan data adalah fiktif. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Dari lowongan seperti itu kamu dapat memeriksa kecocokan diri: apakah tugasnya sesuai dengan keterampilan yang kamu punya, apakah sertifikat yang diminta sudah kamu miliki atau dapat kamu peroleh, dan apakah kamu siap dengan kondisi kerjanya, misalnya bekerja di atap.

6. Jenis jasa yang dapat menjadi peluang usaha

Lulusan dapat membuka usaha jasa dengan keterampilan yang dimilikinya. Beberapa **jenis jasa** yang sesuai dengan kompetensi lulusan SMK energi terbarukan:

- **pemasangan dan servis PLTS atap** untuk rumah, warung, sekolah, dan tempat ibadah;

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

- **perawatan berkala PLTS**: membersihkan modul, memeriksa sambungan dan pengaman, membaca data pemantauan;
- **perakitan dan pemasangan lampu jalan tenaga surya** dan pompa air tenaga surya;
- **bengkel baterai**: memeriksa, mengisi, dan mengganti baterai, termasuk mengumpulkan aki bekas untuk diserahkan kepada pengumpul limbah B3 berizin;
- **jasa biodigester** untuk peternakan dan pengolahan limbah, mulai dari pemasangan sampai pendampingan penggunaan gas dan ampasnya;
- **perawatan PLTMH desa**: membersihkan saringan dan bak, memeriksa turbin, melatih operator;
- **pelatihan operator** dan penyusunan prosedur sederhana untuk pengelola pembangkit kecil.

Perhatikan bahwa daftar ini berupa **jasa pemasangan, perawatan, dan pendampingan**. **Manufaktur modul surya atau inverter** bukan peluang yang sesuai untuk lulusan SMK di desa, karena memerlukan pabrik, peralatan khusus, dan teknologi yang berada di luar kompetensi dan kemampuan sebuah usaha kecil. Memilih usaha berarti memilih sesuatu yang **dapat kamu kerjakan dengan baik dan dibutuhkan orang di sekitarmu**.

7. Mencocokkan kompetensi dengan kebutuhan setempat

Kesalahan yang paling sering terjadi saat memilih usaha adalah memilih **teknologi yang sedang populer**, bukan **kebutuhan yang nyata**. PLTS memang populer, tetapi desa yang atapnya semua ternaungi hutan, atau yang kebutuhannya justru mengatasi limbah ternak, akan lebih terbantu oleh jasa lain. Urutan menimbangnya (Gambar 1.19):

1. **Kenali kebutuhan nyata** warga atau pelanggan: apa yang dikeluhkan dan diperlukan? Penerangan malam, bahan bakar memasak, bau limbah, pompa air, pendingin hasil tangkapan?
2. **Kenali sumber daya dan potensi setempat**: sumber energi apa yang ada (sinar matahari terbuka, sungai, angin, limbah organik) dan apa yang sudah terpasang?
3. **Daftar jasa energi terbarukan** yang dapat menjawab kebutuhan itu dan memanfaatkan potensi itu.
4. **Cocokkan dengan kompetensi** yang kamu miliki: keterampilan dan sertifikat apa yang kamu punya? Jasa yang di luar kemampuanmu belum cocok, kecuali kamu menambah pelatihan.
5. **Periksa kelayakan teknis dan pelayanan**: apakah bahan dan sumbernya tersedia, apakah kamu dapat melayani dengan aman (K3), dan apakah pelanggan dapat menghubungimu bila ada gangguan?
6. **Pilih jasa yang menjawab kebutuhan paling banyak dan paling sesuai** dengan kompetensi dan potensi tersebut.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 1.19 Enam langkah memilih peluang usaha jasa dari data kebutuhan setempat, kompetensi, dan kelayakan teknis. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Contoh 1 — Mencocokkan uraian tugas dengan profesi

Pada Januari 2027, sebuah bursa kerja khusus (BKK) SMK di Kota Gorontalo (fiktif) menempel lima uraian tugas dari beberapa perusahaan, dan siswa diminta menuliskan nama profesinya dari daftar: surveyor potensi, juru gambar, teknisi instalasi, pengawas lapangan, operator PLTMH, teknisi O&M, auditor energi. Uraian: (a) mengukur kemiringan lereng, mencatat koordinat, dan memotret lokasi calon terjunan air; (b) menyalin sketsa lapangan menjadi gambar tata letak modul dan diagram satu garis memakai perangkat lunak CAD; (c) memeriksa apakah pekerjaan pemasangan yang dikerjakan tim hari ini sudah sesuai gambar dan prosedur keselamatan; (d) membuka katup, memantau frekuensi, dan mengisi logbook PLTMH setiap pagi; (e) membersihkan modul, mengencangkan sambungan, dan mengganti sekering yang rusak setiap bulan. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. Cari **kata kerja utama** pada tiap uraian.
2. (a) **mengukur dan mencatat potensi lokasi**: **surveyor potensi**.
3. (b) **menggambar** tata letak dan diagram: **juru gambar**.
4. (c) **memeriksa pekerjaan orang lain** terhadap gambar dan keselamatan: **pengawas lapangan**. Bukan teknisi instalasi, karena yang memasang adalah timnya.
5. (d) **menjalankan** pembangkit sehari-hari dan mencatat: **operator PLTMH**.
6. (e) **merawat dan memperbaiki** secara berkala: **teknisi O&M**.
7. Dua profesi tidak terpakai: **teknisi instalasi** (tidak ada tugas memasang sistem baru) dan **auditor energi** (tidak ada tugas menganalisis pemakaian energi).

Jawaban: a = surveyor potensi, b = juru gambar, c = pengawas lapangan, d = operator PLTMH, e = teknisi O&M.

Contoh 2 — Memilih peluang usaha dari data desa

Pada Mei 2027, tiga lulusan SMK (fiktif) pulang ke Pulau Sembilang Kecil. Data desa: listrik hanya dari genset yang menyala sekitar enam jam setiap malam; warga mengeluh tidak ada lampu rumah sepanjang siang hingga sore dan aki perahu sering rusak karena panas dan garam; sebagian besar nelayan menyimpan ikan di kotak es yang esnya dibeli dari daratan; sinar matahari terik dan atap rumah terbuka; angin sedang; tidak ada sungai; kotoran ternak sangat sedikit. Kompetensi ketiga lulusan: memasang PLTS rumah dan memeriksa serta merawat baterai, dan kedua kompetensi itu bersertifikat. Pilihan: (A) jasa pemasangan dan servis PLTS rumah beserta perawatan baterai; (B) jasa pembangunan PLTMH; (C) jasa pemasangan biodigester; (D) produksi modul surya. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. **Kebutuhan:** penerangan di luar enam jam genset, baterai perahu yang rusak, penyimpanan ikan.
2. **Potensi:** sinar matahari terik dan atap terbuka. Tidak ada sungai, kotoran ternak sedikit.
3. **Menyaring pilihan.** (B) PLTMH memerlukan sungai dengan beda tinggi: tidak ada, gugur. (C) biodigester memerlukan bahan organik melimpah: kotoran ternak sedikit, gugur. (D) produksi modul surya memerlukan pabrik: di luar kompetensi lulusan, gugur.
4. **(A)** memanfaatkan matahari yang terbuka, menjawab kebutuhan penerangan dan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

perawatan baterai perahu, dan sesuai dengan sertifikat pemasangan PLTS dan perawatan baterai yang dimiliki.

5. **Tambahan teknis:** karena garam dan panas merusak baterai, jasa perawatan berkala dan pengumpulan aki bekas untuk diserahkan ke pengumpul limbah B3 berizin termasuk bagian jasa.

Jawaban: **(A) jasa pemasangan dan servis PLTS rumah beserta perawatan baterai.**

Ringkasan bagian ini. Profesi di sekitar pembangkit dikenali dari kata kerja utamanya: survei, menggambar, memasang, mengawasi, menjalankan, merawat. Kompetensi dibuktikan terutama dengan sertifikat kompetensi (BNSP lewat LSP) di samping ijazah dan pengalaman. Peluang usaha berupa jasa pemasangan, perawatan, dan pendampingan, dipilih dengan mencocokkan **kebutuhan nyata, potensi setempat, dan kompetensi**, bukan karena teknologinya populer.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

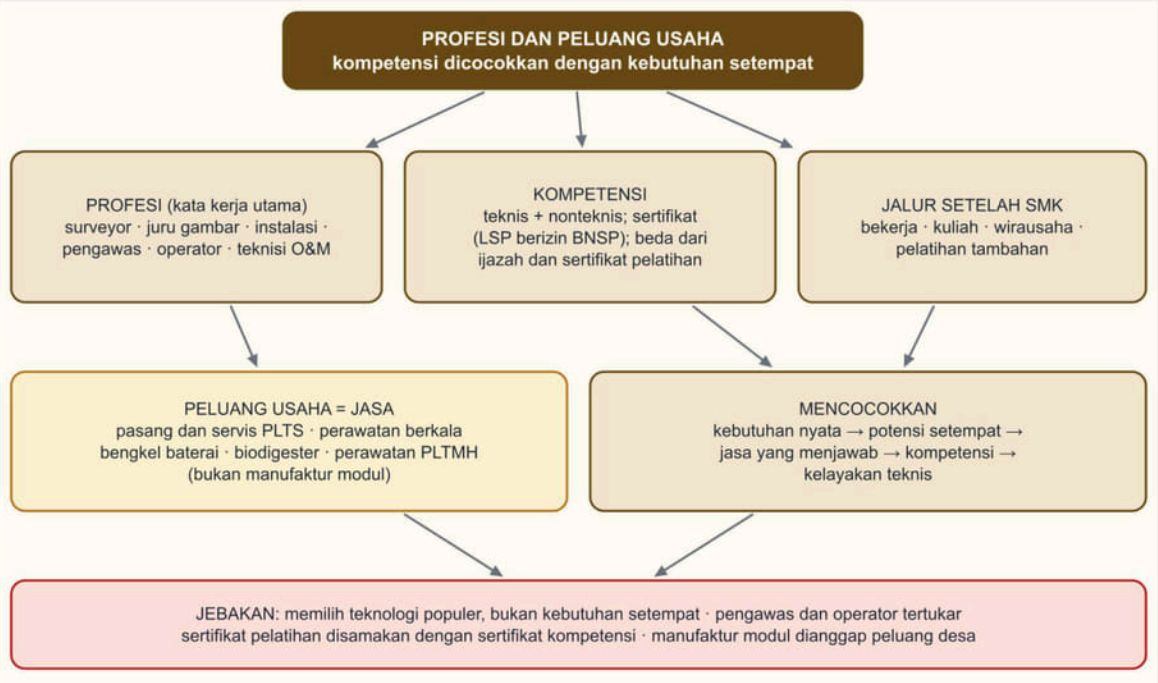
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- **Profesi menurut tahap:** surveyor (survei), juru gambar dan asisten estimator (perencanaan teknis), teknisi instalasi (pasang), pengawas dan petugas K3 (pengawasan), operator (jalankan), teknisi O&M (rawat).
- **Kata kerja utama** membedakan profesi: memasang, menjalankan, merawat, mengawasi, menggambar.
- **Kompetensi:** pengetahuan + keterampilan + sikap; dibuktikan dengan sertifikat kompetensi (LSP berizin BNSP, mengacu SKKNI); berbeda dari ijazah dan sertifikat pelatihan.
- **Jalur setelah SMK:** bekerja, kuliah, wirausaha, pelatihan tambahan.
- **Peluang usaha = jasa:** pasang dan servis PLTS, perawatan, bengkel baterai, biodigester, perawatan PLTMH; bukan manufaktur modul.
- **Memilih usaha:** kebutuhan nyata → potensi setempat → jasa yang menjawab → cocok dengan kompetensi → layak teknis.

Gambar 1.20 merangkum hubungan antarkonsep itu.



Gambar 1.20 Peta konsep jenis profesi dan peluang usaha di bidang energi terbarukan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal profesi dan peluang usaha:

1. **Pada soal mencocokkan tugas dan profesi**, garis bawahi kata kerja utama pada uraian tugas dan cocokkan dengan kata kerja profesi.
2. **Pada soal memilih peluang usaha**, tulis dulu tiga hal: kebutuhan nyata, potensi setempat (sumber energi dan bahan), dan kompetensi lulusan.
3. **Coret pilihan yang bertentangan dengan data**: butuh sungai padahal tidak ada sungai, butuh angin kuat padahal angin lemah, butuh bahan padahal bahan sedikit.
4. **Coret pilihan yang di luar kompetensi atau ruang lingkup**: misalnya produksi modul oleh lulusan SMK di desa.
5. **Pilih yang menjawab kebutuhan paling banyak** dan sesuai kompetensi.

Jebakan khas:

- **Peluang dipilih dari teknologi yang populer**, bukan dari kebutuhan setempat.
- **Usaha manufaktur modul dianggap peluang** bagi lulusan SMK di desa.
- **Tugas pengawas dan operator tertukar**: pengawas memeriksa pekerjaan orang lain, operator menjalankan pembangkit.
- **Pilihan yang masih bidang energi terbarukan dianggap otomatis benar**, padahal data desa tidak menunjukkan kebutuhannya.
- **Sertifikat pelatihan disamakan dengan sertifikat kompetensi.**

● BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menyajikan data sebuah desa dan seorang lulusan bersertifikat. Bedahlah dengan menuliskan kebutuhan, potensi, dan kompetensi, lalu memeriksa setiap pilihan terhadap ketiganya.

►. Sari, lulusan SMK Teknik Energi Terbarukan bersertifikat pemasangan biodigester (2027), pulang ke desanya. Data desa: 200 KK, sebagian besar memelihara 2–4 sapi; kotoran sapi dibuang ke parit sehingga warga mengeluh bau; harga LPG sering naik; petani sayur membeli pupuk kimia dari kota. Belum ada satu pun biodigester di desa itu, dan kecepatan angin di desa rendah.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Peluang usaha yang paling sesuai untuk Sari adalah ....

A. Jasa pembuatan biodigester rumah tangga dan penjualan pupuk dari ampasnya
B. Agen penjualan tabung LPG untuk memenuhi kebutuhan memasak warga desa
C. Jasa pemasangan PLTS atap untuk rumah warga yang ingin mengurangi tagihan
D. Jasa pemasangan turbin angin kecil untuk penerangan kandang sapi warga desa
E. Toko pupuk kimia agar petani sayur tidak perlu berbelanja ke kota lagi

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Pembahasan **Kunci: A**

Konsep: Peluang usaha energi terbarukan muncul dari kebutuhan setempat dan bahan baku yang tersedia. Biodigester menjawab masalah limbah (bau), bahan bakar memasak (pengganti LPG), dan pupuk (ampas/slurry).

Langkah:

1. Bahan baku: kotoran sapi melimpah.
2. Kebutuhan: atasi bau, bahan bakar memasak, pupuk.
3. Kompetensi Sari: pemasangan biodigester → jasa biodigester + pupuk ampas.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ Menjawab tiga kebutuhan sekaligus dan sesuai kompetensi Sari.
- **B.** ✗ Jebakan: menjawab kebutuhan memasak, tetapi bukan usaha energi terbarukan dan tidak mengatasi bau maupun pupuk.
- **C.** ✗ Jebakan: masih bidang energi terbarukan, tetapi data desa tidak menunjukkan kebutuhan PLTS dan tidak memanfaatkan kotoran sapi.
- **D.** ✗ Kecepatan angin di desa rendah sehingga turbin angin tidak sesuai.
- **E.** ✗ Menjawab kebutuhan pupuk, tetapi bukan energi terbarukan dan masalah limbah tetap ada.

Jawaban: A.

✎ LATIHAN

Kerjakan tanpa melihat kunci. Pada soal pasangan tugas dan profesi, cari kata kerja utama lebih dulu.

1. Raka, lulusan SMK Teknik Energi Terbarukan (2027), tinggal di perumahan yang memiliki sekitar 300 rumah ber-PLTS atap. Dari obrolan dengan pengurus RW, ia mendapati banyak warga mengeluh produksi listriknya turun karena modul berdebu dan sambungan kabel belum pernah diperiksa ulang sejak dipasang; warga juga tidak tahu cara membaca aplikasi pemantau inverter. Raka memiliki sertifikat kompetensi pemeliharaan PLTS dan modal awal yang terbatas.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Peluang usaha yang paling sesuai bagi Raka adalah ....

A. Membuka toko yang menjual modul surya dan inverter merek baru
B. Membuka jasa perawatan berkala PLTS atap dan pendampingan warga
C. Membangun pabrik perakitan modul surya skala kecil di perumahan
D. Membuka jasa pemasangan instalasi listrik gedung bertingkat
E. Menjadi agen penjualan genset cadangan untuk warga perumahan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. Bursa kerja khusus SMK (2027) menempel beberapa lowongan. Siswa diminta mencocokkan uraian tugas dengan nama profesinya sebelum memilih lowongan yang akan dilamar.

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)

Pasangan uraian tugas dan profesi yang tepat adalah ....

(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

- ☐ A. Membersihkan modul, memeriksa sambungan, dan mencatat produksi harian PLTS — teknisi operasi dan pemeliharaan PLTS.
- ☐ B. Mengukur pemakaian listrik gedung dan memberi saran penghematan — teknisi instalasi PLTS atap.
- ☐ C. Mengatur bukaan katup, memantau frekuensi, dan mencatat logbook harian PLTMH — operator PLTMH.
- ☐ D. Menyusun gambar tata letak modul dan diagram satu garis dengan perangkat lunak CAD — auditor energi bangunan.
- ☐ E. Memasang dan mengisi awal digester biogas rumah tangga — operator pembangkit listrik tenaga biomassa.

Kunci singkat: 1. B 2. A, C

✔ PERIKSA DIRI

- Seorang lulusan bersertifikat pemasangan PLTS tinggal di desa yang atap rumahnya semua ternaungi pohon besar dan warga mengeluh bau limbah ternak. Mengapa membuka jasa PLTS atap belum tentu pilihan terbaiknya?
- Apa perbedaan tugas teknisi instalasi, operator, dan teknisi O&M pada sebuah PLTMH?
- **Yang harus kuingat:** peluang usaha dipilih dari kebutuhan nyata, potensi setempat, dan kompetensi, dan profesi dikenali dari kata kerja utama tugasnya.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 1.5: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktet&node=SMKTET-1.5

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Kuis Akhir Bab 1

SMKTET-KB1

Jumlah soal: 25 **Waktu anjuran:** 60 menit

Kerjakan sendiri dan berwaktu. Setelah selesai, cocokkan dengan kunci di Bagian D, isi tabel skor, lalu lihat anjuran di bawahnya.

Kerjakan Kuis Bab 1 di LMS

Skor dan progresmu tersimpan di LMS.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktet&node=SMKTET-KB1

1. Intan, siswa PKL pada perusahaan jasa PLTS, membantu proyek PLTS atap laboratorium komputer sebuah SMK di Sumbawa (2027). Pembimbing meminta Intan memeriksa alasan urutan pekerjaan yang ditulis tim sebelum proyek berjalan.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Alasan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

- ☐ A. Bayangan pohon dan bangunan sekitar diukur sebelum letak modul ditentukan, supaya modul tidak ternaungi pada jam produksi utama.
- ☐ B. Kekuatan rangka atap diperiksa setelah modul terpasang, supaya beban modul yang sebenarnya dapat dinilai.
- ☐ C. Polaritas dan tegangan kosong tiap string diperiksa sebelum string disambung ke inverter.
- ☐ D. Uji coba dilakukan setelah serah terima supaya pengelola dapat langsung menilai kerja sistem.
- ☐ E. Hasil pengukuran saat uji coba dicatat sebagai pembanding untuk pemeriksaan pada masa perawatan.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. Kelompok ternak di Desa Batu Lintang (2027) membangun biodigester untuk satu keluarga. Rafi, siswa PKL, menulis lima kegiatan dengan urutan acak: (P) mengisi digester dengan campuran kotoran dan air; (Q) menghitung kebutuhan gas lalu menetapkan ukuran digester; (R) menyambung pipa gas ke kompor dan menyalakannya; (S) menggali dan membangun digester serta memeriksa kebocorannya; (T) mendata jumlah ternak dan kebutuhan memasak keluarga.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Urutan kerja yang benar adalah ....

A. Q – T – S – P – R
B. T – Q – S – P – R
C. T – Q – P – S – R
D. T – Q – S – R – P
E. S – T – Q – P – R

3. Turbin angin 1 kW di dermaga Pulau Karang Biru (2027) memasok lampu dan pompa air. Galang, siswa PKL, menggambarkan alurnya: bilah memutar poros generator magnet permanen; listrik generator masuk ke penyearah dan pengendali; keluarannya mengisi baterai; dari baterai, inverter menyalakan lampu 220 V AC, sedangkan pompa air 12 V memakai listrik baterai langsung.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Listrik dari generator turbin berupa arus bolak-balik yang tegangannya berubah menurut kecepatan angin, sehingga dapat langsung dihubungkan ke baterai.	○	○
Penyearah dan pengendali berfungsi mengubah arus bolak-balik generator menjadi arus searah yang sesuai untuk mengisi baterai.	○	○
Bila lampu dermaga diganti lampu 12 V, inverter tidak lagi diperlukan pada alur ini.	○	○

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

4. Gambar menunjukkan alur energi PLTS yang memompa air untuk kebun kelompok tani di Desa Karang Mulya (2027). Pukul 21.00 pompa tetap menyala, padahal tidak ada cahaya matahari.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pernyataan yang tepat tentang aliran energi pada saat itu adalah ....



A. Modul tetap mengalirkan listrik DC melalui P dan Q menuju R, sehingga pompa tetap menyala.
B. Listrik DC dari Q mengalir ke P lebih dahulu agar tegangannya stabil, lalu menuju R dan pompa.
C. Listrik AC yang tersimpan di Q dialirkan ke R yang hanya meneruskannya ke pompa tanpa mengubahnya.
D. Baterai Q melepas listrik DC menuju R, lalu R mengubahnya menjadi listrik AC untuk pompa.
E. Listrik DC dari Q langsung memutar pompa karena pompa dapat bekerja pada arus searah maupun bolak-balik.

5. Desa Karang Mulya (2027) akan membangun PLTMH tanpa baterai dan tanpa genset cadangan, sehingga listrik harus tersedia sepanjang tahun. Empat sungai kecil yang disurvei memiliki tinggi jatuh sama, 12 m. Debit hasil pengukuran:

Sungai	Debit musim hujan (L/s)	Debit musim kemarau (L/s)
A	90	8
B	45	30
C	150	4
D	36	24

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Lokasi yang paling tepat dipilih adalah ....

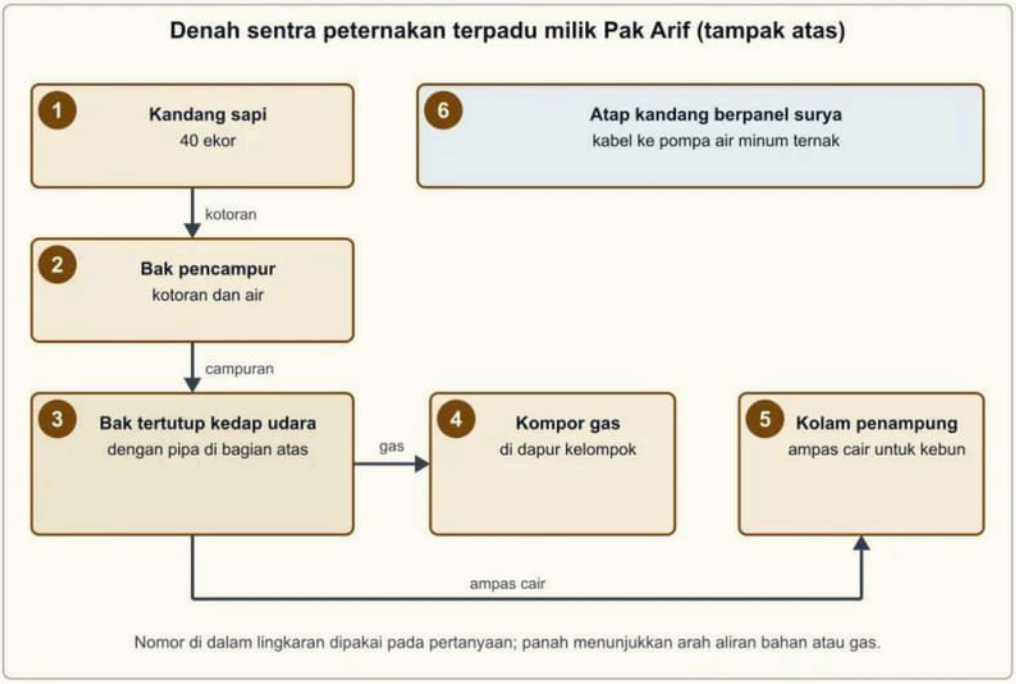
A. Sungai A, karena debit musim hujannya besar dan pada kemarau masih mengalir
B. Sungai C, karena debit musim hujannya terbesar dan rata-rata setahunnya tertinggi
C. Sungai B, karena debit musim kemaraunya terbesar sehingga daya paling terjamin
D. Sungai D, karena selisih debit antarmusimnya paling kecil sehingga dayanya paling stabil
E. Tidak ada, karena debit semua sungai turun pada musim kemarau sehingga daya tidak terjamin

6. Dusun Batu Karang (2027) terletak di cekungan. Sungai kecilnya kering sekitar delapan bulan setahun, angin rata-rata hanya 2 m/s, dan setiap keluarga hanya memelihara 1–2 ekor ayam kampung. Matahari bersinar terik hampir sepanjang tahun, dan atap rumah berupa seng terbuka tanpa naungan. Kevin, siswa PKL, diminta mengusulkan satu sumber energi yang paling sesuai untuk listrik penerangan rumah.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Usulan yang paling tepat adalah ....

A. PLTMH, karena ada sungai kecil di dekat dusun yang dapat dialiri turbin air
B. PLTB, karena dusun berada di cekungan terbuka yang mudah dilalui angin
C. Biogas, karena setiap keluarga memelihara unggas yang kotorannya dapat diolah
D. PLTMH dan PLTB digabung agar kekurangan yang satu ditutup oleh yang lain
E. PLTS atap, karena matahari terik sepanjang tahun dan atap rumah terbuka

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

7. Gambar menunjukkan denah sentra peternakan terpadu milik Pak Arif di Kabupaten Boyolali (2027). Siswa SMK diminta mengelompokkan bagian-bagian pada denah yang termasuk kegiatan produksi energi terbarukan.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pengelompokan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)



Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Nomor 5 termasuk produksi energi karena ampas cair mengandung sisa bahan organik.

☐ B. Nomor 1 termasuk produksi energi karena kandang sapi menghasilkan bahan bagi sumber energi.

☐ C. Nomor 3 termasuk produksi energi biomassa karena kotoran diubah menjadi gas yang dapat dibakar.

☐ D. Nomor 4 termasuk produksi energi biomassa karena gas yang dibakar menghasilkan nyala api.

☐ E. Nomor 6 termasuk produksi energi surya karena cahaya matahari diubah menjadi listrik untuk pompa.

8. Pada uji coba PLTS atap puskesmas di Desa Tirta Sari (2027), inverter menampilkan pesan "tegangan masukan DC melebihi batas". Modul tidak rusak dan kabel disambung persis sesuai gambar kerja. Gambar kerja merangkai 12 modul seri dalam satu string. Lembar spesifikasi: batas tegangan masukan inverter 500 V DC; tegangan terbuka (Voc) satu modul 45 V. Tahapan proyek: (1) survei lokasi; (2) menentukan jumlah modul dan susunannya; (3) membuat dudukan modul; (4) memasang dan menyambung modul serta kabel sesuai gambar kerja; (5) uji coba.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tahap yang harus diulang agar masalah teratasi adalah ....

A. Tahap (2), karena tegangan terbuka 12 modul seri melebihi batas masukan inverter
B. Tahap (1), karena cahaya di lokasi terlalu kuat sehingga tegangan modul melampaui batas inverter
C. Tahap (3), karena dudukan terlalu miring sehingga tegangan rangkaian modul menjadi terlalu tinggi
D. Tahap (4), karena kabel antarmodul disambung terbalik sehingga tegangan string menjadi terlalu tinggi
E. Tahap (5), karena uji coba lebih baik diulang pada hari mendung agar tegangan modul lebih rendah

9. Penggilingan padi di Desa Mekar Jaya (2027) menjalankan gasifier sekam yang menggerakkan mesin gas 30 kW. Operator dan warga memperdebatkan cara menangani dampaknya. Petugas lingkungan desa memeriksa pendapat mereka.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pendapat yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Air cucian tar dari pendingin gas aman dialirkan ke selokan karena suhunya sudah turun dan baunya tidak lagi menyengat.
☐ B. Abu sekam sisa gasifikasi dapat dimanfaatkan sebagai campuran media tanam, tidak perlu dibuang ke sungai.
☐ C. Gas yang belum terpakai saat mesin berhenti boleh dilepas langsung ke udara karena hanya berupa uap air dan asap tipis.
☐ D. Nyala pembakar gas yang berasap hitam menandakan sekam terlalu basah atau udara kurang, sehingga perlu diperiksa.
☐ E. Ruang gasifier perlu ventilasi baik dan detektor gas karena gasnya dapat mengandung karbon monoksida yang beracun.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

10. Zaki, lulusan SMK Teknik Energi Terbarukan (2027), memiliki sertifikat kompetensi perakitan dan pemeliharaan PLTS serta perkakas dasar. Di kecamatan asalnya terdapat 60 lampu jalan surya yang dipasang beberapa tahun lalu. Sekitar separuhnya padam karena baterai lemah dan pengendali pengisian rusak, dan tidak ada bengkel yang dapat memperbaikinya.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Peluang usaha yang paling sesuai bagi Zaki adalah ....

A. Membuka pabrik perakitan modul surya skala kecil untuk memasok seluruh kecamatan
B. Menyewakan genset bensin untuk menerangi jalan saat lampu surya sedang padam
C. Membuka jasa servis serta penggantian baterai dan pengendali lampu jalan surya
D. Menjual lampu hias berdaya besar untuk dipasang pada jalan-jalan di setiap desa
E. Memasang turbin angin kecil di setiap desa untuk menggantikan seluruh lampu jalan surya

11. Dua dusun memakai modul dan baterai 24 V yang identik dengan arah dan sudut pasang sama. Dusun A memakai pengendali pengisian PWM, Dusun B memakai MPPT. Energi yang masuk ke baterai pada satu hari tercatat:

Jam	Kondisi	Dusun A, PWM (Wh)	Dusun B, MPPT (Wh)
07.00–09.00	mendung, modul dingin	310	410
09.00–12.00	cerah, modul hangat	1.150	1.280
12.00–15.00	cerah, modul panas	1.040	1.120
15.00–17.00	mendung, modul dingin	270	350

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Kesimpulan yang paling tepat dari tabel adalah ....

A. MPPT menambah energi dalam jumlah yang sama pada setiap jam, sehingga keunggulannya tidak bergantung pada kondisi
B. MPPT hanya berguna saat mendung karena pada cuaca cerah selisih energinya tidak ada
C. PWM lebih unggul pada siang hari karena modul yang panas lebih cocok dengan pengendali sederhana
D. MPPT paling berguna pada siang yang panas karena cahaya paling kuat sehingga tambahannya terbesar
E. MPPT menambah energi pada semua jam, dengan persentase tambahan terbesar saat modul dingin

12. Dua desa akan memasang PLTS pompa irigasi dengan pelacak matahari (tracker) satu sumbu. Dibanding rangka tetap, pelacak menambah produksi harian, tetapi memiliki motor dan sambungan bergerak yang harus dilumasi dan diperiksa tiap bulan, serta perlu dilindungi dari angin kencang. Desa P: sawah terbuka di dataran, teknisi kelompok tani

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

datang tiap minggu. Desa Q: bukit terpencil dengan angin kencang sepanjang tahun, teknisi datang tiga bulan sekali.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pernyataan yang tepat adalah ....

A. Pelacak lebih cocok di Desa P karena perawatan bagian geraknya terjamin dan anginnya tidak merusak
B. Pelacak lebih cocok di Desa Q karena bukit mendapat cahaya lebih banyak sehingga tambahannya terbesar
C. Pelacak cocok di kedua desa karena tambahan produksi harian lebih penting daripada perawatan
D. Pelacak tidak cocok di kedua desa karena rangka tetap selalu menghasilkan lebih banyak listrik
E. Pelacak lebih cocok di Desa Q karena motornya cukup diperiksa tiga bulan sekali sesuai jadwal teknisi

13. Pabrik kelapa sawit milik sebuah koperasi di Riau (2027) mencatat empat kegiatan: (1) cangkang dan serat sawit dibakar di ketel sehingga menghasilkan uap bertekanan; (2) uap memutar turbin yang menggerakkan generator listrik; (3) uap bekas turbin dipakai merebus tandan buah; (4) listrik generator dipakai untuk penerangan dan motor pabrik.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Dua kegiatan yang merupakan tahap produksi listrik dari biomassa, yaitu mengubah bahan bakar menjadi listrik, adalah ....

A. (1) dan (2)
B. (1) dan (3)
C. (2) dan (4)
D. (3) dan (4)
E. (1) dan (4)

14. Lia, lulusan SMK Teknik Energi Terbarukan (2027), mahir memakai alat ukur debit, anemometer, dan alat ukur lainnya. Ia senang berjalan di lapangan, tidak dapat bekerja di ketinggian, tidak dapat bekerja malam karena merawat orang tua yang sakit, dan belum pernah memakai perangkat lunak gambar. Sebuah perusahaan membuka empat lowongan:

Posisi	Tugas utama	Syarat khusus
Teknisi pemasang PLTS atap	memasang rangka, modul, dan kabel di atap	bekerja di ketinggian
Operator PLTMH	menjalankan, memantau, dan mencatat kerja pembangkit	kerja bergilir termasuk malam
Surveyor potensi energi	mengukur debit sungai, kecepatan angin, dan cahaya di calon lokasi	berjalan di medan tanpa jalan
Juru gambar CAD	menggambar tata letak dan diagram satu garis	menguasai perangkat lunak gambar

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Lowongan yang paling sesuai bagi Lia adalah ....

A. Teknisi pemasang PLTS atap, karena ia terampil memakai alat ukur dan senang bekerja di lapangan
B. Surveyor potensi energi, karena memakai alat ukur yang ia kuasai tanpa ketinggian dan kerja malam
C. Operator PLTMH, karena ia memahami cara kerja pembangkit dan terbiasa memantau alat ukur
D. Juru gambar CAD, karena pekerjaannya di kantor sehingga tidak ada ketinggian dan kerja malam
E. Teknisi pemasang PLTS atap, karena sertifikat kerja di ketinggian dapat diurus setelah diterima

15. Setelah PLTMH Desa Karang Anyar (2027) beroperasi, seluruh debit sungai kecil dibelokkan ke saluran pembawa. Pada kemarau, sekitar 300 m sungai di bawah bendung kering, ikan di sana mati, dan petani hilir kesulitan air. Daya PLTMH sendiri tetap stabil.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Penanganan yang paling tepat adalah ....

A. Memperbesar pipa pesat agar air yang dialirkan ke turbin lebih lancar dan sungai tidak kering
B. Mengganti turbin dengan jenis yang lebih efisien agar air yang dipakai pembangkit makin sedikit
C. Menambah bak pengendap agar air yang kembali ke sungai menjadi lebih jernih
D. Membuat kolam ikan di dekat bak penenang untuk mengganti ikan yang mati di sungai
E. Menyisakan sebagian aliran di bendung agar sungai di bawah bendung tetap berair

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

16. Citra, lulusan SMK Teknik Energi Terbarukan (2027), melamar sebagai teknisi pemasang PLTS atap. Syarat lowongan: (a) membaca gambar kerja dan diagram satu garis; (b) memasang rangka dan modul di atap; (c) memiliki sertifikat kompetensi pemasangan PLTS atau bersedia mengikuti uji kompetensi dalam tiga bulan setelah diterima; (d) bersedia bekerja di ketinggian dengan alat penahan jatuh. Citra mahir membaca diagram satu garis, belum pernah bekerja di atap, hanya memiliki sertifikat pengoperasian PLTMH, dan siap mengikuti pelatihan serta uji kompetensi.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Penilaian yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Syarat (a) sudah dipenuhi karena Citra mahir membaca diagram satu garis.
☐ B. Sertifikat pengoperasian PLTMH sudah memenuhi syarat (c) karena sama-sama bidang energi terbarukan.
☐ C. Syarat (b) dan (d) belum dipenuhi sekarang, tetapi dapat dipenuhi lewat pelatihan dan praktik di bawah pengawasan teknisi senior.
☐ D. Syarat (c) tetap dapat dipenuhi melalui kesediaannya mengikuti uji kompetensi, walaupun ia belum memiliki sertifikat pemasangan.
☐ E. Citra sebaiknya langsung bekerja sebagai pemasang tunggal di atap karena mahir membaca diagram.

17. Kelompok pemuda SMK di Desa Tirta Sari (2027) mempelajari turbin ulir (screw) sebagai teknologi hidro yang makin dipakai pada saluran irigasi bertinggi jatuh rendah. Saluran di desa mereka memiliki tinggi jatuh 3 m dan debit 250 L/s. Tabel rentang kerja empat jenis turbin:

Jenis turbin	Tinggi jatuh yang cocok	Debit yang cocok
Pelton	40–500 m	5–300 L/s
Aliran silang	5–100 m	20–1.000 L/s
Francis	10–300 m	100–10.000 L/s
Ulir	1–6 m	100–5.000 L/s

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Turbin yang paling sesuai dengan saluran itu adalah ....

A. Pelton, karena debit 250 L/s berada dalam rentang debit yang cocok bagi turbin jenis itu
B. Aliran silang, karena tinggi jatuh 3 m hampir mencapai batas bawah rentang turbin itu
C. Francis, karena debit 250 L/s berada dalam rentang debit yang cocok bagi turbin jenis itu
D. Ulir, karena tinggi jatuh 3 m dan debit 250 L/s keduanya berada dalam rentang turbin itu
E. Tidak ada, karena tinggi jatuh 3 m terlalu rendah bagi semua jenis turbin pada tabel

18. Lampu jalan di Desa Tirta Sari (2027) tersusun dari modul surya dan lampu LED yang disambung langsung, tanpa baterai. Warga mengeluh lampu menyala terang pada siang hari tetapi padam begitu senja tiba, padahal modul bersih dan tidak ternaungi.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tindakan yang paling tepat adalah ....

A. Menambah satu modul surya agar lampu menyala lebih terang saat senja tiba
B. Membersihkan modul setiap sore agar produksi listrik saat senja menjadi bertambah
C. Menambah baterai dan pengendali pengisian agar energi siang tersimpan untuk malam
D. Memiringkan modul menghadap barat agar senja masih menerima banyak cahaya matahari
E. Mengganti lampu LED dengan lampu berdaya lebih kecil agar dapat menyala sampai malam

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

19. Wulan, lulusan SMK Teknik Energi Terbarukan (2027), bersertifikat pengoperasian PLTMH dan terampil mencatat logbook serta mengukur tegangan dan frekuensi. Ia belum bersertifikat kerja di ketinggian dan tidak memiliki kendaraan. Tiga desa bertetangga (jarak 3–5 km jalan kaki) memiliki PLTMH piko yang dijalankan warga yang sering berganti dan belum dilatih; pembangkit sering mati karena saringan sampah tersumbat dan beban berlebih.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Peluang usaha yang paling sesuai bagi Wulan adalah ....

A. Jasa pemasangan PLTS atap di rumah warga tiga desa agar bebas dari gangguan PLTMH
B. Jasa pembuatan turbin baru berukuran lebih besar untuk menggantikan turbin yang sering mati
C. Jasa penjualan baterai dan inverter cadangan untuk dipasang di setiap rumah warga
D. Jasa pelatihan operator dan kunjungan perawatan terjadwal untuk ketiga PLTMH desa tetangga
E. Jasa pembersihan saringan sampah setiap hari di ketiga PLTMH dengan berjalan kaki bergantian

20. Siswa SMK mengunjungi sebuah kawasan agroindustri di Kalimantan Selatan (2027) dan mengelompokkan kegiatan listrik atau panasnya menurut sumber energi. Guru meminta mereka memeriksa pengelompokan yang dibuat.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pengelompokan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Ketel yang membakar serbuk gergaji dan kulit kayu untuk menghasilkan uap pemutar turbin termasuk energi biomassa.
☐ B. Tungku pengering yang membakar limbah plastik kemasan pupuk termasuk energi biomassa karena limbah itu juga dibuang pabrik.
☐ C. Pompa irigasi berlistrik jaringan PLN yang mengalirkan air ke ladang termasuk energi air karena yang dipindahkan adalah air.
☐ D. Turbin kecil pada pipa terjun dari tandon di bukit ke kolam pabrik yang memutar generator termasuk energi air.
☐ E. Genset solar yang menyala saat listrik padam termasuk energi biomassa karena solar berasal dari tumbuhan purba.

21. Dusun Teluk Biru (2027) memiliki 150 keluarga pembudidaya rumput laut dan tambak. Data dusun: 15 pompa tambak memakai solar; dari 40 lampu jalan surya, 11 padam; sungai kecilnya kering delapan bulan setahun; ternak hanya 20 ekor sapi. Tiga lulusan SMK Teknik Energi Terbarukan ingin membuka usaha di dusun itu.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Peluang usaha yang sesuai adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Pembangunan PLTMH di sungai dusun karena PLTMH memberi daya paling stabil bagi semua dusun pesisir.

☐ B. Jasa servis dan penggantian baterai serta pengendali lampu jalan surya karena 11 dari 40 lampu padam.

☐ C. Pemasangan PLTS kecil untuk pompa tambak karena dusun terik dan pompa memakai solar.

☐ D. Pembuatan digester biogas skala besar karena peternakan dusun menghasilkan banyak kotoran.

☐ E. Pabrik perakitan modul surya karena semua dusun memerlukan modul surya.

22. Sejak lahan di tepi sungai hulu dibuka untuk ladang jagung, air sungai di dekat PLTMH Desa Cinta Mulya (2027) keruh setiap hujan. Bak pengendap pasir terisi penuh tiap dua minggu, saringan sering tersumbat lumpur, dan turbin cepat aus. Pengelola mencari penanganan yang mengatasi sumber masalah tanpa menghentikan pembangkit.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Penanganan yang paling tepat adalah ....

A. Menguras bak pengendap setiap hari agar tidak penuh, tanpa mengubah keadaan di hulu

B. Menanam penahan tanah di tepi sungai hulu sambil tetap menguras bak pengendap berkala

C. Mengganti turbin dengan jenis yang lebih tahan aus karena pasir tanpa mengubah penyebab di hulu

D. Menutup intake sepanjang musim hujan agar lumpur tidak masuk, lalu memakai genset

E. Memperkecil lubang saringan di intake agar pasir halus tidak masuk ke saluran pembawa

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

23. Dusun Karang Mulya (2027) memakai PLTS 20 kWp dan PLTMH 15 kW pada satu jaringan. Pada musim hujan, sungai berdebit besar tetapi awan sering menutup matahari; pada kemarau, matahari cerah tetapi debit sungai turun. Siswa PKL menulis tiga pernyataan tentang gabungan kedua pembangkit itu.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Pada musim hujan PLTMH menjadi sumber utama, sedangkan produksi PLTS menurun karena awan tebal.	○	○
Pada kemarau malam hari, PLTS tetap membantu PLTMH karena modulnya menyimpan listrik hasil siang hari.	○	○
Pada kemarau, tambahan jam cerah dapat menutup sebagian kekurangan daya PLTMH di siang hari, tetapi tidak di malam hari.	○	○

24. Pabrik pengolahan kayu di Kalimantan Tengah (2027) membandingkan dua bahan bakar untuk gasifier: kayu cacah dan pelet kayu.

Ciri	Kayu cacah	Pelet kayu
Kadar air	30%	8%
Ukuran	2–10 cm, tidak seragam	diameter 6 mm, seragam
Nilai kalor	12 MJ/kg	17 MJ/kg
Massa jenis curah	250 kg/m³	650 kg/m³

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Pelet lebih mudah mengalir seragam ke gasifier karena ukurannya seragam, sedangkan kayu cacah lebih mudah menyumbat jalur umpan.	○	○
Satu karung 25 kg pelet mengandung energi lebih kecil daripada satu karung 25 kg kayu cacah karena pelet lebih padat.	○	○
Setiap 1 m³ ruang simpan menampung energi lebih banyak pada kayu cacah karena potongannya besar.	○	○

25. Kelompok tani di Dusun Hulu Raya (2027) memasang pompa air surya DC yang tersambung langsung dari modul ke pompa, tanpa baterai. Pompa mengisi tangki air di bukit yang kemudian dialirkan ke kebun lewat pipa. Teknisi menjelaskan cara kerja dan keterbatasan sistem itu, lalu petani menilai penjelasannya.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Penjelasan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Tangki di tempat tinggi menyimpan energi sebagai air yang dapat dialirkan kapan saja, tanpa baterai.

☐ B. Debit air yang dipompa berubah mengikuti kuat cahaya: besar saat cerah, kecil saat mendung.

☐ C. Pompa tetap memberi debit penuh saat mendung karena motornya sudah dirancang untuk bekerja pada cahaya lemah.

☐ D. Tangki yang lebih besar membuat air hasil hari cerah melayani kebun lebih lama saat berawan.

☐ E. Sistem ini memerlukan genset cadangan agar kebun tetap dialiri air pada malam hari ketika modul tidak bekerja.

Tabel skor dan anjuran

Sub bab / subtopik	Nomor soal	Benar	Jika kurang separuh benar
Sub bab 1.1 · Tahapan dan proses aktivitas produksi energi terbarukan	1, 2, 3, 4, 8	___ / 5	Ulangi hlm. 11
Sub bab 1.2 · Contoh aktivitas produksi energi air, bayu, surya, dan biomassa	5, 6, 7, 13, 20	___ / 5	Ulangi hlm. 23
Sub bab 1.3 · Isu utama energi terbarukan: teknis dan lingkungan	9, 15, 18, 22, 23	___ / 5	Ulangi hlm. 36
Sub bab 1.4 · Perkembangan teknologi terkini dalam energi terbarukan	11, 12, 17, 24, 25	___ / 5	Ulangi hlm. 48
Sub bab 1.5 · Jenis profesi dan peluang usaha	10, 14, 16, 19, 21	___ / 5	Ulangi hlm. 60

Skor 70 % atau lebih: lanjut ke bab berikutnya. Skor 50–69 %: ulangi sub bab pada tabel yang kurang dari separuh benar. Skor di bawah 50 %: baca ulang bab ini dari awal. (Angka ini anjuran belajar, bukan prediksi nilai TKA.)

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Bab 2 · Kecakapan Kerja Dasar Teknik Energi Terbarukan

SMKTET-B2

Setelah mempelajari bab ini, kamu dapat:

- menyebutkan komponen utama dan menjelaskan prinsip kerja pembangkit hidro, surya, bayu, dan biomassa
- menelusuri penyebab gangguan pembangkit dari gejala yang teramati
- menerapkan urutan prosedur pengoperasian dan K3LH, termasuk isolasi listrik dan kerja di ketinggian
- menerapkan budaya kerja industri energi terbarukan

Peta bab

Sub bab	Judul
2.1	Komponen utama dan prinsip kerja pembangkit listrik tenaga hidro
2.2	Komponen utama dan prinsip kerja pembangkit listrik tenaga surya
2.3	Komponen utama dan prinsip kerja pembangkit listrik tenaga bayu
2.4	Komponen utama dan prinsip kerja pembangkit listrik tenaga biomassa
2.5	Prosedur dasar pengoperasian pembangkit dengan memperhatikan K3LH
2.6	Budaya kerja industri bidang energi terbarukan

Bab 2 di LMS

Buka seluruh latihan bab ini di LMS.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktet&node=SMKTET-B2

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 2.1 · Komponen utama dan prinsip kerja pembangkit listrik tenaga hidro

SMKTET-2.1

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu mengenali **pekerjaan dasar pada pembangkit listrik tenaga air**: nama dan tugas komponen utamanya, cara kerjanya secara sederhana, dan apa yang terjadi bila ada bagian yang terganggu. Soal biasanya menceritakan sebuah PLTMH desa. Kadang disertai gambar tata letak yang bagian-bagiannya diberi nomor. Kamu diminta **menyebut fungsi bagian bernomor**, **menjelaskan sebab sebuah kejadian**, atau **menentukan tindakan yang benar** ketika terjadi gangguan.

Jangan khawatir bila istilahnya terasa asing. Seluruh komponen dijelaskan dari awal di sini, mengikuti jalan air dari sungai sampai kembali ke sungai. Dengan cara itu kamu tidak perlu menghafal daftar, karena urutan bagian-bagiannya sama dengan urutan aliran air.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan mengapa tinggi jatuh dan debit menentukan daya pembangkit hidro;
- menyebutkan komponen utama PLTMH berurutan dari hulu ke hilir beserta tugasnya;
- memilih jenis turbin menurut tinggi jatuh dan debit lokasi;
- menjelaskan tugas pengendali beban elektronik (ELC) dan beban penyeimbang (*ballast*);
- menjelaskan pukulan air dan cara mencegahnya;
- menelusuri sebab gangguan khas PLTMH dari hulu ke hilir.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Air yang berada di tempat tinggi menyimpan energi. Ketika air itu dialirkan turun melalui pipa, energi tersimpan tadi berubah menjadi energi gerak dan tekanan, lalu memutar turbin. Turbin memutar generator, dan generator menghasilkan listrik. Itulah **pembangkit listrik tenaga hidro**. Dalam buku ini kata "hidro" dipakai untuk semua pembangkit tenaga air, baik **PLTA** (pembangkit listrik tenaga air, biasanya besar dengan waduk) maupun **PLTMH** (pembangkit listrik tenaga mikrohidro). Mikrohidro berukuran kecil dan banyak dipakai di desa yang dekat sungai atau saluran irigasi. Yang lebih kecil lagi disebut **pikohidro**, umumnya di bawah 5 kW. Kebanyakan PLTMH mengalirkan air sungai tanpa waduk besar. Bendungnya kecil dan hanya berfungsi menaikkan muka air agar mudah dialirkan ke saluran.

1. Dua syarat daya: tinggi jatuh dan debit

Daya hidro ditentukan oleh dua hal.

1. **Tinggi jatuh** (simbol H, satuan meter): selisih tinggi antara muka air di mulut pipa pesat

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

(bak penenang) dan turbin. Makin tinggi, makin besar tekanan air yang sampai ke turbin.

2. **Debit** (simbol Q, satuan m^3/detik atau liter/detik): banyaknya air yang mengalir tiap detik. Makin banyak air yang melewati turbin, makin besar daya yang diperoleh.

Hubungan sederhananya ditulis $P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot \eta$. Di sini P adalah daya listrik (watt), ρ massa jenis air (1.000 kg/m^3), g percepatan gravitasi (kira-kira 9,8 m/s^2), dan η efisiensi seluruh sistem dari air sampai listrik (angka antara 0 dan 1, misalnya 0,6). Asal-usul rumus ini dibahas rinci di Bab 4. Untuk sub bab ini cukup kamu pegang dua akibatnya: **daya sebanding dengan tinggi jatuh dikali debit**, dan **bila salah satunya turun, daya ikut turun**.

Ada satu hal yang sering terlewat. Tinggi jatuh yang dihitung dari peta atau alat ukur disebut **tinggi jatuh kotor**. Sebagian tinggi itu "hilang" karena air bergesekan dengan dinding pipa. Tinggi jatuh yang benar-benar sampai ke turbin disebut **tinggi jatuh efektif**, dan inilah yang dipakai menghitung daya.

Energi di PLTMH berubah bentuk berkali-kali: energi potensial air (karena tinggi) menjadi energi gerak dan tekanan di pipa, lalu energi putar poros turbin, lalu energi listrik di generator.

2. Komponen sepanjang aliran air

Cara paling mudah mengenal PLTMH adalah mengikuti air dari hulu ke hilir. Lihat Gambar 2.1 dan baca tabel berikut dengan nomor yang sama.

No.	Komponen	Tugas	Bila terganggu
1	**Bendung kecil**	menaikkan dan menahan muka air sungai agar sebagian air bisa dibelokkan	bocor atau jebol: air ke intake berkurang
2	**Intake** (pintu air dan saringan kasar)	mengatur air yang masuk; saringan menahan batang kayu, daun, dan sampah besar	saringan tersumbat: debit turun; pintu ditutup saat banjir untuk membatasi pasir dan sampah
3	**Bak pengendap**	memperlambat air sehingga pasir dan lumpur mengendap; endapan dikuras berkala lewat pintu kuras	penuh pasir: pasir masuk ke pipa dan menggerus turbin, debit turun
4	**Saluran pembawa**	mengalirkan air dengan kemiringan landai menuju bak penenang	longsor atau bocor: air berkurang
5	**Bak penenang** (*forebay*)	menenangkan aliran, menahan sampah halus dengan saringan, dan menjaga kedalaman air di mulut pipa pesat	muka air terlalu rendah: udara dapat terisap ke pipa; saringan buntu: debit turun
6	**Pipa pesat** (*penstock*)	menyalurkan air bertekanan dari bak penenang turun ke turbin	bocor di sambungan; getaran atau dentuman bila aliran dihentikan mendadak
7	**Katup utama**	membuka dan menutup aliran ke turbin	ditutup mendadak: pukulan air
8	**Turbin**	mengubah energi air menjadi putaran poros	sudu aus atau tersumbat: daya turun, bunyi kasar

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

9	**Generator**	mengubah putaran menjadi listrik, biasanya dengan frekuensi 50 Hz	bantalan panas, tegangan dan frekuensi tidak stabil
10	**Panel dan pengendali beban**	mengatur dan menyalurkan listrik ke warga, menjaga beban generator tetap	rusak: tegangan dan frekuensi naik turun
11	**Saluran buang**	mengembalikan air yang sudah melewati turbin ke sungai di hilir	tersumbat: air menahan turbin



Gambar 2.1 Penampang memanjang PLTMH dengan sebelas bagian utama dari bendung sampai saluran buang; tinggi jatuh (H) diukur dari muka air bak penenang sampai sumbu turbin. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Ada dua pasang komponen yang sering tertukar. **Bak pengendap** (nomor 3) mengendapkan pasir, sedangkan **bak penenang** (nomor 5) menenangkan aliran dan menahan sampah halus sebelum masuk pipa. Keduanya berbentuk bak, tetapi tugasnya berbeda. Pasangan kedua adalah **saringan kasar** di intake dan **saringan halus** di bak penenang: saringan pertama menahan benda besar, yang kedua menahan benda yang lolos.

Mengapa pasir dan sampah diperlakukan seserius itu? Air yang masuk pipa pesat meluncur dengan kecepatan tinggi. Pasir di dalamnya bekerja seperti amplas yang menggerus sudu turbin. Sampah yang lolos dapat menyumbat nosel atau runner. Karena itu pencegahan di hulu (saringan, bak pengendap) jauh lebih murah daripada memperbaiki turbin.

3. Memilih jenis turbin

Turbin adalah komponen yang mengubah air menjadi putaran. Tidak ada satu turbin yang cocok untuk semua lokasi. Pemilihannya menurut **tinggi jatuh** dan **debit** (Gambar 2.2). Ada dua cara

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

kerja dasar:

- **Turbin impuls**: air lebih dulu dijadikan semprotan kecepatan tinggi lewat nosel, lalu menumbuk sudu-sudu yang berputar di udara. Contohnya turbin **Pelton**.
- **Turbin reaksi**: runner terendam air, dan tekanan air turun ketika melewati sudu sehingga runner terdorong. Contohnya turbin **Francis** dan turbin **propeller** (baling-baling).

Turbin **crossflow** (aliran silang) menggabungkan sifat keduanya: air melewati runner berbentuk drum dua kali. Bentuknya sederhana, dapat dibuat bengkel setempat, dan cukup tahan terhadap sampah. Karena itu banyak dipakai di desa. Untuk tinggi jatuh yang sangat rendah dengan debit besar dipakai turbin propeller atau ulir (*screw*), mirip ulir Archimedes.



Gambar 2.2 Daerah kerja kira-kira tiap jenis turbin menurut tinggi jatuh dan debit, beserta cara kerjanya. Angkanya perkiraan; pabrik turbin memberi daerah kerja yang tepat. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Aturan praktisnya: **tinggi jatuh tinggi dengan debit kecil** cocok untuk Pelton (sekitar 50 m ke atas); **tinggi jatuh rendah sampai sedang** cocok untuk crossflow; **tinggi jatuh sedang sampai tinggi dengan debit sedang sampai besar** cocok untuk Francis; **tinggi jatuh sangat rendah dengan debit besar** cocok untuk propeller atau ulir. Dua lokasi dengan daya yang hampir sama bisa memerlukan turbin yang sangat berbeda, seperti terlihat di Contoh 2.

4. Generator, beban, dan pengendali beban

Generator harus berputar pada kecepatan tertentu supaya frekuensi listriknya 50 Hz seperti listrik PLN. Putaran turbin dapat disambungkan langsung ke generator, atau lewat puli dan sabuk bila kecepatannya berbeda.

Persoalannya, beban warga selalu berubah. Siang hari hanya sedikit lampu menyala, malam hari banyak. Bila air yang masuk turbin dibiarkan tetap, sedangkan beban warga turun, daya yang tidak terpakai tidak hilang begitu saja. Daya itu mempercepat putaran turbin dan generator,

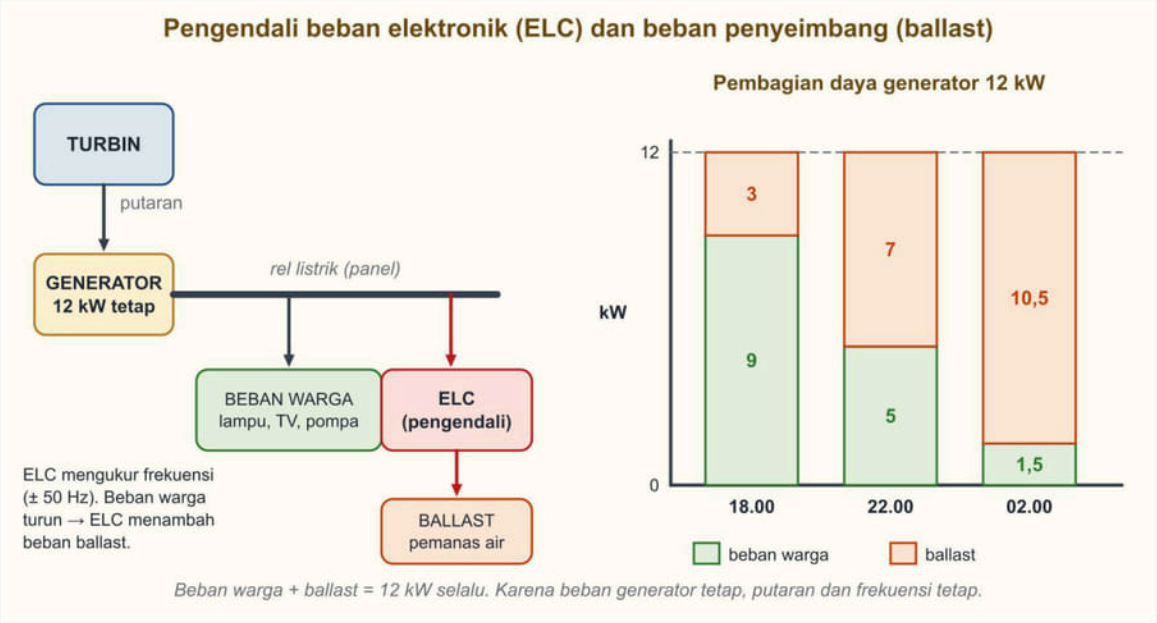
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

sehingga **frekuensi dan tegangan naik**. Lampu dan alat listrik warga dapat rusak. Sebaliknya, bila beban naik melebihi daya, putaran melambat dan frekuensi turun.

Ada dua cara menjaga putaran tetap:

1. **Mengatur air** (*governor* mekanis atau hidraulik): bukaan air ke turbin disesuaikan dengan beban. Cara ini lambat dan alatnya mahal.
2. **Menjaga beban generator tetap** dengan **pengendali beban elektronik** (*electronic load controller*, **ELC**). ELC memantau frekuensi atau tegangan. Begitu beban warga turun, ELC mengalihkan kelebihan daya ke **beban penyeimbang** (*ballast*), yaitu elemen pemanas, misalnya pemanas air. Panas dari ballast dapat dimanfaatkan untuk menghangatkan air, tetapi tujuan utamanya menyerap daya yang tidak dipakai. Dengan begitu beban total generator tetap, putaran stabil, dan bukaan air tidak perlu diubah.

Gambar 2.3 memperlihatkan pembagian daya generator 12 kW pada tiga jam berbeda. Jumlah beban warga dan ballast selalu 12 kW.



Gambar 2.3 Diagram blok ELC dan ballast, serta pembagian daya generator 12 kW antara beban warga dan ballast pada pukul 18.00, 22.00, dan 02.00 (angka contoh). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Perhatikan dua hal penting. Pertama, **ELC tidak mengatur air**; ELC hanya mengatur ke mana listrik dialirkan. Menutup katup bukan tugasnya. Kedua, ballast harus **selalu tersambung dan sanggup menyerap seluruh daya generator** bila warga mematikan semua beban. Karena itu ballast perlu pendingin yang baik: ballast pemanas air direndam dalam bak berisi air yang cukup.

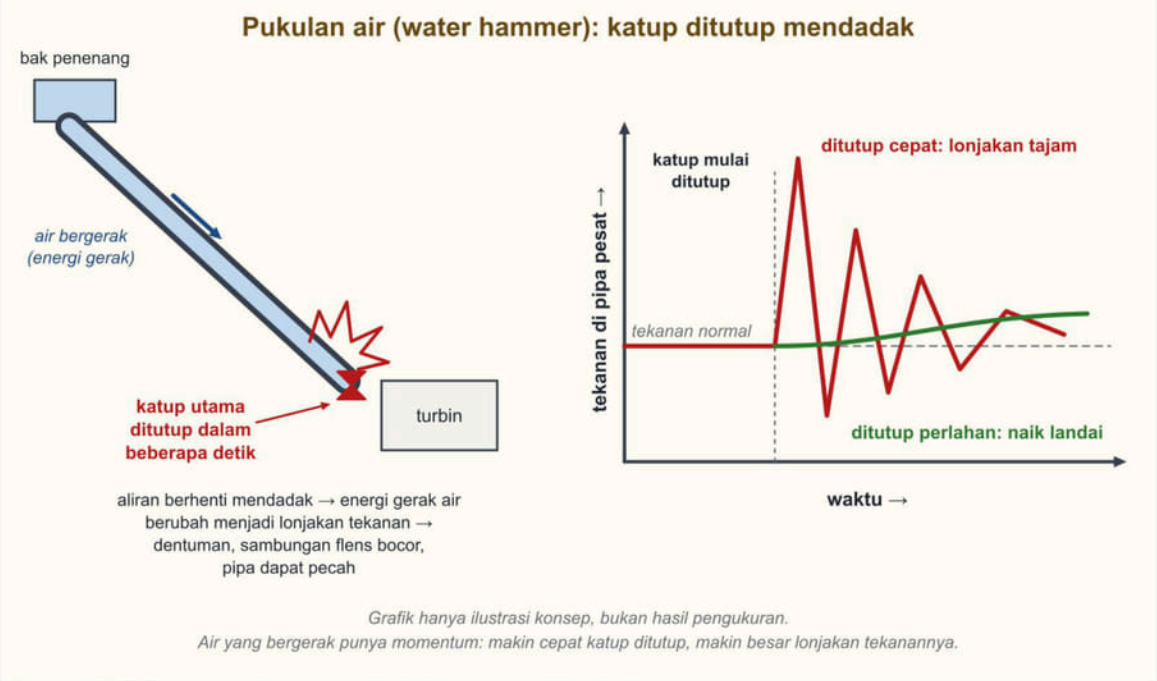
5. Pukulan air

Air dalam pipa pesat bergerak cepat dan beratnya besar. Air yang bergerak punya **momentum**: ia "ingin" terus bergerak. Bila katup utama ditutup mendadak, aliran terhenti dalam sekejap dan seluruh energi geraknya berubah menjadi **lonjakan tekanan** yang menjalar di sepanjang pipa. Gejalanya dentuman keras, pipa bergetar, dan sambungan flens atau las yang lemah dapat bocor

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

atau pecah. Peristiwa ini disebut **pukulan air** (*water hammer*) dan terjadi juga di pipa rumah tangga ketika keran ditutup cepat, hanya skalanya jauh lebih kecil.

Lihat Gambar 2.4. Semakin cepat katup ditutup, semakin tinggi lonjakannya. Karena itu pencegahannya sederhana dan tegas: **katup utama dibuka dan ditutup perlahan** sesuai prosedur kerja. Dalam keadaan darurat sekalipun, menutup katup secepat mungkin justru dapat memperparah kerusakan. Pembangkit yang lebih besar memakai alat peredam seperti tangki gelombang (*surge tank*), tetapi di PLTMH desa pencegahan utamanya adalah kebiasaan operator.



Gambar 2.4 Penutupan katup mendadak menimbulkan lonjakan tekanan di pipa pesat; penutupan perlahan membuat tekanan naik landai. Grafik hanya ilustrasi konsep. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

6. Gangguan khas dan cara menelusurinya

Hampir semua gangguan PLTMH berhubungan dengan air yang berkurang, benda yang tersangkut, atau beban yang berubah. Cara menelusuri yang paling andal adalah **mengikuti aliran dari hulu ke hilir**, lalu mencocokkan gejala dengan komponen yang bertanggung jawab.

Gejala	Dugaan sebab	Pemeriksaan dan tindakan
Daya turun perlahan setelah hujan	pasir masuk, bak pengendap penuh, saringan tersumbat	periksa bak pengendap dan saringan; kuras endapan, bersihkan saringan
Daya turun pada musim kemarau	debit sungai berkurang	ukur muka air dan debit (Bab 5); sesuaikan jumlah beban
Muka air bak penenang turun, pipa bergetar	udara terisap atau saringan buntu	bersihkan saringan, jaga muka air di atas mulut pipa
Dentuman saat katup ditutup	penutupan terlalu cepat	tutup perlahan; periksa sambungan pipa
Frekuensi dan tegangan naik saat beban turun	ELC atau ballast tidak bekerja	periksa ELC, elemen ballast, dan kabelnya
Bunyi kasar dan suhu bantalan naik	bantalan aus atau kurang pelumas	turunkan beban, catat, laporkan, jadwalkan perawatan
Air keruh berlebih di saluran buang	sudu turbin aus oleh pasir	periksa bak pengendap, jadwalkan pemeriksaan turbin

Pembersihan saringan di hulu dilakukan dengan mengurangi atau menutup aliran dari intake lebih dulu sesuai prosedur, bukan dengan memasukkan tangan ke saringan ketika aliran masih deras. Pekerjaan di tepi saluran dan bak berisi air juga mengandung bahaya tenggelam, sehingga operator bekerja berpasangan dan memakai alat pelindung diri (dibahas pada sub bab 2.5).

Contoh 1 — Menelusuri sebab daya PLTMH yang turun

PLTMH Dusun Tanjung Asri (2027) dirancang berdaya 11,76 kW dengan tinggi jatuh efektif 20 m, debit 100 liter/detik, dan efisiensi sistem 0,6. Dua hari setelah hujan lebat di hulu, daya terbaca hanya 7,5 kW. Operator menemukan muka air di bak penenang turun 0,6 m dari biasanya, sehingga tinggi jatuh efektif menjadi 19,4 m. Saringan kasar di intake bersih, tetapi bak pengendap penuh pasir sampai hampir ke mulut saluran. Telusuri sebab daya turun dan tentukan tindakannya. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. Hitung daya rancangan: $P = 1.000 \times 9{,}8 \times 0{,}1 \times 20 \times 0{,}6 = 11.760$ W = 11,76 kW. Angka ini cocok dengan data dusun.
2. Hitung perbandingan daya sekarang terhadap rancangan: $7{,}5 \div 11{,}76 \approx 0{,}64$. Daya tinggal sekitar 64 %.
3. Hitung perbandingan tinggi jatuh: $19{,}4 \div 20 = 0{,}97$. Tinggi jatuh hanya turun 3 %, jadi tinggi jatuh bukan penyebab utama.
4. Karena daya sebanding dengan $Q \times H$, perbandingan debit adalah $0{,}64 \div 0{,}97 \approx 0{,}66$.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Debit tinggal sekitar 66 liter/detik, atau turun sepertiganya.

5. Cari penyebab debit berkurang dari hulu ke hilir. Intake dan saringan kasar bersih, jadi bukan di sana. Bak pengendap penuh pasir sehingga aliran tersumbat. Inilah penyebab yang cocok.
6. Tindakan: kurangi aliran dengan menutup pintu intake sesuai prosedur, kuras bak pengendap lewat pintu kuras, buka kembali aliran perlahan, lalu periksa daya. Setelah itu periksa seberapa cepat pasir mengendap lagi dan tentukan jadwal pengurasan.

Jawaban: penyebabnya **debit turun karena bak pengendap penuh pasir**, bukan generator atau turbin. Tindakannya menguras bak pengendap, lalu mencatat kejadian di logbook.

Contoh 2 — Memilih jenis turbin dari data dua lokasi

Dua desa di Nusa Tenggara akan membangun PLTMH pada 2027. Hasil survei lokasi A: tinggi jatuh efektif 75 m, debit musim kemarau 14 liter/detik. Lokasi B: tinggi jatuh efektif 3 m, debit 500 liter/detik. Pilih jenis turbin untuk masing-masing dan bandingkan dayanya dengan efisiensi 0,6. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. Ubah satuan debit ke m^3/detik: lokasi A $14 \div 1.000 = 0{,}014\ \text{m}^3$/detik; lokasi B $500 \div 1.000 = 0{,}5\ \text{m}^3$/detik.
2. Lokasi A memiliki tinggi jatuh tinggi dan debit kecil. Menurut Gambar 2.2, daerah ini cocok untuk turbin **Pelton**.
3. Lokasi B memiliki tinggi jatuh sangat rendah dan debit besar. Daerah ini cocok untuk turbin **propeller atau ulir**. Crossflow kurang tepat karena tinggi jatuh 3 m terlalu rendah untuknya.
4. Daya lokasi A: $P = 1.000 \times 9{,}8 \times 0{,}014 \times 75 \times 0{,}6 = 6.174$ W, kira-kira 6,2 kW.
5. Daya lokasi B: $P = 1.000 \times 9{,}8 \times 0{,}5 \times 3 \times 0{,}6 = 8.820$ W, kira-kira 8,8 kW.

Jawaban: lokasi A memakai **Pelton** (± 6,2 kW), lokasi B memakai **propeller atau ulir** (± 8,8 kW). Dayanya sama-sama beberapa kilowatt, tetapi kombinasi tinggi jatuh dan debitnya jauh berbeda, sehingga jenis turbinnya pun berbeda.

Contoh 3 — Membagi daya antara beban warga dan ballast

Generator PLTMH di Dusun Tanjung Asri menghasilkan 12 kW dengan bukaan air tetap. Beban warga tercatat 9 kW pukul 18.00, 5 kW pukul 22.00, dan 1,5 kW pukul 02.00. Hitung daya yang diserap ballast pada setiap jam. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. Prinsip ELC: beban total generator selalu 12 kW, sehingga daya ballast = 12 kW − beban warga.
2. Pukul 18.00: $12 - 9 = 3$ kW diserap ballast.
3. Pukul 22.00: $12 - 5 = 7$ kW.
4. Pukul 02.00: $12 - 1{,}5 = 10{,}5$ kW.
5. Pada ketiga jam itu beban generator tetap 12 kW, sehingga putaran dan frekuensi tetap.

Jawaban: ballast menyerap **3 kW, 7 kW, dan 10,5 kW** berturut-turut. Pada pukul 02.00 hampir seluruh daya masuk ke ballast, sehingga elemen pemanas harus mampu menyerap sampai 12

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

kW tanpa kepanasan.

Ringkasan bagian ini

PLTMH mengubah energi potensial air menjadi listrik melalui urutan: bendung dan intake, bak pengendap, saluran pembawa, bak penenang, pipa pesat, katup, turbin, generator, saluran buang. Daya sebanding dengan tinggi jatuh efektif dikali debit. Turbin dipilih menurut tinggi jatuh dan debit. ELC menjaga beban generator tetap dengan mengalihkan kelebihan daya ke ballast. Katup utama selalu ditutup perlahan agar tidak terjadi pukulan air. Gangguan ditelusuri dari hulu ke hilir.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

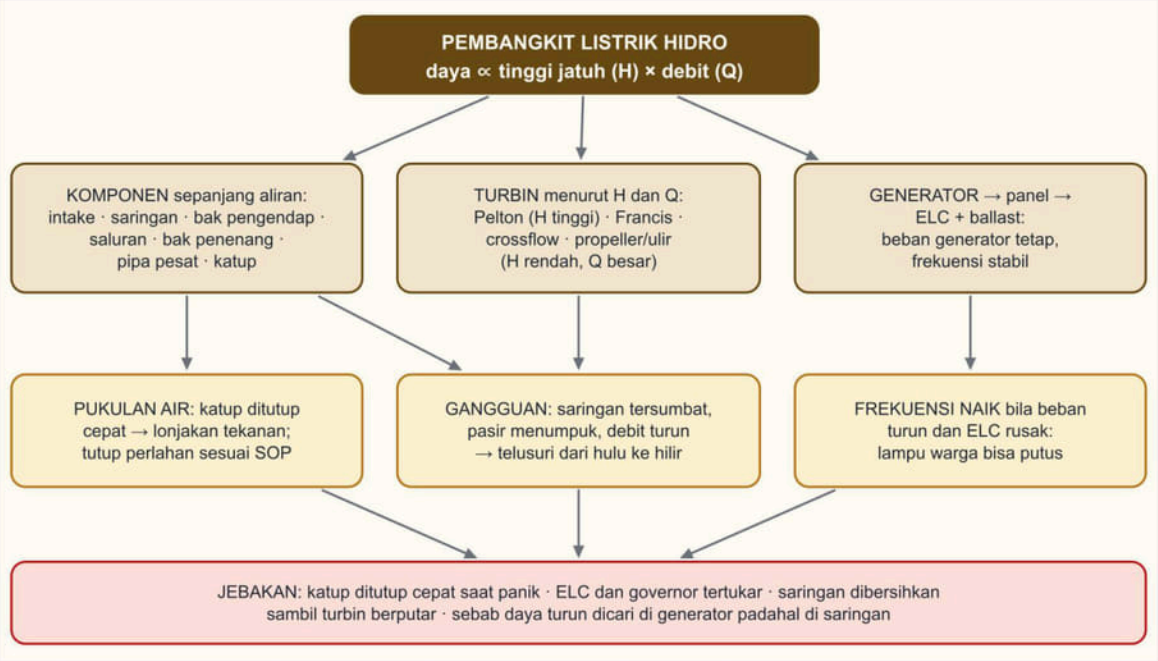
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- **Daya hidro** sebanding dengan tinggi jatuh efektif × debit; gesekan pipa mengurangi tinggi jatuh kotor menjadi efektif.
- **Urutan komponen:** bendung kecil → intake (pintu air, saringan kasar) → bak pengendap → saluran pembawa → bak penenang (saringan halus) → pipa pesat → katup utama → turbin → generator → panel → saluran buang.
- **Turbin:** Pelton untuk tinggi jatuh tinggi dan debit kecil; Francis untuk sedang sampai tinggi; crossflow untuk rendah sampai sedang; propeller atau ulir untuk sangat rendah dengan debit besar.
- **ELC dan ballast:** beban generator dijaga tetap dengan mengalihkan kelebihan daya ke pemanas; ELC tidak mengatur air.
- **Pukulan air:** katup ditutup mendadak menimbulkan lonjakan tekanan; tutup perlahan sesuai prosedur.
- **Gangguan:** daya turun biasanya karena debit turun (saringan atau bak pengendap), bukan karena generator; telusuri dari hulu ke hilir.

Gambar 2.5 merangkum hubungan antarkonsep itu.



Gambar 2.5 Peta konsep komponen, turbin, pengendali beban, pukulan air, dan gangguan pada pembangkit hidro. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal pembangkit hidro:

1. **Tandai dulu jenis pertanyaannya:** menyebut fungsi komponen, menjelaskan sebab kejadian, atau memilih tindakan. Jenisnya menentukan bagian yang kamu cari.
2. **Telusuri dari hulu ke hilir.** Bila ada gambar bernomor, ikuti jalan air dari bendung sampai saluran buang dan cocokkan nomor dengan fungsi.
3. **Pasangkan gejala dengan komponen:** daya turun perlahan setelah hujan mengarah ke saringan atau bak pengendap; frekuensi naik saat beban turun mengarah ke ELC dan ballast; dentuman saat katup ditutup mengarah ke pukulan air.
4. **Periksa opsi yang menyalahkan komponen di hilir** (generator, turbin) padahal gejalanya menunjuk ke hulu (debit).
5. **Pada soal tindakan, utamakan yang menghilangkan penyebab** dan yang aman: katup ditutup perlahan, aliran dikurangi sebelum membersihkan saringan.

Jebakan khas pada soal ini:

- **Katup ditutup cepat saat panik**, seolah makin cepat makin aman.
- **ELC dan governor tertukar:** ELC mengalihkan listrik ke ballast, governor mengatur air.
- **Saringan dibersihkan sambil turbin berputar** dan aliran masih penuh.
- **Sebab daya turun dicari di generator**, padahal gejalanya menunjukkan debit berkurang di hulu.
- **Bak pengendap dan bak penenang tertukar** (pasir mengendap di bak pengendap, bukan di bak penenang).
- **PLTMH dianggap memakai baterai**, padahal sistem ini umumnya langsung memasok warga lewat ELC.

● BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menceritakan kejadian di PLTMH ketika beban warga turun. Telusuri urutan sebab akibatnya: apa yang terjadi pada daya, lalu pada putaran, lalu pada frekuensi, dan apa tugas komponen yang seharusnya mencegahnya. Pakailah bagian 4 pada materi untuk menyingkirkan opsi yang mengubah arah sebab akibat atau menyalahkan komponen yang bukan tugasnya.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

►. PLTMH Dusun Cibeureum (2026) memakai pengendali beban elektronik (ELC) dan beban penyeimbang berupa pemanas air (ballast). Bukaan katup turbin dibuat tetap. Suatu malam ELC rusak. Pukul 23.00, saat sebagian besar lampu warga dimatikan, operator melihat frekuensi naik dari 50 Hz menjadi 57 Hz dan tegangan ikut naik; beberapa lampu warga yang masih menyala putus.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Penjelasan yang tepat atas kejadian tersebut adalah ....

A. Beban turun sehingga putaran turbin dan generator naik, padahal ELC bertugas mengalihkan kelebihan daya ke ballast
B. Beban turun sehingga debit air yang masuk turbin bertambah, padahal ELC bertugas mengurangi debit air di pipa pesat
C. Beban turun sehingga tegangan baterai naik, padahal ELC bertugas mengalihkan arus pengisian baterai ke pemanas air
D. Beban turun sehingga turbin dan generator berputar lebih lambat, padahal ELC bertugas menambah beban pemanas air
E. Beban turun sehingga turbin dan generator berputar lebih cepat, padahal ELC bertugas menutup katup turbin otomatis

Pembahasan **Kunci: A**

Konsep: Pada PLTMH dengan bukaan katup tetap, daya air yang masuk turbin hampir konstan. Bila beban konsumen turun, kelebihan daya mempercepat putaran sehingga frekuensi dan tegangan naik. ELC menjaga beban total generator tetap dengan mengalihkan kelebihan daya ke beban penyeimbang (ballast).

Langkah:
1. Daya air tetap, beban konsumen turun → ada kelebihan daya.
2. Kelebihan daya mempercepat putaran → frekuensi dan tegangan naik.
3. ELC seharusnya memindahkan kelebihan daya ke pemanas air agar beban total tetap.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✓ Beban turun → putaran naik; ELC mengalihkan kelebihan daya ke ballast.
• **B.** ✗ Debit air ditentukan bukaan katup yang tetap, bukan oleh beban; ELC tidak mengatur air.
• **C.** ✗ PLTMH ini tidak memakai baterai; ELC bekerja pada keluaran AC generator.
• **D.** ✗ Arahnya terbalik: beban turun membuat putaran naik, dan frekuensi yang terukur naik menjadi 57 Hz.
• **E.** ✗ Jebakan: menutup katup adalah kerja governor mekanis-hidraulik, bukan ELC; ELC mengatur beban secara elektronik.

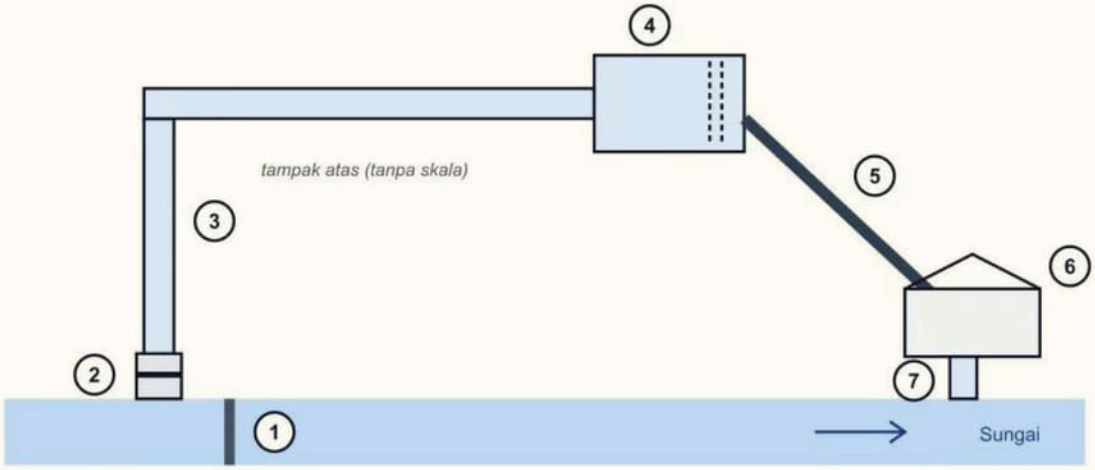
Jawaban: A.

✎ LATIHAN

Kerjakan tanpa melihat kunci. Pada soal bergambar, ikuti jalan air dengan jari dari nomor 1 sampai hilir. Pada soal kasus, tulis dulu gejalanya, lalu cari komponen yang bertanggung jawab.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1. Gambar menunjukkan tata letak PLTMH Desa Batu Ampar (2027) yang diberi nomor. Seminggu setelah banjir, daya keluaran turun dari 15 kW menjadi 9 kW. Operator menemukan banyak daun dan ranting di depan saringan, serta endapan pasir yang lebih tebal dari biasanya. Ia menyusun analisis untuk rapat dengan pengurus.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pernyataan yang tepat berdasarkan gambar dan kasus tersebut adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)



Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Pasir yang terbawa banjir terutama diendapkan di bagian nomor 5 sebelum masuk turbin.

☐ B. Daun yang menumpuk di saringan bagian nomor 4 menghambat air masuk ke pipa pesat sehingga daya turun.

☐ C. Menutup pintu air di bagian nomor 2 saat banjir besar membatasi pasir dan sampah yang masuk ke saluran.

☐ D. Energi air diubah menjadi energi putar turbin di bagian nomor 3 sebelum masuk ke bak.

☐ E. Air yang keluar dari turbin kembali ke sungai melalui bagian nomor 7 di hilir bendung.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. Operator PLTMH 30 kW di Desa Sumber Rejo (2027) melihat batang kayu tersangkut di depan saringan. Karena panik, ia memutar katup utama di ujung bawah pipa pesat sampai tertutup dalam beberapa detik. Terdengar dentuman keras dari pipa, dan sesudahnya salah satu sambungan flens pipa pesat merembes. Turbin dan generator tidak menunjukkan kerusakan. Kepala operator meminta analisis untuk bahan pelatihan. *(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Analisis yang paling tepat adalah ....

A. Kayu menyumbat pipa sehingga tekanan turun; katup seharusnya dibuka penuh dengan cepat
B. Generator kelebihan beban saat katup ditutup; beban seharusnya dilepas lebih dahulu
C. Turbin berputar terlalu cepat saat katup ditutup; katup seharusnya ditutup lebih cepat
D. Saringan sampah jebol sehingga kayu masuk ke pipa; saringan perlu diganti baru
E. Penutupan katup mendadak menimbulkan lonjakan tekanan; katup ditutup perlahan

Kunci singkat: 1. B, C, E 2. E

✔ PERIKSA DIRI

- Seorang operator mendapati daya PLTMH turun walaupun generator, turbin, dan ELC bekerja normal. Dari hulu ke hilir, tiga bagian apa yang paling perlu diperiksa lebih dulu, dan mengapa?
- Mengapa katup utama pipa pesat tidak boleh ditutup mendadak, dan apa akibat fisik yang terjadi pada air di dalam pipa?
- **Yang harus kuingat:** daya hidro sebanding dengan tinggi jatuh efektif dikali debit; komponen berurutan dari bendung sampai saluran buang; ELC menjaga beban generator tetap dengan ballast; katup ditutup perlahan; gangguan ditelusuri dari hulu ke hilir.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 2.1: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.
next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktet&node=SMKTET-2.1

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 2.2 · Komponen utama dan prinsip kerja pembangkit listrik tenaga surya

SMKTET-2.2

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu mengenali **pekerjaan dasar pada pembangkit listrik tenaga surya (PLTS)**: komponen utamanya, cara kerjanya secara sederhana, dan akibat bila ada bagian yang terganggu. Soal PLTS di tes ini hampir selalu berupa **kasus lapangan**: modul tertutup bayangan, lampu yang padam menjelang pagi, inverter yang tiba-tiba mati, atau instalasi yang disambung dengan cara keliru. Kamu diminta **menjelaskan penyebab kejadian**, **menilai analisis teknisi**, atau **menentukan perbaikan yang tepat**.

Sub bab ini termasuk yang paling banyak ditanyakan karena PLTS adalah pembangkit energi terbarukan yang paling sering dipasang siswa SMK di lapangan. Banyak opsi tampak masuk akal, tetapi hanya satu yang sesuai dengan cara kerja komponen yang sebenarnya. Karena itu pahami dulu **apa tugas tiap komponen** dan **mengapa dipasang di tempat itu**, bukan sekadar namanya.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan secara sederhana bagaimana cahaya diubah menjadi listrik oleh sel surya;
- menghitung tegangan dan arus susunan modul seri dan paralel;
- menjelaskan akibat bayangan pada modul dan peran dioda bypass;
- menyebutkan tugas pengendali pengisian, baterai, inverter, dan proteksi;
- membedakan sistem off-grid, on-grid, dan hibrida, termasuk perilaku inverter saat jaringan padam;
- menyebutkan faktor yang memengaruhi produksi modul (cahaya, suhu, bayangan, arah, dan sudut).

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

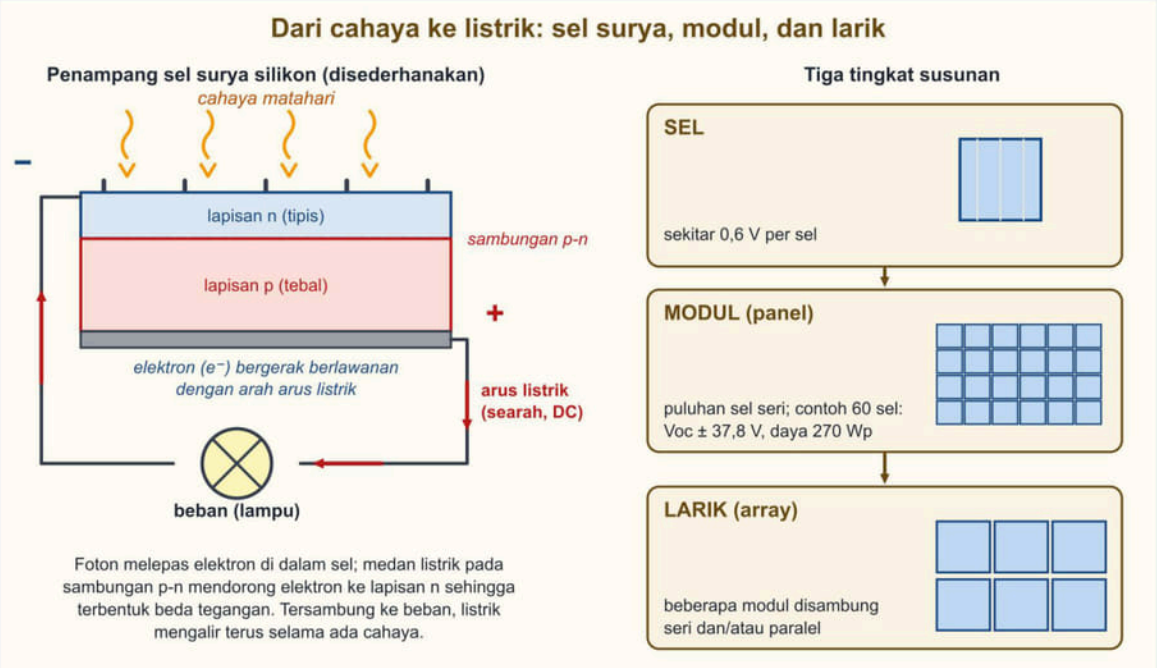
Matahari mengirim energi ke bumi dalam bentuk cahaya. Sebuah **sel surya** mengubah sebagian cahaya itu langsung menjadi listrik, tanpa bagian yang bergerak dan tanpa bahan bakar. Satu sel hanya menghasilkan tegangan kecil, sehingga banyak sel disusun menjadi **modul** (sering disebut panel surya), dan banyak modul disusun menjadi **larik** (*array*). Listrik yang dihasilkan modul adalah **arus searah** (*direct current*, **DC**): arusnya mengalir satu arah. Sebagian besar alat rumah tangga memakai **arus bolak-balik** (*alternating current*, **AC**), sehingga diperlukan **inverter** untuk mengubah DC menjadi AC. Seluruh PLTS adalah rangkaian komponen yang mengelola aliran DC itu sampai menjadi listrik yang siap dipakai.

1. Dari cahaya ke listrik

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sel surya terbuat dari silikon yang diberi dua lapisan berbeda: **lapisan n** yang tipis di sisi yang terkena cahaya, dan **lapisan p** yang lebih tebal di bawahnya. Pertemuan keduanya disebut **sambungan p-n**. Di sambungan ini terbentuk medan listrik. Ketika cahaya (partikel cahaya disebut foton) mengenai sel, energinya melepaskan elektron di dalam silikon. Medan listrik di sambungan mendorong elektron itu ke lapisan n, sehingga lapisan n menjadi kutub negatif dan lapisan p menjadi kutub positif. Terbentuklah **beda tegangan**, sekitar 0,6 volt untuk satu sel silikon.

Bila kedua kutub disambung ke beban, misalnya lampu, elektron mengalir melalui beban dan kembali ke lapisan p. Menurut kesepakatan, **arus listrik** dianggap mengalir dari kutub positif melalui beban ke kutub negatif, berlawanan dengan arah gerak elektron (Gambar 2.6). Selama ada cahaya, proses ini berlangsung terus. Tanpa cahaya, tidak ada listrik, dan modul tidak menyimpan listrik sama sekali.



Gambar 2.6 Penampang sel surya silikon yang disederhanakan, arah arus listrik ke beban, dan tiga tingkat susunan: sel, modul, larik. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Dua hal membuat daya modul berubah-ubah. **Arus** sebanding dengan banyaknya cahaya: cahaya dua kali lebih kuat menghasilkan arus kira-kira dua kali lebih besar. **Tegangan** hampir tidak bergantung pada banyaknya cahaya, tetapi turun sedikit ketika modul panas. Itulah sebabnya modul ditempatkan dengan celah udara di bawahnya agar tidak terlalu panas.

2. Sel, modul, dan larik: seri dan paralel

Satu sel tidak cukup untuk apa pun. Pabrik menyambung puluhan sel **seri** di dalam satu modul. Pada sambungan seri, **tegangan dijumlahkan** dan arus sama besar. Contohnya modul 36 sel menghasilkan sekitar 21 V saat terbuka, cocok untuk baterai 12 V, sedangkan modul 60 sel menghasilkan sekitar 37 V. Pada lembar data modul tercantum beberapa angka yang perlu kamu kenali:

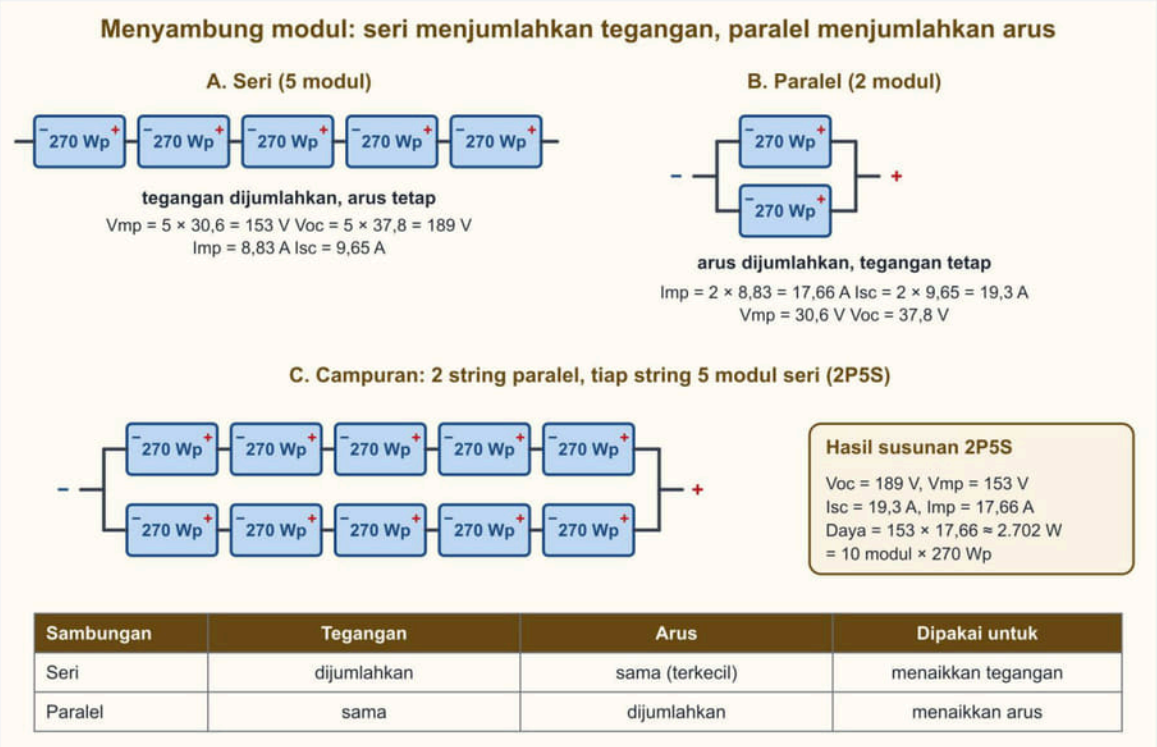
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Singkatan	Nama	Arti
Voc	tegangan rangkaian terbuka (*open circuit voltage*)	tegangan modul saat tidak ada beban; nilai tertinggi
Isc	arus hubung singkat (*short circuit current*)	arus saat kutub dihubung singkat; nilai arus tertinggi
Vmp	tegangan pada daya maksimum	tegangan saat modul bekerja pada daya terbesar
Imp	arus pada daya maksimum	arus saat modul bekerja pada daya terbesar
Wp	*watt peak*	daya puncak pada kondisi uji standar

Nilai pada lembar data diukur pada **kondisi uji standar** (*standard test conditions*): intensitas cahaya 1.000 W/m², suhu sel 25 °C, dan spektrum cahaya AM 1,5. Di lapangan kondisinya hampir selalu berbeda, sehingga daya nyata lebih kecil dari Wp. Daya kerja dihitung dari **Vmp × Imp**, sedangkan Voc dan Isc dipakai untuk memeriksa batas aman peralatan.

Modul dapat disambung dengan tiga cara (Gambar 2.7):

- **Seri**: kutub positif satu modul disambung ke kutub negatif modul berikutnya. Tegangan dijumlahkan, arus tetap (dibatasi modul yang paling lemah). Susunan seri disebut **string**.
- **Paralel**: semua kutub positif disambung bersama, semua kutub negatif disambung bersama. Arus dijumlahkan, tegangan tetap.
- **Campuran**: beberapa string seri disambung paralel.



Sambungan	Tegangan	Arus	Dipakai untuk
Seri	dijumlahkan	sama (terkecil)	menaikkan tegangan
Paralel	sama	dijumlahkan	menaikkan arus

Gambar 2.7 Sambungan seri, paralel, dan campuran (2P5S) untuk modul contoh 270 Wp (Vmp 30,6 V, Imp 8,83 A, Voc 37,8 V, Isc 9,65 A). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Seri dipakai bila alat (inverter atau pengendali pengisian) memerlukan tegangan masukan yang

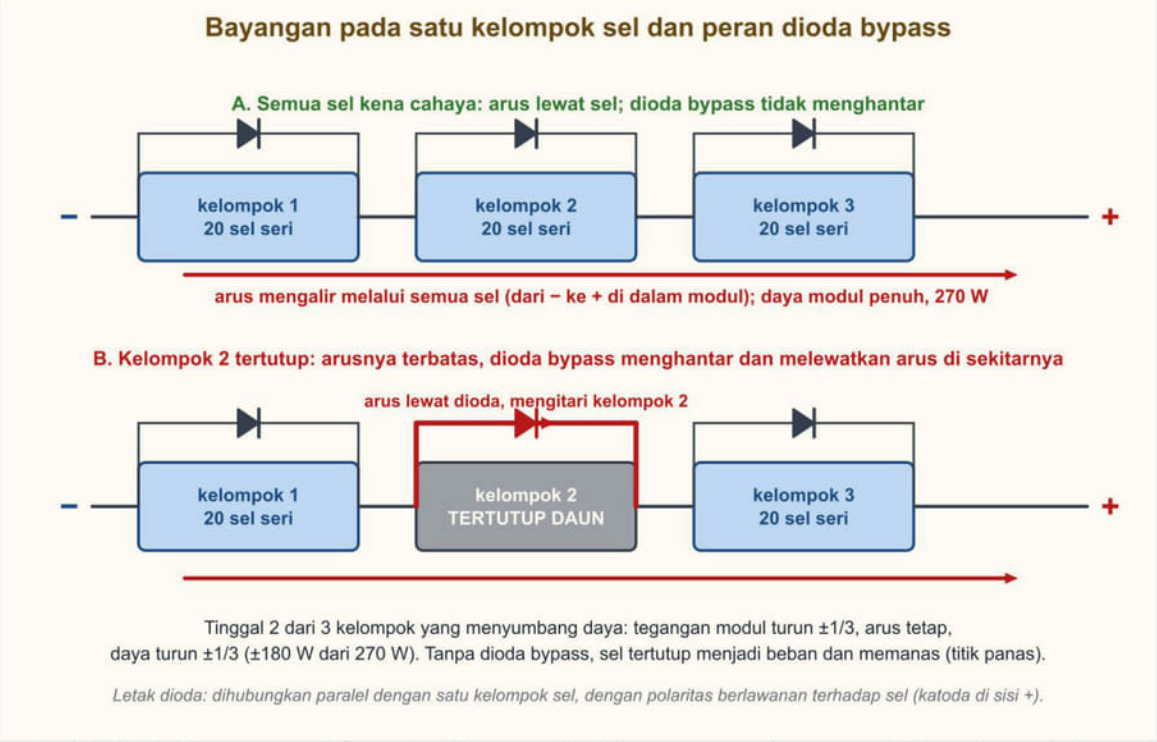
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

lebih tinggi. Paralel dipakai bila arus yang lebih besar diperlukan. Contoh 1 menghitung susunan campuran 10 modul.

3. Bayangan dan dioda bypass

Di dalam modul, puluhan sel tersambung seri. Pada sambungan seri, arus yang sama harus mengalir melalui semua sel. Akibatnya **arus seluruh kelompok dibatasi sel yang paling sedikit menerima cahaya**. Bila beberapa sel tertutup bayangan, misalnya daun kering atau kotoran burung, arus kelompok itu turun drastis. Lebih buruk lagi, sel yang tertutup dipaksa menerima arus dari sel lain, sehingga ia berubah menjadi beban yang memanas. Titik panas semacam ini disebut **hot spot** dan dapat merusak sel.

Untuk mengatasinya, pabrik memasang **dioda bypass**. Dioda adalah komponen yang hanya meneruskan arus ke satu arah. Satu dioda dipasang paralel dengan satu **kelompok sel** (misalnya 20 sel), dengan polaritas berlawanan terhadap sel (Gambar 2.8). Dalam keadaan normal tegangan kelompok membuat dioda "tertutup" dan tidak berperan. Ketika sebuah kelompok tertutup bayangan, dioda di kelompok itu mulai menghantar dan arus mengalir **melewati** kelompok itu tanpa melalui sel yang terhambat. Modul tetap bekerja dengan kelompok lain.



Gambar 2.8 Modul dengan tiga kelompok sel dan tiga dioda bypass: tanpa bayangan (A) dan dengan kelompok 2 tertutup (B). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Hasilnya, bayangan kecil pada beberapa sel **tidak mematikan seluruh modul**. Yang hilang hanyalah kontribusi **satu kelompok**. Pada modul dengan tiga kelompok, daya turun kira-kira sepertiga. Perhatikan bahwa penurunan ini bisa tampak "terlalu besar" dibanding luas bayangan: daun yang hanya menutup 3 % luas modul dapat menurunkan daya sepertiga, karena satu kelompok seri seluruhnya dilewati. Sebaliknya, bila dioda bypass rusak, daya turun jauh

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

lebih besar dan sel tertutup berisiko terbakar.

4. Komponen utama sistem PLTS

Selain modul, PLTS memiliki komponen berikut.

Pengendali pengisian (*solar charge controller*, **SCC**). Komponen ini berada di antara modul dan baterai. Tugasnya:

- **mencegah pengisian berlebih**: ketika baterai penuh, arus pengisian dikurangi atau dihentikan;
- **mencegah arus balik**: pada malam hari tegangan modul turun, sehingga tanpa perlindungan baterai bisa mengalirkan arus ke modul;
- **melindungi baterai dari pengosongan berlebih** lewat terminal beban (*LOAD*): bila tegangan baterai turun terlalu rendah, terminal ini memutus beban otomatis (*low voltage disconnect*).

Ada dua jenis SCC. **PWM** menyambung modul ke baterai dan menghubung-putus dengan sangat cepat; tegangan modul "mengikuti" tegangan baterai. **MPPT** (*maximum power point tracking*) memakai rangkaian elektronik yang terus mencari titik kerja modul pada daya terbesar dan mengubah tegangannya menjadi tegangan pengisian baterai, sehingga lebih banyak energi termanfaatkan, terutama bila tegangan modul lebih tinggi dari baterai.

Baterai menyimpan energi dari siang untuk dipakai malam hari. Baterai timbal-asam memiliki tegangan nominal 2 V per sel, sehingga baterai 12 V berisi enam sel. Baterai harus dilindungi dari pengisian berlebih dan **pengosongan terlalu dalam**. Beban yang disambung langsung ke terminal baterai, tanpa lewat terminal LOAD, tidak mendapat perlindungan tegangan rendah itu. Akibatnya baterai dikuras sampai nyaris habis berulang kali dan umurnya memendek.

Inverter mengubah DC menjadi AC bertegangan dan berfrekuensi seperti listrik PLN (50 Hz). Ada beberapa jenis, yang dibahas pada bagian 5.

Proteksi melindungi orang dan peralatan:

- **sekering atau pemutus arus (MCB) khusus DC** pada kabel string atau di depan baterai. Perlu khusus DC karena busur api listrik DC lebih sulit padam daripada AC, sehingga pemutus AC biasa tidak boleh dipakai pada sisi DC;
- **isolator DC**, sakelar untuk memutus sisi DC saat perawatan;
- **SPD** (*surge protective device*), penangkal lonjakan tegangan akibat petir atau gangguan lain;
- **pembumian** rangka modul dan kotak panel, supaya arus bocor mengalir ke tanah dan tidak lewat tubuh orang;
- **konektor dan kabel DC** yang tahan sinar matahari dan hujan; pasangan konektor harus sejenis dari pabrik yang sama agar kontaknya baik dan tidak memanas.

5. Tiga jenis sistem PLTS

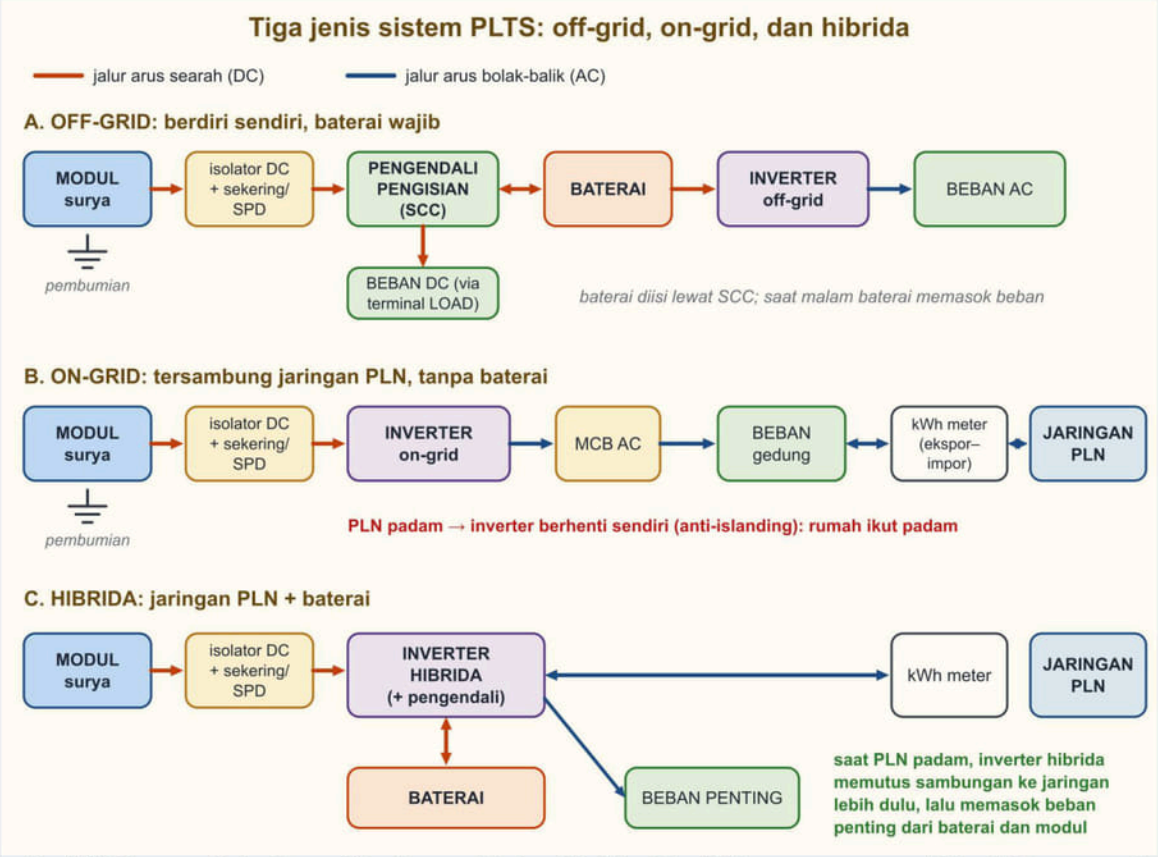
Cara komponen disusun membedakan sistem menjadi tiga jenis (Gambar 2.9).

1. **Off-grid** (berdiri sendiri): tidak tersambung jaringan PLN. Listrik malam hari berasal dari baterai, sehingga baterai wajib ada. Cocok untuk daerah tanpa jaringan: lampu jalan surya,

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

pos jaga, desa terpencil, pompa air tenaga surya.

2. **On-grid** (tersambung jaringan): tanpa baterai. Listrik modul dipakai langsung oleh beban, dan kelebihannya dapat mengalir ke jaringan PLN lewat kWh meter dua arah (ekspor–impor). Inverternya harus **sinkron** dengan jaringan, yaitu mengikuti tegangan dan frekuensi jaringan.
3. **Hibrida**: tersambung jaringan **dan** memiliki baterai. Inverter hibrida mengatur sumber mana yang dipakai: modul, baterai, atau jaringan.



Gambar 2.9 Diagram blok sistem off-grid, on-grid, dan hibrida; jalur DC berwarna oranye, jalur AC berwarna biru. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Anti-islanding pada inverter on-grid. Inverter on-grid dilengkapi proteksi *anti-islanding*. Ketika jaringan PLN padam, inverter mendeteksi tegangan dan frekuensi jaringan hilang, lalu **berhenti mengalirkan daya dalam waktu singkat**. Alasannya keselamatan. Petugas PLN yang memperbaiki jaringan menganggap kabel sudah mati. Bila inverter di rumah pelanggan terus memasok listrik, kabel itu menjadi bertegangan dari arah yang tidak diduga ("pulau" listrik, *island*) dan dapat membahayakan nyawa petugas. Jadi inverter berhenti **bukan karena rusak**, melainkan karena fitur pengaman bekerja. Modul sendiri tetap menghasilkan tegangan selama terkena cahaya; yang berhenti hanya inverter. Akibatnya **PLTS on-grid tanpa baterai tidak dapat memasok rumah saat PLN padam**, walaupun siang terik.

Bila pemilik ingin tetap mendapat listrik saat PLN padam, dibutuhkan sistem hibrida atau baterai dengan inverter yang memutus sambungan ke jaringan lebih dulu, baru memasok beban penting. Proteksi anti-islanding tidak boleh dimatikan atau diakali.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

6. Faktor yang memengaruhi produksi

- **Cahaya (iradiasi):** makin kuat cahaya, makin besar arus dan daya. Mendung menurunkan produksi, tetapi modul tidak berhenti total.
- **Suhu:** modul yang terlalu panas menghasilkan tegangan lebih rendah sehingga dayanya turun. Beri celah udara di bawah modul.
- **Bayangan:** pohon, antena, cerobong, atau tembok tetangga yang menutupi sebagian modul menurunkan produksi sesuai kelompok sel yang tertutup.
- **Kebersihan:** debu, kotoran burung, dan daun mengurangi cahaya yang sampai ke sel.
- **Arah dan sudut:** modul menghadap arah matahari paling lama. Di wilayah selatan khatulistiwa (Jawa, Bali, Nusa Tenggara) modul umumnya menghadap utara, sedangkan di utara khatulistiwa menghadap selatan. Karena Indonesia dekat khatulistiwa, sudut kemiringan umumnya kecil; kemiringan sedikit tetap diperlukan agar air hujan mengalir dan membersihkan debu.

Contoh 1 — Menentukan tegangan dan arus susunan 10 modul

Bengkel SMK di Kupang (2027) akan memasang 10 modul 270 Wp dengan Vmp 30,6 V, Imp 8,83 A, Voc 37,8 V, dan Isc 9,65 A. Inverter yang tersedia memiliki tegangan masukan maksimum 500 V, rentang kerja MPPT 120–450 V, dan arus masukan maksimum 25 A. Guru menyarankan susunan 2 string paralel, tiap string 5 modul seri (2P5S). Periksa apakah susunan itu aman dan hitung dayanya. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. Satu string 5 modul seri: tegangan dijumlahkan. $V_{oc} = 5 \times 37{,}8 = 189$ V dan $V_{mp} = 5 \times 30{,}6 = 153$ V. Arus string tetap: $I_{mp} = 8{,}83$ A dan $I_{sc} = 9{,}65$ A.
2. Dua string paralel: arus dijumlahkan, tegangan tetap. $I_{mp} = 2 \times 8{,}83 = 17{,}66$ A dan $I_{sc} = 2 \times 9{,}65 = 19{,}3$ A.
3. Periksa batas inverter. Voc 189 V di bawah batas 500 V. Vmp 153 V berada dalam rentang MPPT 120–450 V. Isc 19,3 A di bawah batas 25 A. Semua syarat terpenuhi.
4. Hitung daya kerja dengan Vmp × Imp: $153 \times 17{,}66 = 2.701{,}98$ W, kira-kira 2,70 kW. Hasil ini sama dengan 10 modul × 270 Wp = 2.700 Wp.

Jawaban: susunan 2P5S **aman** untuk inverter itu, dengan Voc 189 V, Vmp 153 V, Isc 19,3 A, Imp 17,66 A, dan daya kerja sekitar **2,70 kW**.

Contoh 2 — Menjelaskan mengapa inverter on-grid berhenti saat PLN padam

Bengkel las Karya Tani (2027) memasang PLTS atap on-grid 5 kWp tanpa baterai. Pada suatu siang yang cerah PLN padam karena perbaikan jaringan, dan mesin las ikut mati. Pemilik bengkel kesal dan meminta teknisi "menyambung langsung" keluaran inverter ke panel bengkel agar mesin tetap menyala. Jelaskan mengapa permintaan itu tidak boleh dituruti dan apa solusinya. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. Fakta: modul tetap menghasilkan tegangan karena terkena cahaya. Yang berhenti adalah inverter.
2. Penyebab: inverter on-grid memiliki proteksi anti-islanding. Ia mendeteksi tegangan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

jaringan hilang lalu berhenti dalam waktu singkat.

3. Alasan keselamatan: petugas jaringan menganggap kabel sudah mati. Bila inverter tetap memasok listrik ke kabel itu, kabel menjadi bertegangan dan petugas bisa tersengat.
4. "Menyambung langsung" atau mematikan proteksi berarti menghapus pengaman. Itu **tidak boleh** dilakukan, selain membahayakan petugas juga membuat inverter tidak sinkron dengan sumber yang tidak stabil.
5. Solusi benar: ubah menjadi sistem hibrida (tambah baterai dan inverter hibrida yang memiliki keluaran cadangan). Saat PLN padam, inverter hibrida memutus sambungan ke jaringan lebih dulu, lalu memasok beban penting dari baterai dan modul.

Jawaban: inverter berhenti **karena fitur anti-islanding bekerja**, bukan rusak. Agar bengkel tetap menyala saat PLN padam diperlukan **sistem hibrida bersaklar pemisah jaringan**, bukan menyambung langsung.

Contoh 3 — Menghitung dampak bayangan satu kelompok sel

Sebuah modul 270 Wp (Vmp 30,6 V, Imp 8,83 A) di atap sekolah di Ambon (2027) memiliki tiga kelompok sel dengan satu dioda bypass tiap kelompok. Pada pukul 10.00 selembar plastik pembungkus tersangkut dan menutup sebagian sel di kelompok tengah. Perkirakan tegangan dan daya modul saat itu, dengan anggapan kelompok tengah sepenuhnya dilewati dioda. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. Tiga kelompok seri berbagi tegangan Vmp sama besar: tiap kelompok ± $30{,}6 \div 3 = 10{,}2$ V.
2. Kelompok tengah dilewati dioda, sehingga hanya dua kelompok yang menyumbang tegangan: $2 \times 10{,}2 = 20{,}4$ V.
3. Arus tetap karena seri: sekitar 8,83 A.
4. Daya sekarang: $20{,}4 \times 8{,}83 = 180{,}1$ W.
5. Bandingkan dengan 270 W: $180{,}1 \div 270 \approx 0{,}67$. Daya tinggal sekitar dua pertiga.

Jawaban: tegangan modul turun menjadi sekitar **20,4 V** dan daya menjadi sekitar **180 W** (hilang kira-kira sepertiga). Modul **tidak mati total**. Ini perkiraan ideal; dalam kenyataan daya sedikit lebih kecil karena dioda yang menghantar juga menyerap sebagian tegangan.

Ringkasan bagian ini

Sel surya mengubah cahaya langsung menjadi listrik DC (±0,6 V per sel). Seri menjumlahkan tegangan, paralel menjumlahkan arus. Bayangan membatasi arus satu kelompok seri; dioda bypass melewatkan arus di sekitarnya sehingga hanya kelompok itu yang hilang. SCC mencegah isi berlebih, arus balik, dan (lewat terminal LOAD) pengosongan berlebih. Baterai menyimpan energi, inverter mengubah DC menjadi AC. Sistem off-grid memakai baterai, on-grid tanpa baterai dan berhenti saat PLN padam (anti-islanding), hibrida menggabungkan keduanya.

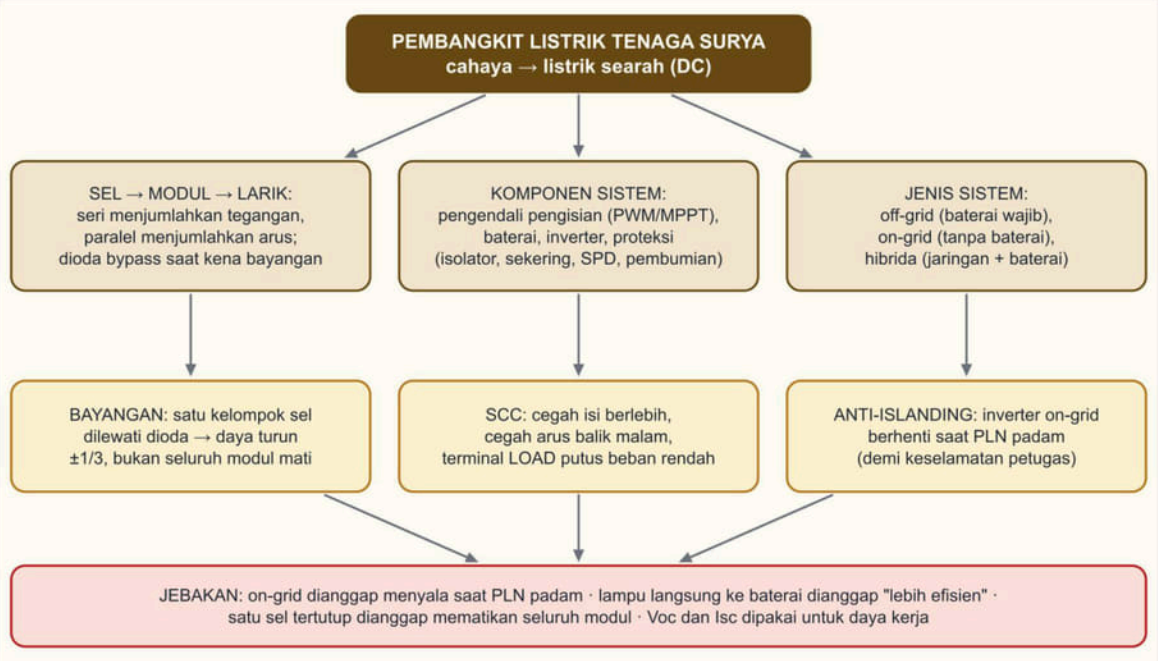
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- **Sel surya:** cahaya → listrik DC; ±0,6 V per sel; tanpa cahaya tidak ada listrik; modul tidak menyimpan listrik.
- **Seri** menjumlahkan tegangan (arus tetap); **paralel** menjumlahkan arus (tegangan tetap). Daya kerja = Vmp × Imp; Voc dan Isc untuk batas aman.
- **Bayangan:** arus kelompok seri dibatasi sel paling gelap; **dioda bypass** melewatkan arus di sekitar kelompok itu; daya turun ±1/3 pada modul tiga kelompok, bukan mati total.
- **SCC:** mencegah isi berlebih, mencegah arus balik malam hari, terminal LOAD memutus beban saat baterai rendah; PWM vs MPPT.
- **Baterai** menyimpan energi; **inverter** DC → AC; proteksi DC (sekering/MCB DC, isolator, SPD, pembumian).
- **Off-grid** wajib baterai; **on-grid** tanpa baterai, berhenti saat PLN padam (anti-islanding); **hibrida** jaringan + baterai.

Gambar 2.10 merangkum hubungan antarkonsep itu.



Gambar 2.10 Peta konsep sel, modul, komponen sistem, jenis sistem, dan jebakan PLTS. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal PLTS:

1. **Tentukan jenis sistem lebih dulu:** off-grid, on-grid, atau hibrida. Banyak jawaban ditentukan oleh sini (ada baterai atau tidak, tersambung jaringan atau tidak).
2. **Tulis urutan aliran energi** dari modul sampai beban dan tandai komponen yang disebut dalam cerita. Gejala biasanya menunjuk ke satu komponen.
3. **Pasangkan gejala dengan tugas komponen:** baterai terkuras malam hari → beban tidak lewat terminal LOAD; inverter berhenti saat PLN padam → anti-islanding; daya turun sepertiga karena bayangan kecil → dioda bypass dan kelompok sel.
4. **Hitung seri dan paralel dengan tertib:** tegangan dijumlahkan pada seri, arus dijumlahkan pada paralel; pakai Vmp dan Imp untuk daya kerja.
5. **Pada soal Benar/Salah atau pilihan ganda kompleks,** periksa tiap pernyataan satu per satu terhadap tugas komponen, jangan menilai dari "terdengar benar".

Jebakan khas pada soal ini:

- **PLTS on-grid dianggap menyala saat PLN padam**, karena modul masih terkena cahaya.
- **Lampu langsung ke baterai dianggap "lebih efisien"**, padahal kehilangan perlindungan tegangan rendah dan baterai cepat rusak.
- **Satu sel tertutup bayangan dianggap mematikan seluruh modul**, padahal ada dioda bypass.
- **Modul tambahan dianggap menyelesaikan baterai yang terkuras malam hari**, padahal masalahnya pengosongan, bukan pengisian.
- **Voc dan Isc dipakai untuk menghitung daya kerja**, bukan Vmp dan Imp.
- **Terminal LOAD SCC dianggap cabang pengisian**, padahal itu keluaran beban.
- **Inverter yang berhenti dianggap rusak**, padahal itu perilaku normal pengaman.

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menceritakan sebuah PLTS atap yang tiba-tiba menunjukkan daya nol ketika PLN padam. Bedah dengan urutan: apa fakta yang pasti, komponen mana yang berperilaku berbeda (modul atau inverter), dan fungsi pengaman apa yang menjelaskannya. Pakailah bagian 5 pada materi untuk menyingkirkan opsi yang menyebut kerusakan atau menyalahkan modul.

►. Pak Joko memasang PLTS atap on-grid 3 kWp tanpa baterai di rumahnya (2027). Suatu siang yang terik, listrik PLN di kompleksnya padam karena ada perbaikan jaringan. Pak Joko heran karena lampu rumahnya ikut padam dan aplikasi inverter menunjukkan daya keluaran 0 W, padahal pagi itu produksi mencapai 2,4 kW. Ia menghubungi teknisi untuk menanyakan apakah inverternya rusak.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)

Penjelasan teknisi yang tepat adalah ....

A. Inverter rusak karena lonjakan tegangan saat PLN padam, sehingga harus diganti
B. Inverter sengaja berhenti saat jaringan padam demi keamanan petugas jaringan
C. Modul surya berhenti berproduksi karena tidak menerima tegangan dari jaringan PLN
D. Inverter kepanasan karena siang terik sehingga berhenti untuk mendinginkan diri
E. MCB AC putus karena beban rumah mendadak lebih besar daripada produksi modul

Pembahasan **Kunci: B**

Konsep: Inverter on-grid memiliki proteksi anti-islanding: bila tegangan jaringan hilang, inverter berhenti mengalirkan daya agar jaringan yang sedang diperbaiki tidak bertegangan dari sisi pelanggan. PLTS on-grid tanpa baterai tidak dapat menyuplai rumah saat jaringan padam.

Langkah:

1. Jaringan padam → inverter mendeteksi tegangan jaringan hilang.
2. Inverter berhenti (anti-islanding) → daya 0 W.
3. Ini fungsi keselamatan, bukan kerusakan.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Daya 0 W saat jaringan padam adalah perilaku normal, bukan tanda kerusakan.
• **B.** ✓ Anti-islanding melindungi petugas yang memperbaiki jaringan.
• **C.** ✗ Jebakan: modul tetap menghasilkan tegangan selama terkena sinar; yang berhenti adalah inverter.
• **D.** ✗ Jebakan: inverter memang dapat berhenti karena panas, tetapi waktunya tepat bersamaan dengan padamnya PLN dan produksi pagi normal.
• **E.** ✗ Jebakan: MCB putus karena arus lebih, bukan karena jaringan padam; aplikasi juga menunjukkan inverter berhenti.

Jawaban: B.

✎ LATIHAN

Kerjakan tanpa melihat kunci. Pada soal pernyataan, periksa satu per satu apakah pernyataan itu sesuai dengan tugas komponen yang dibahas. Bila ada hitungan, tulis dulu rumusnya.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1. PLTS pos jaga kebun (2027) terdiri atas satu modul 100 Wp, SCC, baterai 12 V, dan dua lampu DC 12 V. Pemasang menyambung lampu langsung ke terminal baterai, sedangkan terminal LOAD pada SCC dibiarkan kosong. Penjaga mengeluh: lampu baru padam sendiri menjelang pagi dengan nyala sangat redup, padahal pada siang hari indikator SCC menunjukkan baterai sudah penuh sebelum pukul 11.00. Setelah delapan bulan baterai tidak mampu lagi menyalakan lampu semalam penuh. Teknisi sekolah diminta menganalisis instalasi tersebut.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Analisis yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Lampu sebaiknya disambung ke terminal LOAD agar SCC memutus beban saat tegangan baterai terlalu rendah.
☐ B. Baterai cepat rusak karena modul terus mengisi baterai pada malam hari.
☐ C. Pengosongan baterai yang terlalu dalam secara berulang memperpendek umur baterai.
☐ D. Menambah satu modul lagi akan mencegah baterai terkuras habis pada malam hari.
☐ E. SCC juga mencegah arus balik dari baterai ke modul saat malam hari.

2. Modul 400 Wp di atap kantor koperasi (2027) terdiri atas tiga kelompok sel; setiap kelompok berisi sel-sel yang tersambung seri dan dilindungi satu dioda bypass. Selembar daun pisang kering menutupi beberapa sel pada kelompok tengah, kira-kira 3% luas modul. Aplikasi pemantau menunjukkan daya modul itu turun sekitar sepertiga dibanding modul di sebelahnya. Siswa PKL bertanya mengapa daun sekecil itu menurunkan daya sebesar itu.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Penjelasan yang tepat adalah ....

A. Daun menaikkan suhu seluruh permukaan modul sehingga daya modul turun sepertiga
B. Daun membuat sel-sel di bawahnya terhubung singkat sehingga satu kelompok berhenti
C. Sel tertutup membatasi arus kelompok serinya, lalu dioda bypass mengalihkan arus
D. Dioda bypass rusak sehingga arus seluruh modul tertahan oleh sel yang tertutup
E. Daun memantulkan cahaya dari sel lain sehingga dua kelompok sel kehilangan cahaya

Kunci singkat: 1. A, C, E 2. C

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

✔ PERIKSA DIRI

- Sebuah string tersusun dari 6 modul seri, dan satu modul dikotori daun yang menutup sebagian selnya. Mengapa arus seluruh string tidak otomatis turun mendekati nol bila modul itu memiliki dioda bypass?
- Mengapa lampu DC sebaiknya disambung ke terminal LOAD pengendali pengisian dan bukan langsung ke terminal baterai?
- **Yang harus kuingat:** seri menjumlahkan tegangan, paralel menjumlahkan arus; dioda bypass melewatkan arus di sekitar kelompok sel yang tertutup; SCC melindungi baterai; inverter on-grid berhenti saat PLN padam karena anti-islanding.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 2.2: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktet&node=SMKTET-2.2

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 2.3 · Komponen utama dan prinsip kerja pembangkit listrik tenaga bayu

SMKTET-2.3

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu mengenali **pekerjaan dasar pada pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB)**: bagian-bagian turbin angin dan tugasnya, cara energi angin menjadi listrik, serta penelusuran gangguan sederhana. Soal biasanya bercerita tentang turbin angin kecil di pantai, tambak, penginapan, atau sekolah pesisir. Kamu diminta **menjelaskan mengapa produksi turun**, **menilai usulan perawatan**, atau **menilai pernyataan tentang bagian-bagian turbin**.

Dalam buku ini "bayu" berarti angin. Turbin angin kecil memiliki banyak bagian yang namanya terdengar teknis, misalnya *nacelle*, *yaw*, dan *dump load*. Semuanya dijelaskan di sini dengan gambar. Setelah paham tugas tiap bagian, kamu akan mudah menalar gangguan yang ditanyakan.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan bagaimana angin memutar rotor dan mengapa daya sangat dipengaruhi kecepatan angin;
- menyebutkan komponen turbin angin kecil dan tugas masing-masing;
- menelusuri alur listrik dari generator sampai beban, termasuk fungsi penyearah dan beban pembuang;
- membaca zona kerja turbin dari kurva daya (kecepatan mulai, nominal, dan henti);
- menjelaskan pengaruh tinggi menara dan lokasi pemasangan;
- membedakan turbin sumbu horizontal dan vertikal, serta mengenali gejala getaran dan *yaw* macet.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Angin adalah udara yang bergerak, dan udara yang bergerak membawa energi gerak. **Turbin angin** menangkap sebagian energi itu dengan bilah yang berputar, lalu memutar generator. Prinsipnya mirip PLTMH: ada bagian yang menangkap energi alam (bilah menggantikan sudu turbin air), ada generator, dan ada rangkaian listrik yang mengatur hasilnya. Bedanya, **sumber energinya tidak bisa dikendalikan**. Kecepatan angin berubah dari menit ke menit dan dari musim ke musim, sehingga daya turbin angin berubah-ubah pula.

1. Dari angin ke putaran

Bilah turbin tidak sekadar "didorong" angin. Bentuknya seperti sayap pesawat. Ketika angin mengalir melewati bilah, terjadi **gaya angkat** (*lift*) yang membuat bilah bergerak tegak lurus

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

terhadap arah angin. Karena bilah terpasang pada **hub** yang berputar pada poros, gerakan itu menjadi putaran rotor. Turbin angin modern memakai dua atau tiga bilah.

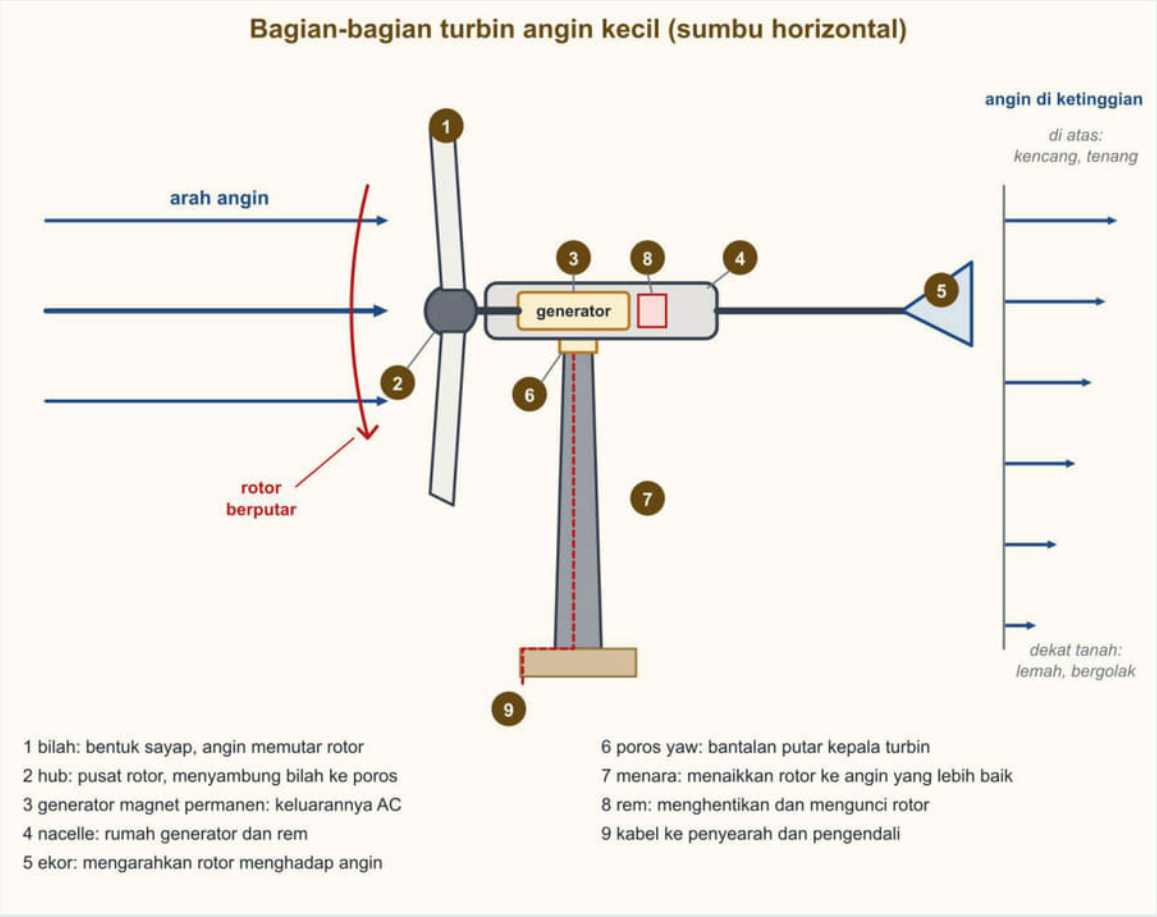
Hal paling penting tentang daya angin adalah hubungannya dengan kecepatan: **daya sebanding dengan pangkat tiga kecepatan angin** ($P \propto v^3$). Bila kecepatan angin menjadi dua kali, daya menjadi $2^3 = 8$ kali. Bila kecepatan naik 1,5 kali, daya menjadi $1{,}5^3 = 3{,}375$ kali. Sebaliknya, angin yang melemah sedikit saja dapat membuat daya turun jauh. Rumus lengkapnya (dengan luas sapuan rotor dan koefisien daya) dibahas di Bab 4. Di sini cukup kamu ingat dua akibatnya: **angin sedikit lebih kencang menghasilkan jauh lebih banyak daya**, dan **tempat dengan angin lemah hampir tidak menghasilkan apa-apa**.

2. Komponen utama turbin angin kecil

Gambar 2.11 memperlihatkan bagian-bagian turbin angin kecil bersumbu horizontal. Tabel berikut menjelaskan tugas dan gejala bila bagian itu terganggu.

No.	Komponen	Tugas	Bila terganggu
1	**Bilah** (*blade*)	menangkap energi angin dengan bentuk sayap	kotor, retak, atau tidak seimbang: daya turun, getaran, bunyi
2	**Hub**	pusat rotor yang menyatukan bilah dan menyambungnya ke poros	baut kendur: getaran
3	**Generator magnet permanen**	mengubah putaran menjadi listrik AC; magnetnya tetap, jadi tidak perlu arus penguat dari baterai	belitan rusak: tegangan tidak keluar
4	**Nacelle**	rumah yang melindungi generator dan komponen lain di puncak menara	air masuk, kerusakan bantalan
5	**Ekor** (*tail vane*)	didorong angin sehingga seluruh kepala turbin berputar dan rotor tetap menghadap angin	patah atau bengkok: rotor tidak menghadap angin
6	**Poros yaw** (bantalan putar)	memungkinkan kepala turbin berputar penuh di atas menara	berkarat atau macet: rotor tidak bisa mengikuti arah angin, produksi turun walaupun angin kencang
7	**Menara**	menempatkan rotor pada ketinggian dengan angin yang lebih baik	terlalu pendek: angin lemah dan bergolak; kendur: bergoyang
8	**Rem**	menghentikan dan mengunci rotor, misalnya sebelum perawatan	tidak berfungsi: rotor tidak dapat dihentikan dengan aman
9	**Kabel turun**	membawa listrik dari generator ke penyearah dan pengendali di bawah	terpuntir atau aus: gangguan keluaran

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 2.11 Bagian-bagian turbin angin kecil bersumbu horizontal dengan arah angin dan profil kecepatan angin terhadap ketinggian. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Beberapa hal perlu dijelaskan lebih lanjut.

Gearbox atau penggerak langsung. Turbin besar biasanya memakai kotak roda gigi (*gearbox*) untuk menaikkan putaran sebelum generator. Turbin kecil sering **tanpa gearbox** (penggerak langsung, *direct drive*): rotor langsung memutar poros generator magnet permanen, sehingga putaran generator sama dengan putaran rotor. Bagian yang bergerak lebih sedikit sehingga perawatan lebih mudah.

Ekor dan poros yaw. Turbin kecil biasanya tidak memakai motor untuk menghadapkan rotor ke angin. Ekor yang ditiup angin akan memutar seluruh kepala turbin pada poros yaw sampai rotor menghadap angin. Pada turbin besar pekerjaan ini dilakukan motor *yaw* berdasarkan sensor arah angin. Bila bantalan *yaw* macet, rotor tidak dapat mengikuti angin yang berganti arah. Gejalanya khas: **rotor terus menghadap arah lama**, bilah, generator, dan kabel tampak baik, tetapi produksi rendah walaupun angin kencang. Bagian pertama yang diperiksa adalah bantalan *yaw*, bukan generator.

Pembatas kecepatan. Angin yang terlalu kencang berbahaya. Turbin kecil melindungi diri dengan cara *furling*, yaitu memalingkan seluruh rotor dari arah angin sehingga luas yang ditangkap angin berkurang, dan dengan rem serta pengendali.

3. Dari putaran ke listrik yang bisa dipakai

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Listrik keluaran generator turbin angin **tidak dapat langsung dipakai**. Karena kecepatan putar berubah-ubah mengikuti angin, generator menghasilkan AC dengan tegangan dan frekuensi yang ikut berubah-ubah (sering disebut AC "liar"). Baterai hanya dapat diisi dengan DC. Karena itu ada urutan komponen (Gambar 2.12):

1. **Generator** menghasilkan AC.
2. **Penyearah** (*rectifier*) mengubah AC menjadi DC. Pada turbin tiga fasa dipakai penyearah tiga fasa.
3. **Pengendali pengisian turbin** mengatur tegangan pengisian dan melindungi baterai dari pengisian berlebih. Pengendali ini khusus untuk turbin angin dan **tidak boleh disambung pada masukan yang sama dengan modul surya**.
4. **Baterai** menyimpan energi.
5. **Inverter** mengubah DC menjadi AC bila beban memerlukan AC.



Gambar 2.12 Alur listrik turbin angin kecil dari rotor sampai beban AC, dengan beban pembuang (dump load) dan rem. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Ada satu aturan keselamatan yang sangat penting: **generator turbin tidak boleh dibiarkan tanpa beban**. Bila beban hilang, rotor tidak lagi teredam dan putarannya dapat melonjak. Akibatnya tegangan menjadi sangat tinggi, bilah dan generator bergetar, dan kerusakan berat bisa terjadi. Karena itu, ketika baterai sudah penuh dan tidak boleh diisi lagi, pengendali tidak memutus turbin begitu saja. Pengendali **mengalihkan daya ke beban pembuang** (*dump load*), biasanya elemen pemanas. Elemen terasa panas, dan itu normal: energi yang tidak dapat disimpan diubah menjadi panas supaya rotor tetap terbebani dan putarannya terkendali. Melepas kabel turbin dari pengendali "agar energinya tidak terbuang" justru berbahaya, karena rotor kehilangan beban dan berputar makin cepat. Bila turbin perlu dihentikan, caranya memakai **rem** atau pengunci rotor sesuai prosedur.

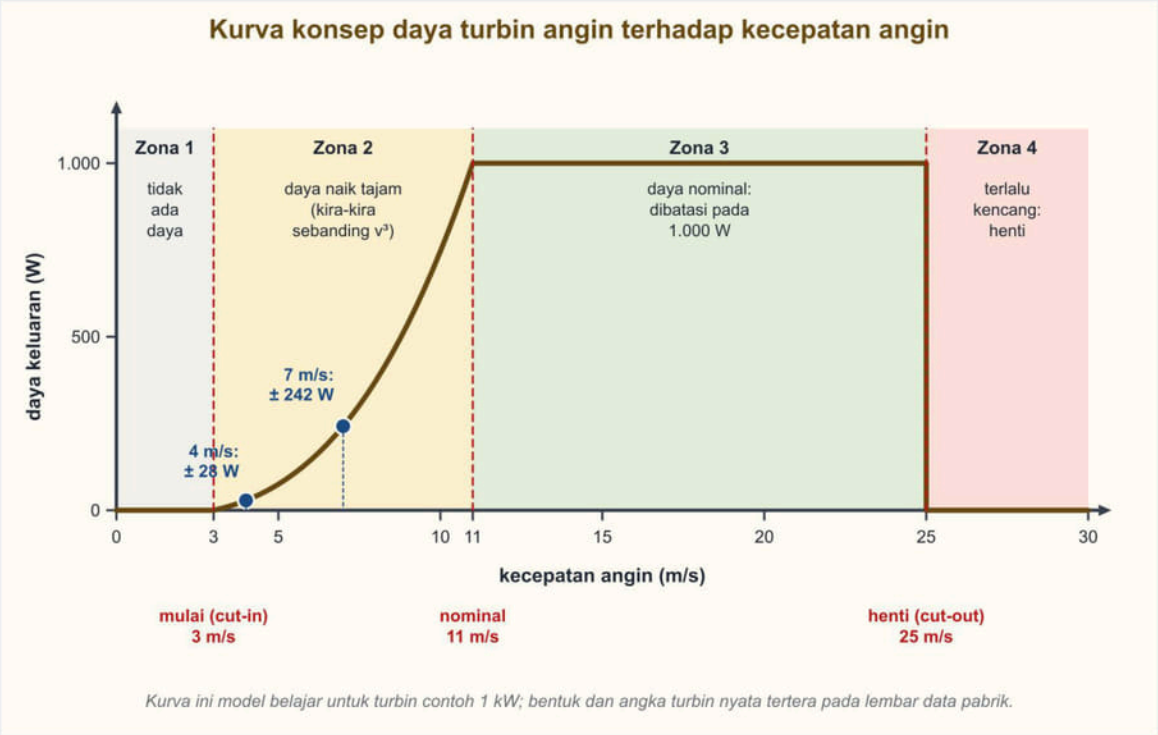
4. Kecepatan kerja dan kurva daya

Setiap turbin hanya bekerja dalam rentang kecepatan angin tertentu. Ada tiga angka penting pada lembar datanya.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

- **Kecepatan mulai** (*cut-in*): kecepatan angin terendah saat turbin mulai menghasilkan daya. Di bawahnya daya nol. Untuk banyak turbin nilainya sekitar 3–4 m/s.
- **Kecepatan nominal** (*rated*): kecepatan angin saat turbin mencapai daya nominalnya. Di atasnya daya dibatasi (oleh pengatur sudut bilah, *furling*, atau pengendali), bukan terus naik. Nilainya sering sekitar 10–13 m/s.
- **Kecepatan henti** (*cut-out*): kecepatan angin saat turbin dihentikan demi keselamatan. Nilainya sering sekitar 25 m/s.

Angka di atas hanya gambaran umum; setiap turbin berbeda dan nilainya tertera pada lembar data pabrik. Gambar 2.13 memperlihatkan kurva daya konsep untuk turbin contoh 1 kW (kecepatan mulai 3 m/s, nominal 11 m/s, henti 25 m/s) yang dipakai dalam contoh di sub bab ini.



Gambar 2.13 Kurva konsep daya turbin angin contoh 1 kW terhadap kecepatan angin dalam empat zona kerja. Kurva ini model belajar, bukan data turbin tertentu. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Kurva terbagi menjadi empat zona. **Zona 1** (di bawah kecepatan mulai): turbin mungkin berputar pelan, tetapi daya yang dikirim nol. **Zona 2**: daya naik tajam, kira-kira sebanding kecepatan pangkat tiga. **Zona 3**: daya dibatasi pada nilai nominal. **Zona 4**: angin terlalu kencang sehingga turbin dihentikan. Satu akibat penting: **angin yang sangat kencang tidak otomatis menguntungkan**. Di atas kecepatan nominal tidak ada tambahan daya, dan di atas kecepatan henti produksi nol.

5. Menara dan lokasi pemasangan

Angin di dekat tanah lebih lemah dan bergolak (berputar tidak beraturan) karena tertahan pohon, bangunan, dan permukaan tanah. Makin tinggi dari tanah, angin biasanya makin kencang dan makin tenang. Karena itu rotor dipasang di puncak **menara** yang tinggi, dan makin tinggi dan makin jauh dari penghalang, turbulensi makin kecil. Tiang yang pendek di antara pohon dan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

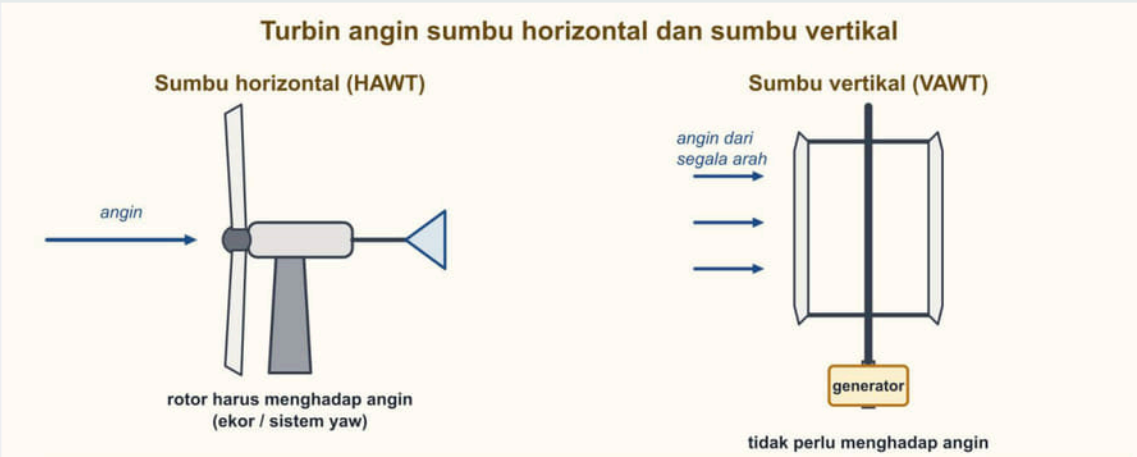
bangunan membuat rotor menerima angin lemah dan bergolak, sehingga produksi rendah dan bilah cepat lelah. Pedoman umum: dasar rotor dipasang jauh di atas pohon dan bangunan di sekitarnya.

Lokasi yang baik juga terbuka ke arah angin dominan, misalnya pesisir atau puncak bukit rendah. Menara dapat berupa tiang berpenahan kabel (*guyed*) atau menara yang dapat direbahkan (*tilt-down*) agar perawatan dilakukan dari tanah, sehingga lebih aman daripada memanjat. Menara yang kendur atau kabel penahan yang longgar menimbulkan getaran.

6. Sumbu horizontal dan sumbu vertikal

Turbin angin dibedakan menurut arah poros rotornya (Gambar 2.14).

- **Sumbu horizontal** (*horizontal axis wind turbine*, HAWT): poros sejajar arah angin, seperti kipas angin. Inilah jenis yang paling banyak dipakai karena umumnya lebih efisien. Rotor harus menghadap angin, sehingga memerlukan ekor atau sistem *yaw*.
- **Sumbu vertikal** (*vertical axis wind turbine*, VAWT): poros berdiri tegak dan bilah berputar mengelilinginya. Turbin ini menerima angin dari segala arah sehingga tidak perlu menghadap angin, dan generatornya dapat diletakkan dekat tanah. Umumnya efisiensinya lebih rendah. Biasanya dipakai bila angin sering berubah arah atau ruang terbatas.



Perbandingan	Sumbu horizontal	Sumbu vertikal
Arah angin	perlu menghadap angin (ekor atau yaw)	menerima angin dari segala arah
Efisiensi (umumnya)	lebih tinggi	lebih rendah
Letak generator	di puncak menara	dapat di dekat tanah
Cocok untuk	tempat terbuka, angin cukup tetap	angin sering berubah arah, ruang terbatas

Gambar 2.14 Perbandingan turbin angin sumbu horizontal dan sumbu vertikal. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

7. Getaran dan gejalanya

Turbin yang sehat berputar mulus. Getaran, bunyi kasar, atau menara yang bergoyang adalah tanda ada yang tidak beres. Penyebab yang umum: bilah kotor, retak, atau tidak seimbang; baut hub atau baut menara kendur; bantalan generator aus; kabel penahan menara longgar; atau turbulensi karena lokasi dekat penghalang. Tindakan yang benar: **hentikan rotor dengan rem lebih dulu**, kunci, baru periksa dari tempat yang aman. Naik ke menara hanya dilakukan setelah rotor berhenti dan terkunci, memakai alat pelindung jatuh (dibahas di sub bab 2.5). Gejala dicatat di logbook dan dilaporkan.

Contoh 1 — Membaca zona kerja turbin dari kurva konsep

Turbin angin 1 kW milik sebuah penginapan di Pulau Rote (2027) memakai kurva Gambar 2.13 (mulai 3 m/s, nominal 11 m/s, henti 25 m/s; antara mulai dan nominal daya dihitung dengan model $P = 1.000 \times (v^3 - 3^3) \div (11^3 - 3^3)$ watt). Anemometer mencatat lima kecepatan angin: 2 m/s, 4 m/s, 7 m/s, 12 m/s, dan 27 m/s. Tentukan zona dan perkiraan daya tiap kecepatan. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. 2 m/s lebih kecil dari kecepatan mulai (3 m/s): **zona 1**, daya 0.
2. 4 m/s berada di antara 3 dan 11 m/s: **zona 2**. Hitung $4^3 = 64$ dan $64 - 27 = 37$. Penyebut $11^3 - 3^3 = 1.331 - 27 = 1.304$. Daya $= 1.000 \times 37 \div 1.304 \approx 28$ W.
3. 7 m/s: **zona 2**. $7^3 = 343, 343 - 27 = 316$. Daya $= 1.000 \times 316 \div 1.304 \approx 242$ W.
4. 12 m/s lebih besar dari kecepatan nominal dan kurang dari kecepatan henti: **zona 3**, daya dibatasi pada nominal, yaitu **1.000 W**.
5. 27 m/s lebih besar dari kecepatan henti (25 m/s): **zona 4**, turbin dihentikan, daya 0.

Jawaban: 2 m/s → zona 1 (0 W); 4 m/s → zona 2 (± 28 W); 7 m/s → zona 2 (± 242 W); 12 m/s → zona 3 (1.000 W); 27 m/s → zona 4 (0 W). Perhatikan bahwa kenaikan dari 4 ke 7 m/s hanya sekitar 1,75 kali, tetapi dayanya naik lebih dari delapan kali.

Contoh 2 — Menelusuri sebab produksi turun pada musim tertentu

Pengelola turbin 1 kW di sebuah tambak di Pulau Rote (2027) heran: produksi harian pada Agustus jauh lebih rendah daripada Maret, padahal bilah, generator, ekor, dan *yaw* sudah diperiksa dan baik. Anemometer menghasilkan lama angin per kelas kecepatan (jam per hari):

Kelas kecepatan angin	Maret	Agustus
di bawah 3 m/s (zona 1)	8 jam	17 jam
3–7 m/s (kecepatan wakil 5 m/s)	10 jam	6 jam
7–11 m/s (kecepatan wakil 9 m/s)	5 jam	1 jam
di atas 11 m/s (daya nominal)	1 jam	0 jam

Gunakan kurva yang sama dengan Contoh 1, perkirakan energi harian tiap bulan, dan simpulkan penyebabnya. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. Daya wakil tiap kelas dari model: 5 m/s ≈ 75 W, 9 m/s ≈ 538 W, di atas 11 m/s = 1.000 W, di

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

bawah 3 m/s = 0 W.

2. Energi Maret = $8 \times 0 + 10 \times 75 + 5 \times 538 + 1 \times 1.000 = 4.440$ Wh ≈ **4,4 kWh** per hari.
3. Energi Agustus = $17 \times 0 + 6 \times 75 + 1 \times 538 + 0 \times 1.000 = 988$ Wh ≈ **1,0 kWh** per hari.
4. Perbandingan: $4{,}44 \div 0{,}99 \approx 4{,}5$. Produksi Agustus tinggal sekitar seperlima.
5. Penyebab: pada Agustus angin berada di bawah kecepatan mulai selama 17 jam, sehingga hampir seharian turbin tidak menghasilkan daya. Peralatan sehat, jadi ini bukan kerusakan.
6. Tindak lanjut: bukan membongkar generator, tetapi menilai apakah menara perlu ditinggikan (angin lebih kencang), memindahkan turbin, atau melengkapi dengan sumber lain seperti PLTS (sistem hibrida) pada musim angin lemah.

Jawaban: produksi turun karena **angin musiman melemah di bawah kecepatan mulai**, bukan kerusakan. Perkiraan energi harian turun dari ± 4,4 kWh menjadi ± 1,0 kWh. Perkiraan ini kasar karena memakai kecepatan wakil tiap kelas.

Contoh 3 — Mengapa angin dua kali lebih kencang memberi daya delapan kali

Di sebuah dusun, turbin kecil berada di zona 2 pada angin 4 m/s. Kepala dusun bertanya, "Kalau angin naik jadi 8 m/s, produksi dua kali lipat, kan?" Jelaskan jawabannya dengan hubungan $P \propto v^3$. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. Perbandingan kecepatan: $8 \div 4 = 2$.
2. Daya sebanding v^3, sehingga perbandingan daya $= 2^3 = 8$.
3. Jadi daya yang tersedia pada angin 8 m/s kira-kira 8 kali daya yang tersedia pada angin 4 m/s.
4. Catatan: daya listrik turbin yang nyata mengikuti kurva pabrik. Kurva itu dapat naik lebih curam di dekat kecepatan mulai dan mendatar di atas kecepatan nominal. Arah kesimpulannya tetap sama: kenaikan dayanya jauh lebih besar daripada dua kali.

Jawaban: bukan dua kali, tetapi **sekitar delapan kali** menurut hubungan $P \propto v^3$. Karena itu menaikkan menara ke angin yang lebih kencang sangat bermanfaat.

Ringkasan bagian ini

Bilah berbentuk sayap mengubah angin menjadi putaran; daya sebanding dengan pangkat tiga kecepatan angin. Komponen utama: bilah, hub, generator magnet permanen, nacelle, ekor, poros *yaw*, menara, rem, kabel. Generator menghasilkan AC "liar" yang disearahkan lalu masuk pengendali dan baterai; ketika baterai penuh, daya dialihkan ke beban pembuang agar turbin tidak pernah tanpa beban. Turbin bekerja antara kecepatan mulai dan henti, dengan daya nominal di antaranya. Menara tinggi menempatkan rotor pada angin yang lebih kencang dan tenang. Yaw macet membuat rotor tidak menghadap angin.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- **Daya angin** sebanding dengan v^3: angin dua kali lebih kencang memberi daya sekitar delapan kali.
- **Komponen:** bilah, hub, nacelle, generator magnet permanen (AC; tidak butuh arus dari baterai), ekor + poros *yaw* (rotor menghadap angin), menara, rem, kabel.
- **Alur listrik:** generator AC → penyearah → pengendali → baterai → inverter; ketika baterai penuh → **dump load**; turbin tidak boleh tanpa beban.
- **Kurva daya:** di bawah kecepatan mulai nol; naik tajam; nominal dibatasi; di atas kecepatan henti turbin dihentikan.
- **Menara tinggi** = angin lebih kencang dan tenang; tiang pendek di antara penghalang = produksi rendah.
- **Gejala:** rotor tidak menghadap angin → periksa bantalan *yaw*; getaran → rem rotor, periksa bilah, baut, dan menara.

Gambar 2.15 merangkum hubungan antarkonsep itu.



Gambar 2.15 Peta konsep komponen, alur listrik, kecepatan kerja, dan jebakan PLTB. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal pembangkit bayu:

1. **Tentukan apa yang ditanyakan:** fungsi komponen, sebab produksi turun, atau tindakan perawatan.
2. **Telusuri alur dari rotor ke beban** dan tandai komponen yang disebut dalam cerita. Gejala biasanya menunjuk ke satu komponen.
3. **Pasangkan gejala dengan tugas komponen:** rotor tidak menghadap angin → bantalan *yaw* dan ekor; elemen pemanas panas saat baterai penuh → dump load bekerja normal; produksi turun musiman dengan peralatan sehat → angin di bawah kecepatan mulai.
4. **Periksa opsi yang mengabaikan keselamatan:** naik menara sebelum rotor dikunci, atau melepas kabel agar rotor "berhenti".
5. **Bila ada data kecepatan angin,** cari zona kerjanya dulu (di bawah mulai, naik, nominal, atau henti) baru menafsirkan.

Jebakan khas pada soal ini:

- **Tiang pendek dianggap sama baiknya** dengan tiang tinggi.
- **Angin kencang dianggap selalu menguntungkan**, padahal di atas nominal daya dibatasi dan di atas henti turbin berhenti.
- **Keluaran generator AC dianggap langsung bisa mengisi baterai.**
- **Kabel turbin dilepas** agar energi tidak terbuang atau agar rotor berhenti; rotor justru berputar lebih cepat.
- **Generator dianggap sumber masalah** padahal ekor dan *yaw* yang macet.
- **Elemen pemanas yang panas dianggap kerusakan**, padahal itu dump load yang bekerja.
- **Generator magnet permanen dianggap perlu arus dari baterai** untuk membentuk medan magnet.

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menceritakan turbin angin kecil di tambak yang mengisi baterai melalui pengendali dengan beban pembuang. Bedah dengan urutan: apa yang terjadi saat baterai penuh, ke mana daya turbin pergi, dan apa akibatnya bila turbin dibiarkan tanpa beban. Pakailah bagian 3 pada materi untuk menilai usulan dalam cerita.

►. PLTB 1 kW di sebuah tambak udang pesisir (2027) mengisi baterai melalui pengendali turbin yang dilengkapi beban pembuang (dump load) berupa elemen pemanas. Pada siang hari yang berangin kencang baterai sudah penuh, dan pengendali mengalirkan arus ke elemen pemanas sehingga elemen terasa panas. Siswa PKL, Nanda, menilai energinya terbuang dan mengusulkan agar kabel turbin dilepas saja dari pengendali setiap kali baterai penuh.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)

Tanggapan yang paling tepat terhadap usulan Nanda adalah ....

A. Setuju, karena kabel yang dilepas membuat rotor berhenti dan energinya tidak terbuang
B. Setuju, asalkan kabel dilepas hanya pada siang hari ketika angin bertiup kencang
C. Tidak setuju, karena baterai yang penuh tetap perlu diisi agar tegangannya tidak turun
D. Tidak setuju, karena turbin tanpa beban dapat berputar terlalu cepat lalu rusak
E. Tidak setuju, karena elemen pemanas berfungsi mengisi baterai ketika angin melemah

Pembahasan **Kunci: D**

Konsep: Generator turbin angin kecil perlu selalu dibebani. Saat baterai penuh, pengendali mengalihkan daya ke dump load agar rotor tetap teredam. Turbin tanpa beban dapat berputar berlebihan (overspeed), menimbulkan getaran, tegangan tinggi, dan kerusakan bilah atau generator.

Langkah:

1. Baterai penuh → pengisian dihentikan.
2. Daya turbin tetap harus ke suatu beban → dialihkan ke dump load.
3. Bila kabel dilepas, generator tanpa beban → rotor makin cepat → berbahaya.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: melepas kabel justru menghilangkan beban sehingga rotor berputar makin cepat, bukan berhenti.
• **B.** ✗ Angin kencang malah memperbesar risiko putaran berlebih bila kabel dilepas.
• **C.** ✗ Baterai penuh tidak boleh terus diisi; pengisian berlebih merusak baterai.
• **D.** ✓ Dump load menjaga turbin tetap terbebani sehingga putarannya terkendali.
• **E.** ✗ Elemen pemanas mengubah listrik menjadi panas, tidak menyimpan energi untuk mengisi baterai.

Jawaban: D.

✎ LATIHAN

Kerjakan tanpa melihat kunci. Pada soal kasus, tulis dulu gejalanya dan bagian turbin yang bertanggung jawab. Pada soal pernyataan, nilai tiap pernyataan satu per satu terhadap tugas komponen.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1. Turbin angin 500 W di sebuah penginapan pantai (2027) dipasang di atas tiang dengan ekor pengarah. Sejak musim angin barat, produksinya sangat rendah walaupun angin bertiup kencang. Teknisi Rahmat melihat rotor tetap menghadap timur, padahal angin datang dari barat, walaupun angin sudah berganti arah sejak seminggu lalu. Bilah, generator, dan kabel tidak menunjukkan kerusakan.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Bagian yang paling tepat diperiksa lebih dahulu adalah ....

A. Generator, karena kumparannya mungkin terbakar oleh angin kencang
B. Bilah rotor, karena bilah yang kotor membuat rotor tidak menghadap angin
C. Pengendali pengisian, karena baterai penuh menghentikan putaran rotor
D. Tiang, karena tiang yang terlalu tinggi membuat angin bergolak
E. Bantalan poros yaw, karena macet sehingga ekor tidak dapat memutar arah

2. Siswa PKL, Bagas, ikut membongkar turbin angin 3 kW di sebuah sekolah pesisir untuk perawatan berkala (2027). Turbin itu bertipe tanpa gearbox (rotor langsung memutar generator magnet permanen) dan mengisi bank baterai melalui pengendali. Menaranya setinggi 18 m. Bagas mencatat beberapa pernyataan untuk laporannya, lalu pembimbing memeriksa kebenarannya.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pernyataan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Karena tanpa gearbox, putaran generator sama dengan putaran rotor.
☐ B. Rotor dihentikan dan dikunci dengan rem sebelum teknisi naik ke menara.
☐ C. Generator magnet permanen memerlukan arus dari baterai untuk membangkitkan medan magnetnya.
☐ D. Pengendali menyearahkan listrik AC dari generator menjadi DC sebelum mengisi baterai.
☐ E. Menara yang tinggi menempatkan rotor pada angin yang lebih kencang dan lebih tenang.

Kunci singkat: 1. E 2. A, B, D, E

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

✔ PERIKSA DIRI

- Sebuah turbin angin kecil menghasilkan hampir nol daya selama sebulan walaupun bilah, generator, dan kabel utuh, dan anemometer mencatat angin rata-rata di bawah kecepatan mulai. Apakah ini kerusakan? Jelaskan dengan kurva daya.
- Mengapa baterai yang sudah penuh tidak membuat pengendali memutus turbin begitu saja, dan apa yang terjadi bila kabel turbin dilepas?
- **Yang harus kuingat:** daya angin sebanding v^3; generator turbin menghasilkan AC yang harus disearahkan; turbin tidak boleh tanpa beban (dump load, rem); rotor harus menghadap angin (ekor dan *yaw*); menara tinggi memberi angin lebih baik.



Latihan interaktif di LMS

Sub bab 2.3: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktet&node=SMKTET-2.3

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 2.4 · Komponen utama dan prinsip kerja pembangkit listrik tenaga biomassa

SMKTET-2.4

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu mengenali **pekerjaan dasar pada pembangkit biomassa**: jenis bahan bakarnya, jalur pengubahan energinya, komponen utama, dan cara menelusuri gangguan. Soal biasanya menceritakan instalasi biogas rumah tangga atau peternakan, atau gasifikasi sekam di penggilingan padi. Ada soal bergambar penampang digester dengan bagian bernomor. Kamu diminta **menjelaskan kejadian yang tampak ganjil** (misalnya cairan naik-turun, api tersendat, asap tebal) dan **memilih tindakan perawatan yang tepat**.

Soal sub bab ini sering memuat kejadian yang sebenarnya **normal** tetapi tampak seperti kerusakan, atau kejadian yang tampak sepele tetapi sebenarnya menunjuk ke satu komponen tertentu. Karena itu kamu perlu paham cara kerja prosesnya, bukan hanya nama bagiannya.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menyebutkan jenis biomassa dan tiga jalur pengubahannya menjadi energi;
- menjelaskan tahap fermentasi anaerob yang menghasilkan biogas;
- menyebutkan komponen digester kubah tetap dan tugasnya, termasuk penjebak air dan penyaring H_2S;
- menjelaskan mengapa cairan di bak pengimbang naik dan turun, dan membedakannya dari kebocoran;
- menjelaskan empat zona gasifikasi dan syarat bahan bakar gasifier;
- menelusuri sebab gangguan biogas dan gasifikasi serta menentukan tindakan yang aman.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Biomassa adalah bahan organik yang berasal dari tumbuhan dan hewan, yang dapat dijadikan sumber energi. Contohnya kotoran sapi dan babi, sekam padi, cangkang sawit, ampas tebu, serbuk gergaji, ranting, dan limbah organik pabrik tahu. Bahan-bahan itu menyimpan energi matahari yang dulu ditangkap tumbuhan lewat fotosintesis. Biomassa disebut terbarukan karena bahannya terus tumbuh kembali, dan sering berupa limbah yang sebelumnya terbuang. Biomassa tidak dipakai langsung sebagai listrik. Ia diubah dulu menjadi gas atau panas, baru dimanfaatkan.

1. Tiga jalur pengubahan biomassa

Jalur	Bahan khas	Prosesnya	Hasil dan pemakaian

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Biogas	kotoran ternak basah, limbah organik cair	fermentasi oleh bakteri **tanpa udara** (anaerob) di dalam digester	gas metana (biogas) untuk kompor, lampu, atau genset; ampas untuk pupuk
Gasifikasi	bahan kering: sekam, serpihan kayu, tempurung	dipanaskan dengan udara **terbatas** sehingga berubah menjadi gas mampu bakar	gas (*producer gas*) untuk genset atau pembakar
Pembakaran langsung	cangkang sawit, ampas tebu, kayu	dibakar di tungku (*boiler*) untuk memanaskan air menjadi uap bertekanan	uap memutar turbin uap yang menggerakkan generator

Biogas cocok untuk bahan yang basah, sedangkan gasifikasi dan pembakaran langsung cocok untuk bahan yang kering. Pembakaran langsung biasa dipakai di pabrik besar yang memiliki limbah banyak, misalnya pabrik minyak sawit dan pabrik gula, sedangkan biogas dan gasifikasi lebih sering ditemui pada skala desa, peternakan, atau pabrik kecil.

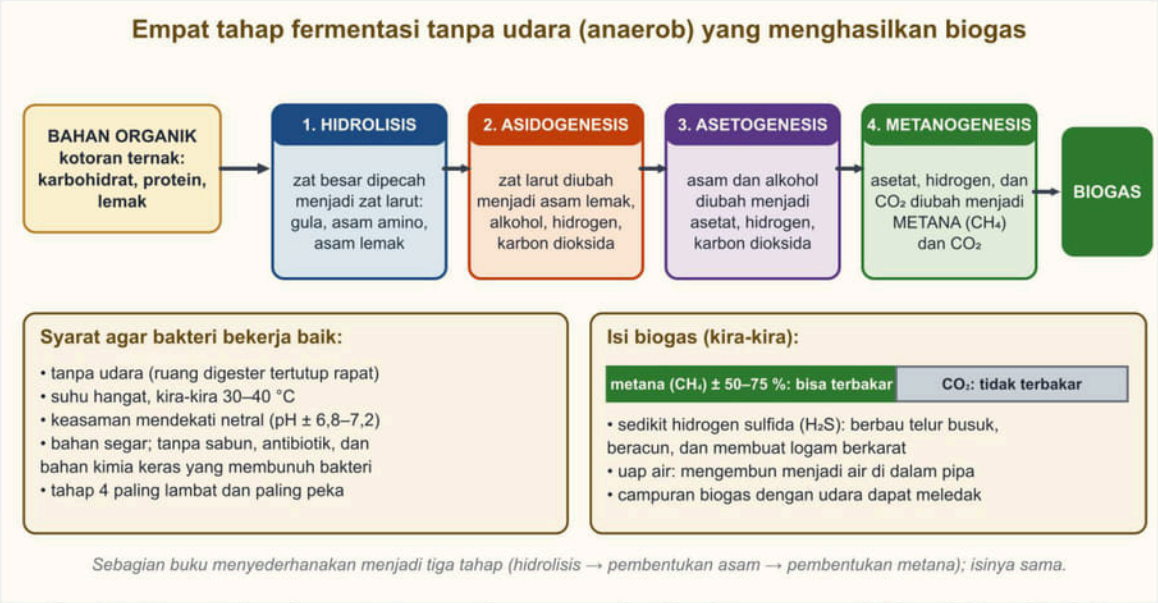
2. Biogas: fermentasi tanpa udara

Di dalam ruang tertutup tanpa udara, bakteri menguraikan bahan organik secara bertahap. Hasil akhirnya biogas. Prosesnya berlangsung dalam **empat tahap** yang dikerjakan kelompok bakteri berbeda (Gambar 2.16):

1. **Hidrolisis**: zat besar seperti karbohidrat, protein, dan lemak dipecah menjadi zat larut yang kecil: gula, asam amino, dan asam lemak.
2. **Asidogenesis** (pembentukan asam): zat larut diubah menjadi asam lemak yang mudah menguap, alkohol, hidrogen, dan karbon dioksida.
3. **Asetogenesis**: asam dan alkohol diubah menjadi asetat, hidrogen, dan karbon dioksida.
4. **Metanogenesis** (pembentukan metana): bakteri penghasil metana mengubah asetat serta hidrogen dan karbon dioksida menjadi **metana** (CH_4) dan karbon dioksida.

Beberapa buku menggabungkan tahap 2 dan 3 menjadi satu "tahap pembentukan asam", sehingga tampak hanya tiga tahap: hidrolisis, pembentukan asam, pembentukan metana. Isinya sama. Yang perlu kamu ingat adalah urutannya: **zat besar → zat kecil larut → asam → metana**.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 2.16 Empat tahap fermentasi anaerob yang menghasilkan biogas, syarat bakteri bekerja baik, dan isi biogas. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Bakteri penghasil metana paling lambat dan paling peka. Mereka bekerja baik bila **tidak ada udara**, suhu **hangat** (kira-kira 30–40 °C, sehingga di daerah tropis cukup stabil), dan **keasaman mendekati netral** (pH sekitar 6,8–7,2). Bahan yang membunuh bakteri, seperti sabun dan deterjen dalam jumlah banyak, antibiotik, dan disinfektan keras, harus dijauhkan dari digester. Bila isian terlalu asam atau tercampur bahan beracun bagi bakteri, produksi gas turun.

Isi biogas terutama metana (kira-kira 50–75 %), yang dapat terbakar, dan karbon dioksida yang tidak terbakar. Ada pula sedikit **hidrogen sulfida** (H_2S) dan uap air. H_2S berbau telur busuk, **beracun**, dan menyebabkan logam berkarat. Uap air mengembun menjadi tetesan di dalam pipa. Biogas yang bercampur udara dengan kadar tertentu (sekitar 6–22 % biogas di udara) dapat meledak bila ada api atau percikan.

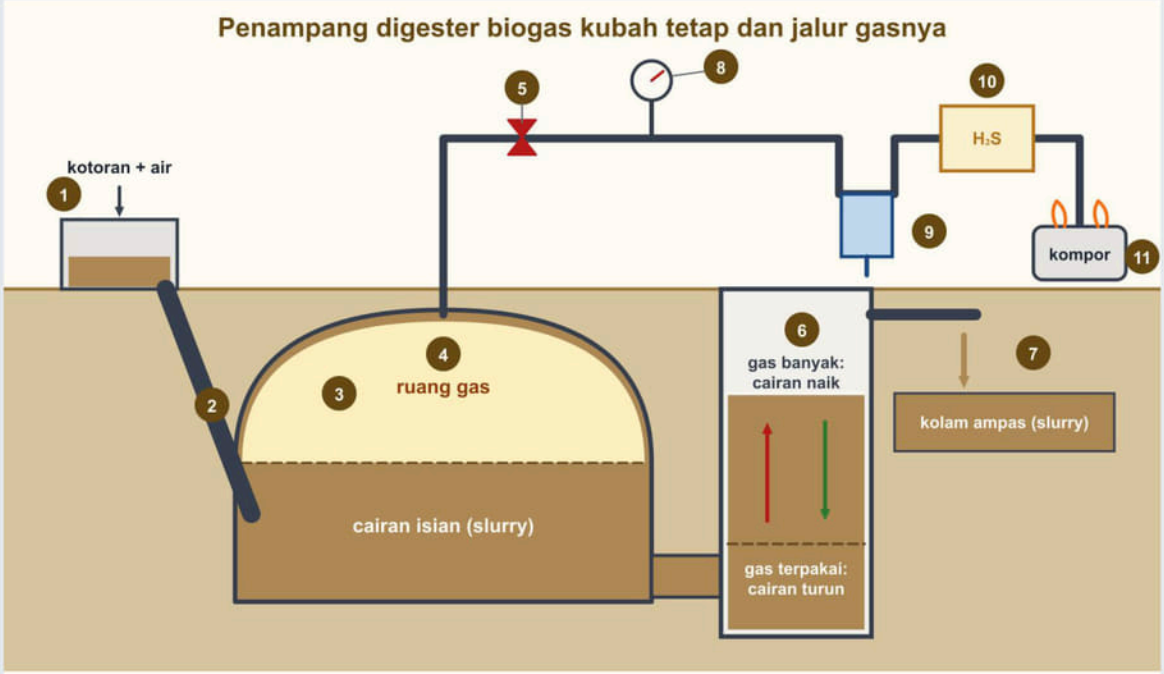
3. Digester kubah tetap dan komponennya

Ada beberapa bentuk digester. **Kubah tetap** (tipe Cina) dibangun dari bata, batu, atau beton, sebagian besar ditanam di dalam tanah, dan paling banyak dipakai di desa. **Balon** atau kantong plastik memanjang lebih murah dan mudah dipasang, tetapi lebih rentan robek. Kubah tetap dibahas rinci karena sering muncul pada soal. Gambar 2.17 menunjukkan bagian-bagiannya, dan tabel berikut menjelaskan tugasnya.

No.	Komponen	Tugas
1	**Bak inlet** (pencampur)	tempat kotoran dicampur air hingga menjadi bubur (*slurry*)
2	**Pipa masuk**	mengalirkan isian ke digester
3	**Digester**	ruang cerna tertutup; bakteri bekerja di sini
4	**Kubah** (ruang gas)	bagian atas digester tempat gas terkumpul
5	**Pipa gas dan katup utama**	menyalurkan gas ke pemakai; katup membuka atau menutup aliran

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

6	**Bak pengimbang** (bak pengeluaran)	menampung cairan yang terdorong keluar oleh gas dan mengembalikannya saat gas dipakai
7	**Ampas** (slurry keluaran)	cairan yang sudah dicerna; meluap ke kolam dan dapat dipakai sebagai pupuk
8	**Manometer**	mengukur tekanan gas
9	**Penjebak air** (*water trap*)	menampung air embun di titik terendah pipa gas dan dikuras berkala
10	**Penyaring H_2S**	menyaring hidrogen sulfida, biasanya berisi bahan berbasis besi seperti wol baja
11	**Kompor atau genset**	pemakai biogas



Gambar 2.17 Penampang digester kubah tetap dengan bak inlet, kubah, bak pengimbang, dan jalur gas sampai kompor. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Mengapa cairan di bak pengimbang naik dan turun? Digester kubah tetap tidak memiliki penutup yang bergerak. Ketika bakteri menghasilkan gas, gas terkumpul di kubah dan **menekan cairan isian** ke luar melalui saluran ke bak pengimbang, sehingga cairan di bak pengimbang naik. Ketika gas dipakai (misalnya sore hari setelah memasak), tekanan turun dan cairan kembali ke digester, sehingga permukaan di bak pengimbang turun. Pola naik pagi dan turun sore yang berulang setiap hari adalah **tanda kerja normal**, bukan tanda kebocoran dan bukan tanda pipa tersumbat. Manometer akan menunjukkan tekanan tinggi saat gas banyak dan rendah setelah gas dipakai. Bila ada kebocoran kubah atau pipa, tekanan justru sulit naik dan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

cairan tidak terdorong seperti biasa.

Mengapa penjebak air dipasang di titik terendah? Biogas keluar dari digester dalam keadaan hangat dan jenuh uap air. Ketika gas mengalir di pipa yang lebih dingin, uap mengembun menjadi tetesan. Tetesan mengalir ke bagian pipa yang paling rendah dan lama-lama membentuk genangan yang menutup lubang pipa, sehingga gas tersendat. Penjebak air menampung genangan itu supaya dapat dikuras. Karena itu pipa gas dipasang **miring teratur menuju penjebak air**, tidak dibiarkan melengkung mengikuti permukaan tanah yang naik-turun sehingga ada titik rendah yang tidak terkuras.

Perawatan rutin biogas: isi digester setiap hari dengan takaran tetap, jangan memasukkan plastik, tanah, atau bahan beracun bagi bakteri, kuras penjebak air berkala, periksa penyaring H_2S, dan periksa kebocoran dengan **air sabun** yang dioleskan pada sambungan (gelembung muncul bila ada bocor). **Jangan memeriksa kebocoran dengan api.**

Alur biogas dari bahan sampai kompor, beserta titik yang diperiksa untuk tiap gejala, dirangkum pada Gambar 2.18.



Gambar 2.18 Alur biogas dari bahan sampai kompor, dan gejala yang diperiksa pada tiap titik. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

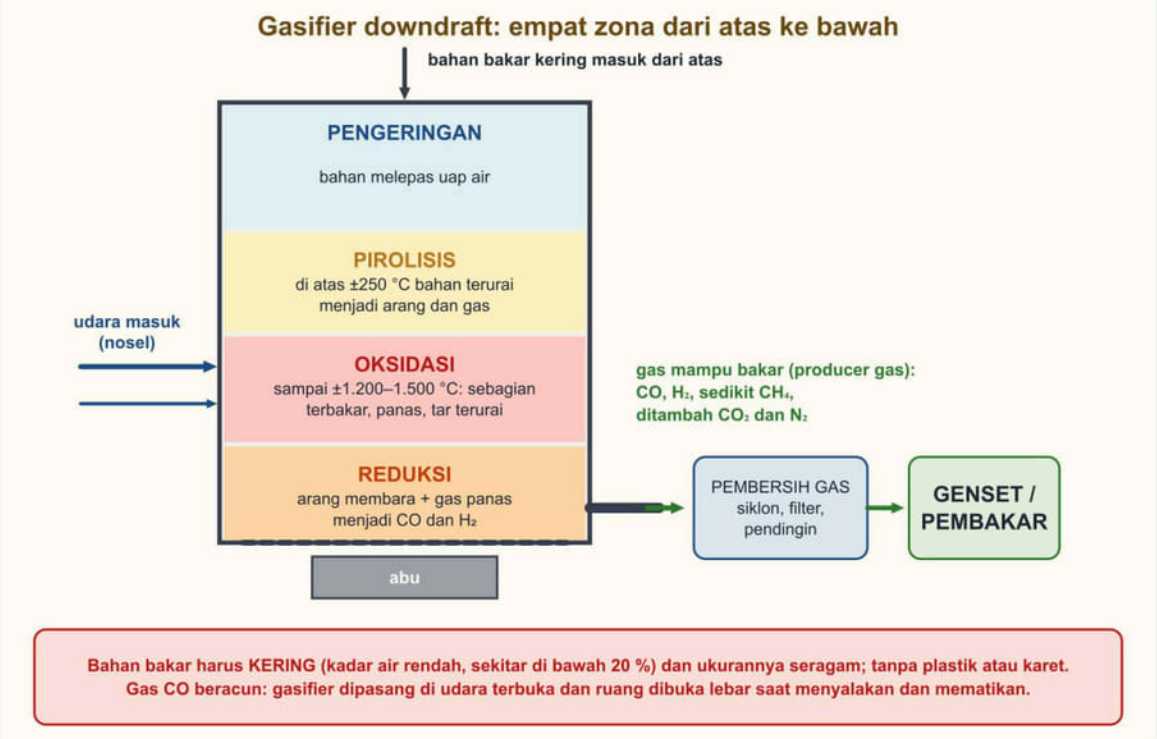
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

4. Gasifikasi: biomassa kering menjadi gas

Gasifikasi mengubah bahan padat yang kering menjadi gas mampu bakar dengan memanaskannya bersama udara yang jumlahnya **dibatasi** (kurang dari yang diperlukan untuk membakar sempurna). Alat yang dipakai disebut **gasifier**. Jenis yang paling umum untuk genset kecil adalah gasifier **downdraft**: bahan bakar masuk dari atas, udara masuk di bagian tengah, dan gas diambil dari bawah. Di dalamnya terbentuk **empat zona** dari atas ke bawah (Gambar 2.19):

1. **Pengeringan**: panas dari zona di bawahnya mengeringkan bahan. Uap air terlepas.
2. **Pirolisis**: pada suhu di atas ±250 °C bahan terurai tanpa terbakar, menjadi arang dan gas yang mudah terbakar. Bila terlalu dingin, sebagian hasil uraian mengembun menjadi tar yang lengket dan merusak mesin.
3. **Oksidasi** (pembakaran terbatas): udara masuk lewat nosel dan sebagian bahan terbakar. Suhu naik tinggi sekali, sampai kira-kira 1.200–1.500 °C. Panas ini menggerakkan seluruh proses, dan tar yang lewat di zona ini terurai.
4. **Reduksi**: arang membara dan gas panas dari zona oksidasi bereaksi sehingga terbentuk **karbon monoksida (CO)** dan **hidrogen (H_2)**, yaitu gas yang dapat dibakar.

Gas hasilnya (*producer gas*) berisi CO, H_2, sedikit metana, karbon dioksida, dan banyak nitrogen. Gas ini dibersihkan dengan siklon, saringan, dan pendingin, lalu dipakai oleh genset atau pembakar. Abu dikeluarkan dari bawah.



Gambar 2.19 Gasifier downdraft dengan empat zona, jalur udara, jalur gas, dan syarat keselamatannya. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Bahan bakar harus kering. Bahan basah memakan panas untuk menguapkan air sehingga suhu proses turun. Akibatnya gas yang terbentuk berkualitas rendah dan sulit menyala, asap

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

bertambah tebal, tar lebih banyak, dan daya genset turun. Untuk gasifier yang dipakai menggerakkan mesin, kadar air bahan sebaiknya di bawah sekitar 20 %; batas yang tepat ditetapkan pabrik gasifier. Karena itu sekam, serpihan kayu, dan bahan lain harus **disimpan di tempat beratap dan berventilasi**, dijemur atau dikeringkan sebelum dipakai, dan tidak ditumpuk di tempat terbuka saat hujan. Ukuran bahan juga harus **seragam dan sesuai rancangan**: bongkahan terlalu besar sulit terbakar, sedangkan serbuk terlalu halus menyumbat aliran gas dan udara. **Plastik, karet, dan bahan berbahaya tidak boleh dimasukkan** karena menghasilkan asap beracun dan merusak alat. Menambah udara sebanyak-banyaknya tidak menolong; udara berlebih membakar gas yang justru ingin dihasilkan.

Keselamatan gasifikasi. Gas CO sangat beracun karena menghalangi darah mengangkut oksigen, dan tidak berbau sehingga sulit disadari. Karena itu gasifier ditempatkan di **udara terbuka** (boleh beratap) dan tidak di ruang tertutup. Bahaya terbesar muncul saat menyalakan dan mematikan, ketika gas dapat keluar. Pada saat itu ruang dibuka lebar dan pekerja tidak berada di arah gas.

5. Pembakaran langsung

Pada jalur ini bahan padat seperti cangkang sawit atau ampas tebu dibakar di tungku **boiler**. Panasnya mengubah air menjadi uap bertekanan tinggi. Uap itu memutar **turbin uap**, turbin memutar generator, dan uap bekas didinginkan menjadi air yang dialirkan kembali ke boiler. Pembangkit ini biasanya besar dan dioperasikan oleh petugas bersertifikat karena suhu dan tekanannya tinggi. Bahaya khasnya adalah panas, uap bertekanan, dan abu. Bahan bakarnya tetap harus kering agar pembakaran baik.

6. Gangguan khas dan cara menelusurinya

Gejala	Dugaan sebab	Pemeriksaan dan tindakan
Api kompor tersendat atau padam, tekanan di digester tinggi	air embun menyumbat titik rendah pipa gas	kuras penjebak air; perbaiki kemiringan pipa
Tekanan rendah di semua titik, produksi gas turun	isian kurang atau salah, suhu turun, pH tidak sesuai, ada bahan beracun bagi bakteri, kebocoran	periksa bahan isian dan jumlahnya; cek kebocoran dengan air sabun
Bau telur busuk, logam berkarat cepat	H_2S tidak tersaring	ganti atau regenerasi penyaring H_2S
Cairan di bak pengimbang naik pagi dan turun sore	**normal**	tidak perlu tindakan
Gasifier: asap tebal, gas sulit menyala, daya turun	bahan bakar basah	keringkan bahan, simpan di tempat beratap
Gasifier: bahan macet tidak turun	ukuran tidak seragam atau terlalu halus	ayak dan seragamkan bahan
Bau gas di sekitar pipa	bocor	tutup katup utama, ventilasi, cari bocor dengan air sabun

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Contoh 1 — Menelusuri sebab api kompor biogas yang tersendat

Digester kubah tetap 6 m^3 milik keluarga Pak Yosef di Kupang (2027) memasok gas melalui pipa sepanjang 30 m yang dipasang menuruni lalu menaiki halaman berundak sehingga ada satu lekukan rendah di dekat kandang. Setiap sore api kompor mengecil lalu tersendat. Teknisi desa memasang manometer pipa U di dua titik. Dekat digester (katup utama terbuka, kompor mati) selisih kolom air 14 cm. Dekat kompor (kompor menyala) hanya 2 cm. Telusuri sebabnya dan tentukan tindakannya. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. Pada titik dekat digester tekanan 14 cm kolom air: gas cukup tersedia di digester. Masalah produksi gas dapat disingkirkan lebih dulu.
2. Dekat kompor tekanan hanya 2 cm. Selisihnya $14 - 2 = 12$ cm kolom air, kira-kira $0{,}12 \times 9.800 \approx 1.176$ Pa atau 1,2 kPa. Ada hambatan di antara dua titik, sehingga gas tertahan di tengah jalan.
3. Cari hambatan di sepanjang pipa. Pipa menuruni halaman berundak sehingga ada lekukan rendah di dekat kandang. Biogas jenuh uap air, jadi embun berkumpul di titik rendah dan menutup sebagian lubang pipa.
4. Tindakan: tutup katup utama, kuras penjebak air di titik terendah (atau pasang bila belum ada), lalu perbaiki pipa agar miring teratur menuju penjebak air. Buka katup perlahan.
5. Periksa ulang manometer dekat kompor. Bila kini mendekati 11 cm, hambatan sudah hilang dan api stabil.

Jawaban: penyebabnya **air embun yang menyumbat titik rendah pipa gas**, bukan kekurangan gas. Tindakannya **menguras penjebak air dan memperbaiki kemiringan pipa**.

Contoh 2 — Menentukan bahan bakar yang boleh masuk gasifier

Pabrik kecil pengolahan kopra di Minahasa (2027) memakai gasifier downdraft 15 kW. Kepala operator, Bu Rahma, mencatat enam bahan yang tersedia hari itu. Pedoman pabrik: kadar air di bawah sekitar 20 %, ukuran seragam 1–3 cm, tanpa plastik atau karet. Tentukan bahan mana yang boleh masuk. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

No.	Bahan	Kadar air	Keterangan
A	tempurung kelapa pecah dan kering, disimpan di gudang beratap	12 %	seragam
B	serpihan kayu karet kering, 2–3 cm	15 %	seragam
C	kayu bakar yang kehujanan di halaman terbuka	35 %	basah
D	ranting segar yang baru dipotong	45 %	basah
E	sobekan plastik pembungkus karung	—	plastik
F	serbuk gergaji sangat halus, kering	10 %	terlalu halus

1. Terapkan syarat pertama (kadar air di bawah ±20 %): A (12 %) dan B (15 %) lolos; F (10 %)

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

juga lolos; C (35 %) dan D (45 %) gagal.

2. Terapkan syarat kedua (tanpa plastik atau karet): E gagal.
3. Terapkan syarat ketiga (ukuran sesuai rancangan 1–3 cm): F terlalu halus dan dapat menyumbat aliran gas dan udara, sehingga gagal.
4. Tinggal A dan B yang memenuhi semua syarat.
5. Tindakan untuk C: dikeringkan dahulu di tempat beratap dan berventilasi, lalu diperiksa kadar airnya sebelum dipakai.

Jawaban: yang boleh masuk adalah **A (tempurung kelapa kering) dan B (serpihan kayu karet kering)**. C perlu dikeringkan lebih dulu; D, E, dan F tidak boleh dipakai.

Ringkasan bagian ini

Biomassa diubah menjadi energi lewat tiga jalur: biogas (fermentasi anaerob empat tahap: hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis, metanogenesis), gasifikasi (pengeringan, pirolisis, oksidasi, reduksi), dan pembakaran langsung (boiler dan turbin uap). Digester kubah tetap terdiri atas bak inlet, digester, kubah, bak pengimbang, pipa gas, manometer, penjebak air, dan penyaring H_2S. Naik-turun cairan di bak pengimbang adalah tanda normal. Penjebak air di titik terendah menjaga gas lancar. Gasifier memerlukan bahan bakar kering, seragam, tanpa plastik. Gas biogas dan gas gasifier berbahaya (H_2S, CO, mudah terbakar), sehingga kebocoran diperiksa dengan air sabun dan gasifier ditempatkan di udara terbuka.

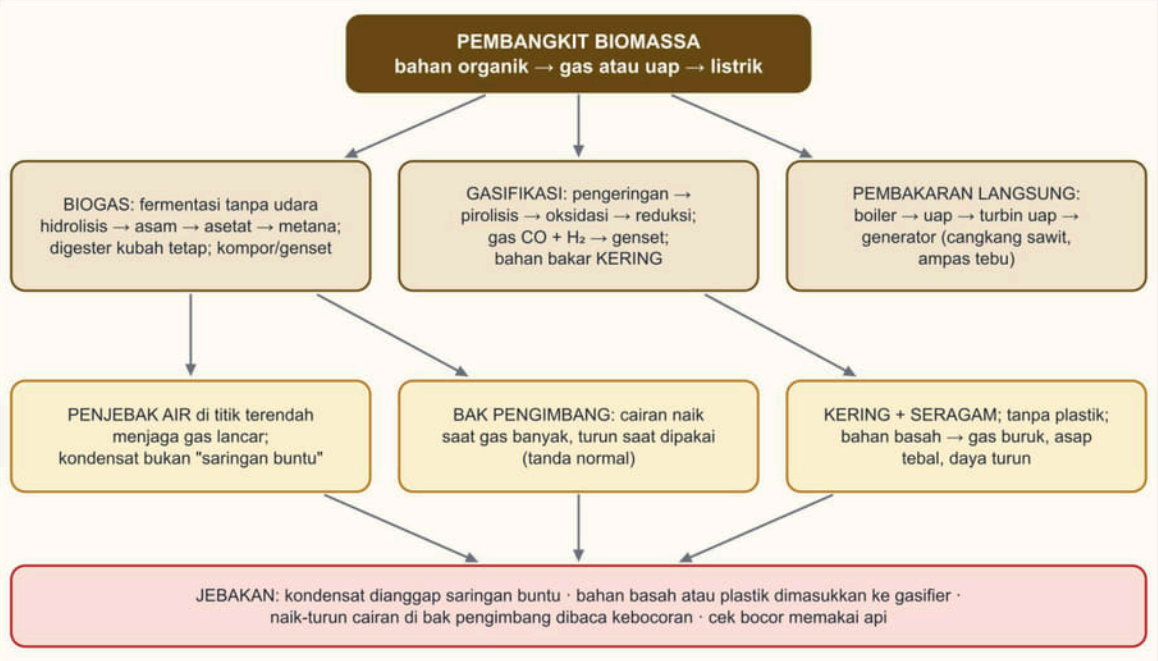
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- **Tiga jalur biomassa:** biogas (basah, tanpa udara), gasifikasi (kering, udara terbatas), pembakaran langsung (boiler → uap → turbin).
- **Fermentasi anaerob:** hidrolisis → asidogenesis → asetogenesis → metanogenesis; butuh tanpa udara, hangat, pH netral; hasil: metana ± 50–75 %, CO_2, sedikit H_2S.
- **Digester kubah tetap:** bak inlet → digester → kubah (gas) → pipa gas (katup, manometer, penjebak air, penyaring H_2S) → kompor; cairan naik-turun di bak pengimbang = normal.
- **Penjebak air** di titik terendah; kondensat menyumbat pipa, bukan saringan buntu.
- **Gasifier downdraft:** pengeringan → pirolisis (> 250 °C) → oksidasi (± 1.200–1.500 °C) → reduksi; bahan kering, seragam, tanpa plastik.
- **Keselamatan:** biogas mudah meledak dan H_2S beracun; CO beracun; bocor dicari dengan air sabun, bukan api; gasifier di tempat terbuka.

Gambar 2.20 merangkum hubungan antarkonsep itu.



Gambar 2.20 Peta konsep tiga jalur biomassa, komponen biogas, gasifikasi, dan jebakan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal pembangkit biomassa:

1. **Tentukan jalurnya:** biogas, gasifikasi, atau pembakaran langsung. Banyak jawaban ditentukan oleh jalur (bahan basah atau kering, ada udara atau tidak).
2. **Pada soal bergambar, ikuti jalur bahan dan gas** dari bak inlet sampai kompor dan cocokkan nomor dengan tabel komponen.
3. **Tanyakan: apakah kejadian ini normal?** Cairan naik-turun mengikuti pemakaian gas adalah normal. Jangan memilih opsi "perbaiki kebocoran" untuk kejadian normal.
4. **Pasangkan gejala dengan komponen:** api tersendat dengan tekanan digester tinggi → penjebak air; bau telur busuk → penyaring H_2S; asap tebal pada gasifier → bahan basah.
5. **Pilih tindakan yang menghilangkan penyebab dan aman:** menguras penjebak air, mengeringkan bahan, dan tidak memakai api untuk mencari kebocoran.

Jebakan khas pada soal ini:

- **Kondensat di pipa dianggap saringan buntu**, lalu saringan H_2S yang diganti.
- **Produksi gas dianggap kurang** padahal tekanan digester tinggi; yang kurang adalah aliran di pipa.
- **Bahan bakar basah atau plastik dimasukkan ke gasifier** supaya "lebih banyak panas".
- **Udara gasifier dibuka sebesar-besarnya** agar bahan basah terbakar; gas justru terbakar habis.
- **Naik-turun cairan di bak pengimbang dibaca sebagai kebocoran** atau pipa tersumbat.
- **Letak ruang gas dan bak pengimbang tertukar** pada gambar penampang.
- **Kebocoran dicari memakai api** atau korek.

● BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menceritakan instalasi biogas kubah tetap yang api kompornya sering tersendat padahal manometer di digester menunjukkan tekanan tinggi. Bedah dengan urutan: apakah produksi gas bermasalah, di mana gas tertahan, dan tindakan apa yang menghilangkan penyebabnya. Pakailah bagian 3 pada materi untuk menyingkirkan opsi yang menyalahkan produksi gas atau menggantikan alat yang tidak bermasalah.

►. Instalasi biogas kubah tetap di rumah Bu Siti (2027) mengalirkan gas melalui pipa sepanjang 25 m ke dapur. Sejak musim hujan, api kompor sering tersendat-sendat lalu padam, padahal manometer di dekat digester menunjukkan tekanan gas tinggi. Pipa gas dipasang mengikuti parit halaman sehingga ada bagian yang melengkung ke bawah, dan belum pernah dibuka sejak dipasang. Kotoran sapi diisikan setiap hari seperti biasa.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)

Tindakan perawatan yang paling tepat adalah ....

A. Menambah jumlah kotoran sapi yang diisikan agar produksi gas meningkat
B. Menguras penampung air di titik terendah pipa gas secara berkala
C. Memasang saringan H_2S berisi serbuk besi di dekat kompor dapur
D. Mengurangi air pengencer kotoran agar isi digester menjadi lebih kental
E. Mengganti kompor dengan kompor bersaluran gas lebih besar agar api stabil

Pembahasan **Kunci: B**

Konsep: Biogas jenuh uap air. Uap mengembun dan berkumpul di bagian pipa yang rendah sehingga menyumbat aliran gas. Penampung air (water trap/drain) dipasang di titik terendah dan dikuras berkala.

Langkah:

1. Tekanan di digester tinggi → produksi gas tidak bermasalah.
2. Musim hujan dan pipa melengkung ke bawah yang belum pernah dikuras → uap air mengembun dan berkumpul di titik terendah sehingga menyumbat.
3. Tindakan: kuras air di penampung titik terendah dan periksa rutin.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: produksi gas tidak bermasalah karena tekanan di digester tinggi.
- **B.** ✓ Air kondensat dibuang dari titik terendah sehingga aliran gas lancar kembali.
- **C.** ✗ Jebakan: saringan H_2S mengurangi bau dan korosi, tetapi tidak mengatasi sumbatan air.
- **D.** ✗ Kekentalan isian memengaruhi proses di digester, bukan sumbatan air di pipa.
- **E.** ✗ Kompor tidak bermasalah; gasnya tertahan di pipa sebelum sampai ke kompor.

Jawaban: B.

✎ LATIHAN

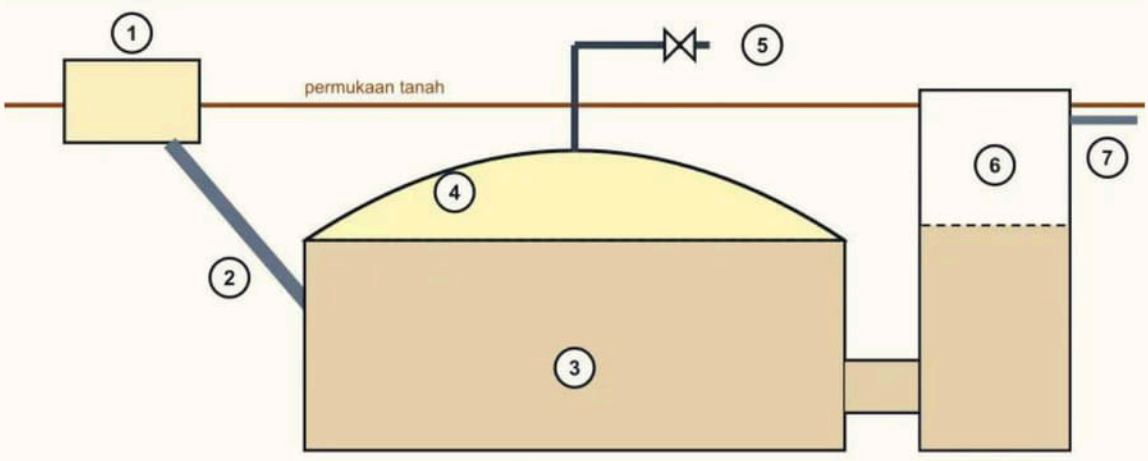
Kerjakan tanpa melihat kunci. Pada soal bergambar, tandai dulu bagian bernomor (ruang gas, bak pengimbang, pipa masuk) sebelum membaca opsi. Pada soal kasus, tanyakan dulu apakah kejadian itu normal atau menunjukkan gangguan.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1. Penggilingan padi milik Pak Udin (2027) memakai pembangkit biomassa sistem gasifikasi berbahan bakar sekam untuk memutar genset 20 kW. Selama musim hujan, sekam ditumpuk di halaman terbuka. Operator melaporkan asap keluaran lebih tebal, gas yang dihasilkan sulit menyala, dan daya genset turun menjadi 13 kW. Pasokan udara, saringan gas, dan mesin sudah diperiksa dan dalam keadaan baik.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tindakan yang paling tepat adalah ....

A. Menambah laju pengisian sekam basah agar panas yang dihasilkan bertambah
B. Mencampur sekam dengan sampah plastik agar nyala gas lebih besar
C. Menyimpan sekam di gudang beratap berventilasi dan memakai sekam yang lebih kering
D. Menurunkan beban genset secara tetap menjadi 13 kW selama musim hujan
E. Membesarkan bukaan udara gasifier sebanyak-banyaknya agar sekam basah terbakar habis

2. Gambar menunjukkan penampang digester biogas kubah tetap milik Pak Karta (2027). Setiap pagi sebelum memasak, permukaan cairan di salah satu ruang naik mendekati lubang luapan; sore hari setelah keluarganya memasak, permukaannya turun lagi. Manometer menunjukkan tekanan gas tinggi pada pagi hari dan rendah pada sore hari. Pak Karta khawatir digesternya rusak.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Penjelasan yang tepat atas kejadian tersebut adalah ....



penampang digester kubah tetap (tanpa skala)

A. Normal; gas yang terkumpul di bagian 4 menekan cairan isian naik ke bagian 6
B. Normal; gas yang terkumpul di bagian 6 menekan cairan isian naik ke bagian 4
C. Bocor; gas keluar melalui bagian 5 sehingga cairan di bagian 1 naik setiap pagi
D. Tersumbat; pipa di bagian 2 buntu sehingga cairan menumpuk di bagian 6
E. Berlebih; isian di bagian 3 terlalu banyak sehingga harus dikuras lewat bagian 1

Kunci singkat: 1. C 2. A

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

✔ PERIKSA DIRI

- Setiap pagi sebelum memasak, permukaan cairan di bak pengimbang digester naik, dan sore hari turun lagi. Apa penyebabnya, dan mengapa ini bukan tanda kerusakan?
- Mengapa bahan bakar basah membuat gas gasifier sulit menyala dan daya genset turun, dan mengapa menambah udara bukan jalan keluarnya?
- **Yang harus kuingat:** fermentasi anaerob menghasilkan metana lewat empat tahap; naik-turun cairan di bak pengimbang normal; penjebak air di titik terendah; gasifier butuh bahan kering dan seragam; kebocoran diperiksa dengan air sabun, bukan api.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 2.4: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktet&node=SMKTET-2.4

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 2.5 · Prosedur dasar pengoperasian pembangkit dengan memperhatikan K3LH

SMKTET-2.5

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu menerapkan **prosedur dasar pengoperasian pembangkit** dengan memperhatikan **K3LH**, yaitu keselamatan dan kesehatan kerja serta lingkungan hidup. Inilah sub bab yang paling bernyawa: kesalahan kecil di sini dapat berakibat luka berat. Soal biasanya berupa kasus kerja yang meminta kamu **menyusun urutan langkah yang aman** (misalnya urutan mematikan dan mengunci sebelum mengganti konektor), **memilih tindakan K3 yang tepat** (kerja di atap, ruang baterai, bak biogas), atau **menilai pernyataan** tentang prosedur dan alat pelindung diri.

Ciri khas soalnya: hampir semua opsi tampak "aman", tetapi hanya satu yang mengendalikan **semua** bahaya dalam cerita, dengan urutan yang benar. Opsi lain benar sebagian: urutannya terbalik, kuncinya dipasang sebelum sakelar dibuka, atau menutup ventilasi demi "keamanan". Karena itu kamu perlu paham alasan di balik tiap langkah.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menyebutkan bahaya khas tiap jenis pembangkit dan memilih pengendalian menurut hierarki pengendalian;
- menyusun urutan isolasi listrik (AC lalu DC), penguncian dan pelabelan (LOTO), serta verifikasi nol;
- menjelaskan syarat kerja di ketinggian (titik tambat, harness, pembatas area, cuaca);
- menjelaskan bahaya ruang baterai dan cara pengendaliannya;
- menjelaskan bahaya ruang terbatas pada instalasi biogas dan langkah masuk yang aman;
- menyebutkan alat pelindung diri, tanggap darurat, dan pengelolaan limbah B3 aki bekas.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Pembangkit energi terbarukan tampak "bersih" dan tenang, tetapi pekerjaannya mengandung bahaya yang nyata: listrik yang tidak bisa dimatikan sepenuhnya, ketinggian, air, mesin berputar, gas yang mudah meledak atau beracun, dan asam. Bahaya itu tidak boleh dilawan dengan keberanian, melainkan dengan **prosedur**. **Bahaya** adalah sesuatu yang berpotensi mencelakakan; **risiko** adalah besarnya kemungkinan bahaya itu benar-benar mencelakakan, dikaitkan dengan seberapa parah akibatnya. Tujuan K3LH adalah **menurunkan risiko** sampai dapat diterima, sebelum pekerjaan dimulai.

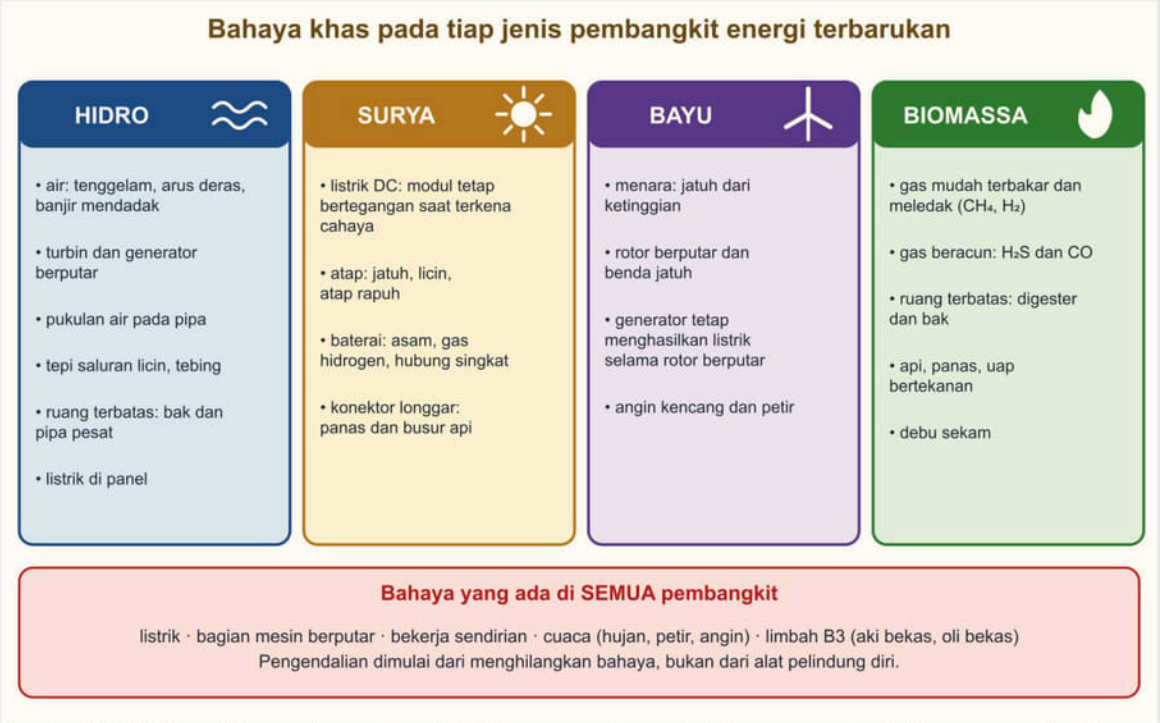
1. Bahaya khas tiap pembangkit

Gambar 2.21 merangkum bahaya utama tiap jenis pembangkit. Beberapa perlu kamu kenali

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

baik-baik.

- **Hidro:** air (tenggelam, arus deras, banjir mendadak), turbin dan generator yang berputar, pukulan air (sub bab 2.1), tepi saluran yang licin, dan ruang terbatas seperti bak serta pipa pesat.
- **Surya:** listrik **DC** dari modul yang tetap bertegangan selama terkena cahaya (saklar tidak bisa "mematikan" modul), ketinggian dan atap yang licin atau rapuh, baterai (asam, gas hidrogen, hubung singkat), dan konektor longgar yang memanas atau menimbulkan busur api.
- **Bayu:** menara tinggi, rotor berputar, benda jatuh, serta listrik yang tetap dibangkitkan selama rotor berputar walaupun belum tersambung beban.
- **Biomassa:** gas yang mudah terbakar dan meledak (metana, hidrogen), gas beracun (H_2S dari biogas, CO dari gasifikasi), ruang terbatas (digester, bak), serta api, panas, dan uap bertekanan.



Gambar 2.21 Bahaya khas pada pembangkit hidro, surya, bayu, dan biomassa, serta bahaya yang ada di semua pembangkit. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. Hierarki pengendalian

Bagaimana menurunkan risiko? Dunia K3 memakai **hierarki pengendalian**, urutan cara dari yang paling efektif sampai yang paling lemah:

1. **Eliminasi**: menghilangkan bahayanya. Contoh: modul dirakit dan diuji di bawah, sehingga pekerjaan di atap berkurang; kotoran digester dikuras dari luar tanpa ada orang masuk.
2. **Substitusi**: mengganti dengan yang kurang berbahaya. Contoh: baterai litium yang tidak memerlukan penambahan cairan asam menggantikan baterai basah (dengan bahaya lain yang tetap harus dikendalikan).
3. **Rekayasa**: memisahkan orang dari bahaya dengan perubahan fisik. Contoh: pagar tepi atap, pelindung bagian berputar, ventilasi ruang baterai, blower untuk ruang terbatas, penutup konektor.
4. **Administratif**: mengubah cara kerja. Contoh: SOP, izin kerja, penguncian dan pelabelan (LOTO), rambu, bekerja berpasangan, pelatihan.
5. **APD** (alat pelindung diri): melindungi tubuh pekerja, misalnya helm, kacamata, sarung tangan, sepatu, dan harness. APD adalah **garis pertahanan terakhir**.

APD paling lemah karena tidak menghilangkan bahayanya: bila salah pilih, rusak, atau tidak dipakai, perlindungan hilang. Karena itu APD dipakai **bersama** pengendalian lain, bukan menggantikannya. Dalam satu pekerjaan, **setiap bahaya yang ada dalam cerita harus mendapat pengendalian**.

3. Prosedur dasar menghidupkan dan mematikan pembangkit

Setiap pembangkit memiliki SOP dari pabriknya. Urutan umum berikut membantu kamu memahami alasannya. SOP pabrik selalu didahulukan.

Pembangkit	Menghidupkan (garis besar)	Mematikan (garis besar)
Hidro	periksa saringan, bak pengendap, pipa, dan ELC serta ballast; buka katup utama **perlahan**; tunggu putaran dan tegangan stabil; sambungkan beban bertahap	kurangi beban; tutup katup utama **perlahan**; setelah turbin berhenti, buka pemutus dan catat
Surya	periksa tampak: modul, kabel, konektor, bayangan; nyalakan sisi AC dan DC sesuai petunjuk pabrik; periksa tampilan inverter	matikan sisi AC dan DC sesuai petunjuk pabrik; bila akan dikerjakan, lanjutkan dengan LOTO
Bayu	periksa menara, kabel penahan, bilah, rem; pastikan pengendali dan beban pembuang tersambung; lepaskan rem	pasang rem dan kunci rotor; baru boleh bekerja di menara
Biogas	periksa kebocoran dengan air sabun; ventilasi baik; buka katup gas; kuras penjebak air bila perlu	tutup katup gas; ventilasi bila akan membuka sambungan
Gasifier	tempatkan di udara terbuka; isi bahan bakar kering; nyalakan dengan blower; buang gas awal ke cerobong; baru sambungkan genset	kurangi beban; hentikan umpan; ventilasi lebar karena gas dapat keluar saat dimatikan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

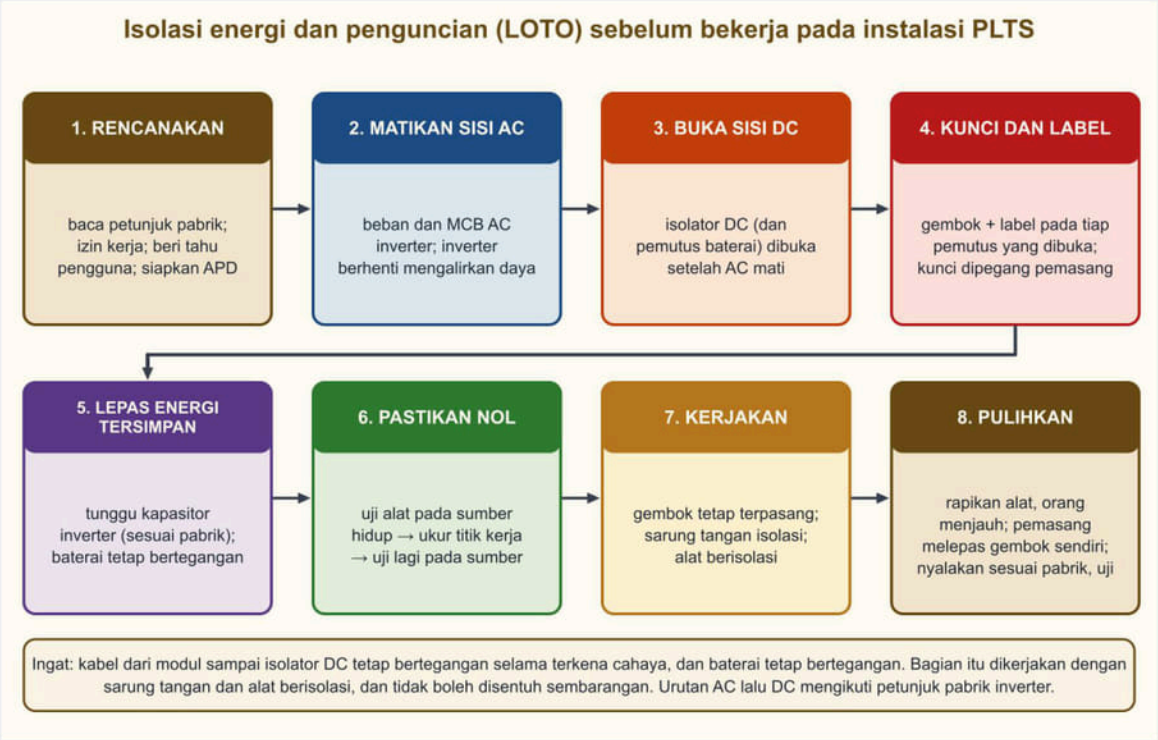
Perhatikan polanya: **pemeriksaan sebelum menghidupkan**, **perubahan dilakukan perlahan dan bertahap**, dan **pencatatan setelah selesai**.

4. Isolasi listrik AC–DC dan penguncian (LOTO)

Banyak kecelakaan terjadi karena bagian yang dikira mati ternyata bertegangan, atau karena sakelar yang sudah dimatikan **dinyalakan kembali oleh orang lain**. Prosedur untuk mencegahnya disebut **LOTO** (*lockout–tagout*), yaitu penguncian dan pelabelan sumber energi. Pola umumnya mengikuti pedoman K3 internasional (misalnya standar OSHA tentang pengendalian energi berbahaya) dan dibagi menjadi langkah berikut (Gambar 2.22):

1. **Rencanakan**: baca petunjuk pabrik, urus izin kerja, beri tahu pengguna, siapkan APD dan alat.
2. **Matikan sisi AC**: matikan beban dan MCB AC inverter.
3. **Buka sisi DC**: buka isolator DC (dan pemutus baterai bila ada).
4. **Kunci dan beri label**: pasang **gembok** dan **label** pada setiap pemutus yang dibuka. Label saja hanya peringatan; gembok yang mencegah pemutus dinyalakan. Kunci dipegang oleh orang yang memasangnya.
5. **Lepaskan energi tersimpan**: tunggu kapasitor inverter habis muatannya (waktunya mengikuti petunjuk pabrik, biasanya beberapa menit). Ingat bahwa baterai tetap menyimpan energi.
6. **Pastikan nol** (verifikasi): ukur bahwa titik kerja benar-benar tidak bertegangan dan tidak berarus. Alat ukur **dicoba lebih dulu pada sumber yang pasti bertegangan**, lalu dipakai pada titik kerja, lalu dicoba lagi pada sumber itu. Bila alat tidak dicoba, hasil "nol" bisa berarti alatnya rusak.
7. **Kerjakan**: gembok tetap terpasang selama bekerja.
8. **Pulihkan**: alat dirapikan, semua orang menjauh, pemasang gembok sendiri yang melepasnya, lalu pembangkit dinyalakan sesuai petunjuk pabrik dan diuji.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 2.22 Delapan langkah isolasi energi dan penguncian (LOTO) sebelum bekerja pada instalasi PLTS. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Mengapa AC lebih dulu, baru DC? Pada PLTS, inverter mengubah DC menjadi AC. Bila sisi AC dimatikan dulu, inverter berhenti mengalirkan daya sehingga arus pada sisi DC turun sangat kecil. Barulah isolator DC dibuka tanpa memutus arus besar. Memutus arus DC yang besar berbahaya karena **busur api DC sulit padam**: pada arus bolak-balik arus melewati nol puluhan kali per detik sehingga busur lebih mudah padam, sedangkan arus DC mengalir terus satu arah. Itu pula sebabnya **konektor DC tidak boleh dilepas selagi berarus**, dan perangkat pemutus DC harus yang memang untuk DC.

Modul tetap bertegangan. Membuka isolator DC hanya memutus bagian di sebelah inverter. Kabel antara modul dan isolator tetap bertegangan selama modul terkena cahaya, bahkan saat mendung, dan tidak ada saklar yang dapat mematikannya. Karena itu bagian itu dikerjakan dengan sarung tangan dan alat berisolasi, kabel yang terbuka ditutup pelindung, dan sambungan antarmodul dapat dibiarkan terbuka sampai inverter siap. Sebagai gambaran, 10 modul seri dengan Voc masing-masing 37,8 V menghasilkan 378 V DC, tegangan yang dapat membahayakan nyawa.

Isolasi pada pembangkit lain. Pada hidro: tutup katup utama perlahan, lepas dan isolasi generator dari beban, kunci pemutus, dan tutup pintu intake bila akan masuk saluran. Pada turbin angin: pasang rem, kunci rotor, dan putuskan pengisian. Pada biogas: tutup katup gas dan isolasi genset dari listrik. Intinya sama: **matikan sumber, kunci, hilangkan energi tersimpan, buktikan nol**.

5. Bekerja di ketinggian

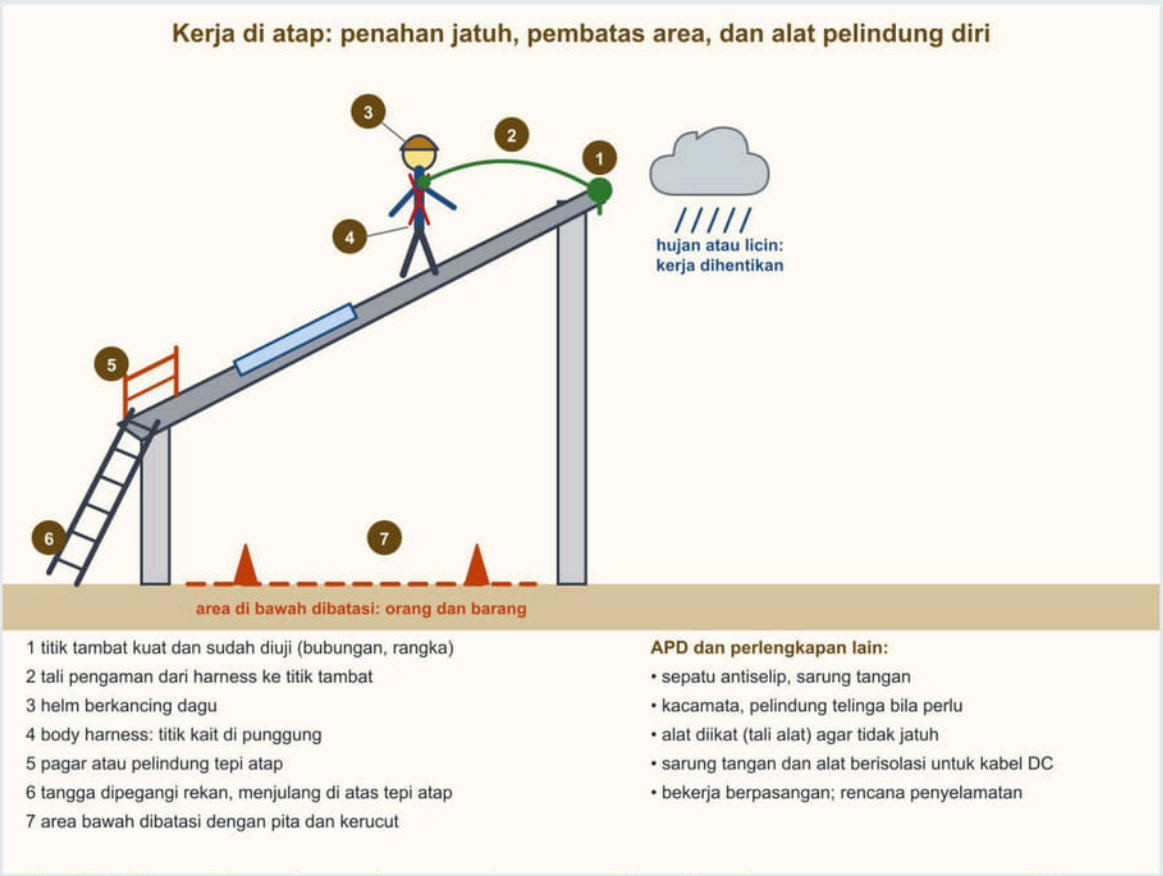
Pemasangan modul di atap dan perawatan menara turbin adalah pekerjaan di ketinggian. Jatuh dari ketinggian termasuk penyebab kecelakaan kerja yang paling fatal. Di Indonesia pekerjaan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

pada ketinggian diatur antara lain oleh Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 9 Tahun 2016 tentang keselamatan dan kesehatan kerja dalam pekerjaan pada ketinggian, yang mengatur perencanaan, prosedur kerja, alat pelindung diri, perangkat pelindung jatuh, dan angkur. Prinsip yang perlu kamu kuasai (Gambar 2.23):

- **Rencanakan dulu**: periksa kondisi atap (kering, kuat, tidak rapuh), cuaca, dan tempat bertumpu. Atap fiber semen atau polikarbonat tidak boleh diinjak langsung; pakai papan titian yang bertumpu pada rangka.
- **Titik tambat** (*anchor point*): tempat mengaitkan tali pengaman. Harus **kuat dan sudah diuji**, misalnya titik tambat permanen di bubungan atau pada rangka bangunan. Sebagai gambaran, standar OSHA Amerika meminta titik tambat sanggup menahan sekitar 22 kN per orang. **Rel modul yang baru dipasang bukan titik tambat**, karena tidak dirancang untuk menahan beban jatuh.
- **Body harness dan tali pengaman**: harness seluruh badan dengan titik kait di punggung, tali pengaman dikaitkan ke titik tambat, dan diatur supaya jarak jatuh bebas sependek mungkin (standar OSHA: tidak lebih dari sekitar 1,8 m).
- **Pelindung tepi**: pagar atau pelindung di tepi atap bila memungkinkan, sebagai pengendalian rekayasa yang lebih baik daripada mengandalkan APD.
- **Tangga**: dipegangi rekan, kakinya tidak licin, dan ujung atasnya menjulang melewati tepi atap agar mudah dipegang saat naik dan turun.
- **Area di bawah dibatasi**: pita dan kerucut, orang dialihkan, alat dan bahan diikat agar tidak menimpa orang di bawah.
- **Cuaca**: kerja dihentikan saat hujan, atap licin, angin kencang, atau petir. Pada PLTS, hujan menambah risiko sengatan listrik karena tangan basah dan atap licin.
- **Kerja berpasangan** dan **rencana penyelamatan**: orang yang tergantung pada harness harus dapat diturunkan dengan cepat.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

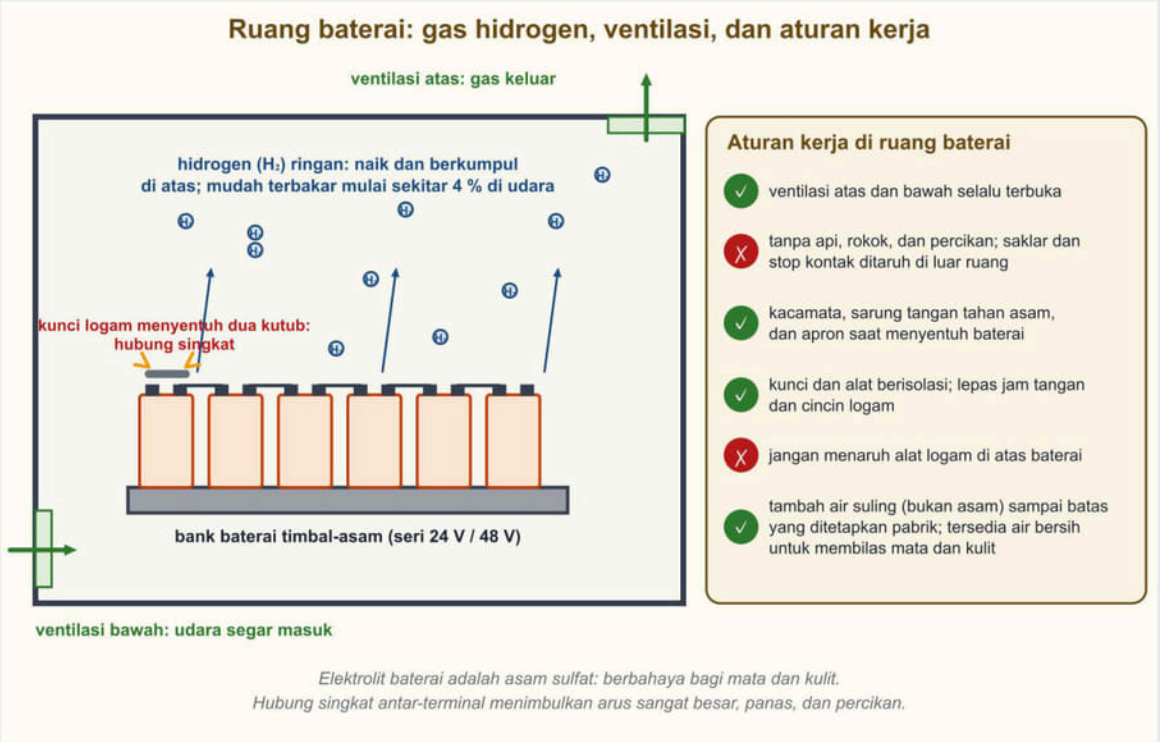


Gambar 2.23 Pekerja di atap dengan harness, tali pengaman ke titik tambat, pagar tepi, tangga, pembatas area di bawah, dan penghentian kerja saat hujan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

6. Ruang baterai

Baterai timbal-asam yang sedang diisi menghasilkan **gas hidrogen**. Hidrogen sangat ringan sehingga naik dan berkumpul di bagian atas ruangan. Gas ini mudah terbakar dan mulai berbahaya pada kadar sekitar **4 %** di udara. Satu percikan, misalnya dari saklar atau puntung rokok, dapat memicu ledakan. Selain itu elektrolit baterai berupa **asam sulfat** yang melukai mata dan kulit. Terminal baterai juga berbahaya: bila dua kutub terhubung oleh benda logam, misalnya kunci pas biasa atau jam tangan logam, terjadi **hubung singkat** dengan arus sangat besar yang menimbulkan panas, percikan, bahkan luka bakar (Gambar 2.24).



Gambar 2.24 Ruang baterai dengan ventilasi atas dan bawah, gas hidrogen yang naik, bahaya hubung singkat oleh benda logam, dan aturan kerjanya. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Pengendaliannya:

- **ventilasi**: lubang di bagian atas agar hidrogen keluar dan lubang di bagian bawah untuk udara segar; **ventilasi tidak boleh ditutup** dengan alasan apa pun;
- **tanpa api, rokok, dan percikan**; sakelar, stop kontak, dan alat listrik yang dapat memercik ditaruh di luar ruang;
- **APD**: kacamata pelindung, sarung tangan tahan asam, dan apron;
- **alat berisolasi** dan **melepas jam tangan serta cincin logam** sebelum menyentuh terminal; tidak ada alat logam yang tergeletak di atas baterai;
- **menambah cairan** hanya dengan **air suling** (bukan asam), sampai batas yang ditetapkan pabrik. Air jangan ditambah sampai bibir lubang karena cairan mengembang dan dapat meluap saat baterai diisi. Waktu penambahan juga mengikuti petunjuk pabrik, umumnya sesudah baterai penuh dan dingin;
- **air bersih tersedia** untuk membilas mata atau kulit yang terkena asam, lalu segera ke tenaga medis.

Baterai litium memerlukan perhatian lain: tidak menghasilkan hidrogen seperti baterai basah, tetapi dapat terbakar bila rusak atau terlalu panas, sehingga perlu sistem manajemen baterai dan ruang yang tertata.

7. Ruang terbatas pada instalasi biogas

Ruang terbatas adalah ruang yang cukup besar untuk dimasuki dan dipakai bekerja, tetapi **jalan masuk dan keluarnya terbatas**, dan **tidak dirancang untuk ditempati terus-menerus**. Digester, bak pengimbang yang tertutup, bak inlet yang dalam, dan pipa besar termasuk ruang terbatas. Bahayanya sering tidak terlihat: udara di dalamnya dapat membuat orang pingsan dalam hitungan napas.

- **Kekurangan oksigen**: gas lain mendesak oksigen. Standar OSHA menyebut udara dengan kadar oksigen di bawah 19,5 % sebagai kekurangan oksigen.
- **Gas beracun**: H_2S dari biogas beracun. Menurut NIOSH, kadar 100 ppm saja sudah langsung berbahaya bagi nyawa, dan pada kadar sekitar 100–150 ppm saraf penciuman lumpuh sehingga bau telur busuk justru hilang dan korban merasa aman.
- **Gas mudah terbakar**: metana berkumpul di bagian atas karena lebih ringan dari udara.
- **Gas berat**: karbon dioksida dan H_2S lebih berat dari udara sehingga menumpuk di dasar, tepat di tempat pekerja bekerja.

Hal yang paling sering menipu: tutup yang sudah dibuka lama **tidak menjamin udara di dasar aman**. Udara harus **diukur**, dan masker debu tidak menyaring gas serta tidak menambah oksigen.

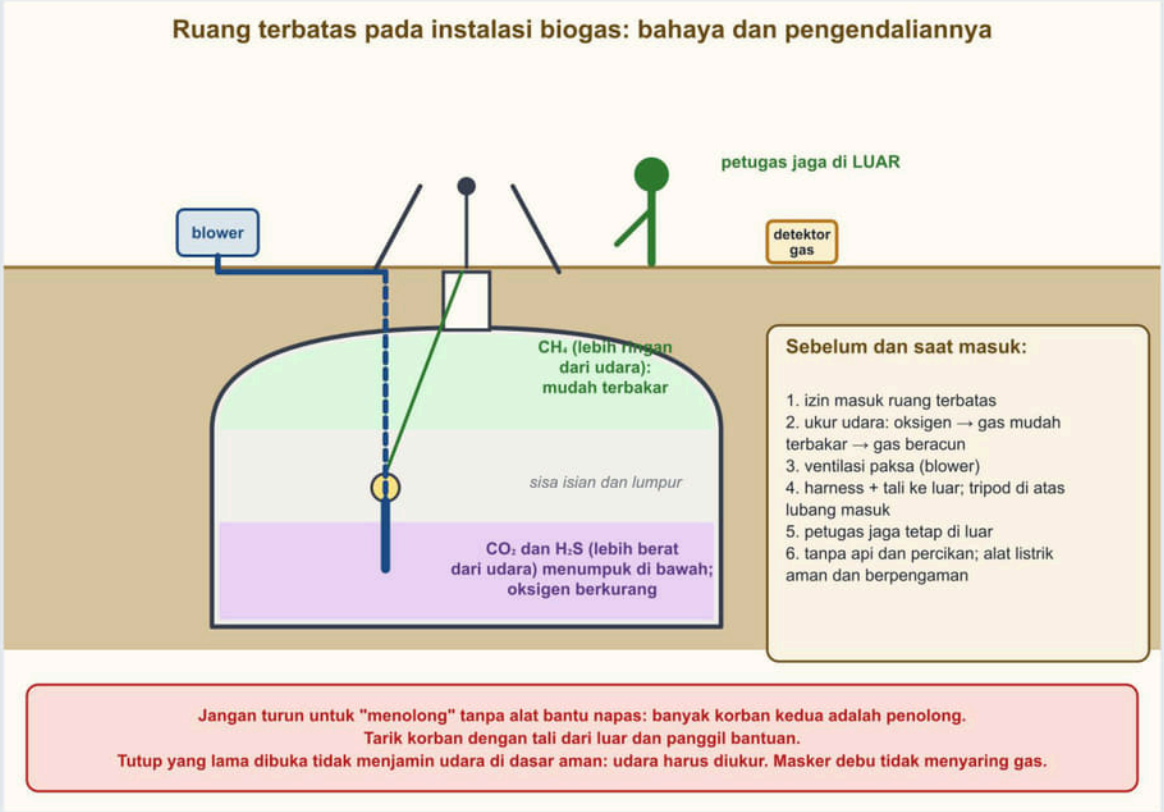
Pengendalian ruang terbatas (Gambar 2.25):

1. **Eliminasi**: bila bisa, pekerjaan dilakukan dari luar tanpa ada orang masuk.
2. **Izin masuk ruang terbatas** dan petugas terlatih.
3. **Ukur udara** sebelum masuk dan terus selama bekerja, dengan urutan **oksigen**, lalu **gas**

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

mudah terbakar, lalu **gas beracun**.

4. **Ventilasi paksa** dengan blower yang meniupkan udara segar ke dasar.
5. **Harness dan tali** yang tersambung ke tripod di atas lubang masuk, supaya korban dapat ditarik dari luar.
6. **Petugas jaga** yang selalu berada **di luar**, menjaga komunikasi dan memanggil bantuan. Ia tidak boleh pergi atau ikut masuk.
7. **Peralatan listrik** yang aman dan berpengaman; tanpa api dan percikan.



Gambar 2.25 Digester sebagai ruang terbatas: lapisan gas di dalamnya dan pengendalian: izin, ukur udara, blower, tali dan tripod, petugas jaga di luar. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Aturan paling penting: jangan masuk untuk "menolong" tanpa alat bantu napas. Banyak korban ruang terbatas adalah orang yang ikut turun menolong dan ikut pingsan. Penolong menarik korban dengan tali dari luar dan memanggil bantuan.

8. Alat pelindung diri menurut pekerjaan

Pekerjaan	APD dan perlengkapan
Pemasangan modul di atap	helm, harness dan tali, sepatu antiselip, sarung tangan, kacamata
Menyambung kabel dan konektor DC	sarung tangan berisolasi, kacamata, alat berisolasi
Merawat baterai	kacamata, sarung tangan tahan asam, apron, alat berisolasi
Perawatan turbin air dan genset	pelindung telinga, sepatu keselamatan, sarung tangan, pelampung di tepi air

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Naik menara turbin angin	helm, harness penuh, tali dan sistem penahan jatuh
Bak biogas dan gasifier	alat ukur gas, alat bantu napas untuk penyelamatan, sarung tangan, sepatu
Pengolahan sekam	masker debu, kacamata

9. Izin kerja, kerja berpasangan, dan tanggap darurat

Izin kerja adalah izin tertulis sebelum pekerjaan berisiko tinggi dimulai, misalnya pekerjaan di ketinggian, di ruang terbatas, atau pada instalasi listrik. Izin memastikan bahaya sudah diperiksa, pengendalian dipasang, dan ada orang yang bertanggung jawab. Izin tidak boleh dilewati demi mengejar waktu. Pekerjaan berisiko juga **tidak dikerjakan sendirian**: rekan dapat memegangi tangga, mengawasi, dan memanggil bantuan.

Bila terjadi kecelakaan, urutannya: **hentikan bahaya** (misalnya putuskan listrik atau tutup katup gas), **amankan orang** di sekitar, **tolong korban dengan aman**, **panggil bantuan**, lalu **laporkan** dan selidiki penyebabnya. "Tolong dengan aman" berarti korban sengatan listrik tidak disentuh sebelum sumbernya diputus, dan korban di ruang terbatas tidak ditolong dengan langsung turun. Kebakaran listrik tidak dipadamkan dengan air; dipakai APAR yang sesuai, misalnya serbuk kimia kering atau karbon dioksida. P3K (pertolongan pertama pada kecelakaan) adalah pertolongan awal sebelum tenaga medis datang, dan kotak P3K harus lengkap serta letaknya diketahui semua orang.

10. Lingkungan hidup: limbah B3

Huruf "LH" pada K3LH berarti lingkungan hidup. Pembangkit energi terbarukan menghasilkan limbah yang harus dikelola. Yang paling sering ditemui adalah **aki atau baterai bekas**, juga **oli bekas** dari turbin dan genset. Limbah ini tergolong **limbah B3** (bahan berbahaya dan beracun) karena mengandung timbal dan asam atau minyak yang mencemari tanah dan air. Pengelolaan limbah B3 di Indonesia diatur antara lain dalam Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021. Prinsip sederhana yang perlu kamu pegang:

- **jangan dibuang** ke tanah, sungai, selokan, atau tempat sampah biasa, dan jangan dibakar;
- **simpan sementara** di tempat tertutup, beratap, beralas kedap dan tahan tumpahan, berlabel, dan jauh dari anak-anak serta api;
- **serahkan** ke pengumpul atau pengolah yang berizin, dan catat serah terimanya;
- bila asam tumpah, tangani dengan APD sesuai lembar data keselamatan (SDS) produknya.

Biogas sendiri ramah lingkungan bila dikelola baik: ampas (*slurry*) dapat menjadi pupuk, dan metana yang dibakar tidak lepas ke udara. Metana yang lepas tanpa terbakar justru merugikan, sehingga kebocoran harus diperbaiki.

Contoh 1 — Menyusun urutan mengganti inverter hibrida

Teknisi Wulan dan Dika (2027) akan mengganti inverter hibrida di PLTS sebuah puskesmas pembantu di pulau kecil. Sistem terdiri atas string modul, baterai litium, jaringan PLN, dan beban penting. Petunjuk pabrik: "Matikan sisi AC lebih dulu, lalu sisi DC, tunggu sepuluh menit

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

sebelum membuka penutup." Susunlah urutan kerjanya. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. **Rencanakan:** baca petunjuk pabrik, urus izin kerja, beri tahu petugas puskesmas bahwa listrik beban penting akan padam sementara, siapkan sarung tangan berisolasi dan alat berisolasi.
2. **Matikan sisi AC:** matikan beban penting, lalu MCB AC dari jaringan PLN dan MCB AC keluaran inverter.
3. **Buka sisi DC:** buka isolator DC dari modul, lalu pemutus baterai.
4. **Kunci dan beri label:** pasang gembok dan label pada tiap pemutus yang dibuka (MCB AC, isolator DC, pemutus baterai). Kunci dibawa oleh yang memasang.
5. **Lepaskan energi tersimpan:** tunggu sepuluh menit sesuai petunjuk pabrik supaya kapasitor inverter habis muatannya.
6. **Pastikan nol:** coba multimeter pada sumber yang pasti bertegangan; ukur terminal AC, DC dari modul, dan DC dari baterai pada inverter; coba lagi multimeter pada sumber. Perhatikan bahwa kabel dari modul ke isolator dan baterai tetap bertegangan; sambungan itu ditutup dan disentuh hanya dengan sarung tangan berisolasi.
7. **Kerjakan:** lepas kabel, ganti inverter, sambung ulang dengan polaritas yang benar.
8. **Pulihkan:** rapikan alat, minta semua orang menjauh, Wulan dan Dika sendiri melepas gembok masing-masing, nyalakan sesuai petunjuk pabrik, lalu periksa tampilan dan beban.

Jawaban: rencanakan → matikan AC → buka DC → kunci dan label → tunggu energi tersimpan habis → pastikan nol dengan alat yang dicoba dulu → kerjakan → pemasang sendiri melepas gembok, nyalakan, uji.

Contoh 2 — Menilai rencana kerja pemasangan modul di atap

Tim sebuah bengkel SMK akan memasang 8 modul di atap baja ringan sebuah ruang kelas di Kendari pada 2027. Atap berada 5 m dari tanah dan tidak memiliki titik tambat permanen. Pukul 07.30 hujan baru berhenti dan atap tampak mengilap. Ketua tim, Pak Arman, mengusulkan enam hal. Nilailah tiap usulan. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

No.	Usulan	Penilaian	Alasan
1	mulai pukul 07.30 karena hujan sudah berhenti	**keliru**	atap masih basah dan licin; tunggu kering
2	pasang titik tambat sementara yang dirancang dan diuji oleh orang yang kompeten, lalu kaitkan harness	**benar**	tanpa titik tambat harness tidak melindungi; titik tambat harus kuat
3	kaitkan tali pengaman ke rel modul yang baru dibaut	**keliru**	rel tidak dirancang menahan beban jatuh
4	beri pita pembatas di area bawah dan ikat alat kerja	**benar**	melindungi orang di bawah dari benda jatuh

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

5	tangga dipegangi satu rekan dan menjulang melewati tepi atap	**benar**	tangga lebih aman dan mudah dipakai
6	sambungan modul dibiarkan terbuka sampai inverter siap, ujung kabel ditutup	**benar**	modul tetap bertegangan selama terkena cahaya; sambungan terbuka mencegah tegangan string penuh

Jawaban: rencana diperbaiki dengan **menunggu atap kering**, memasang **titik tambat yang kuat dan diuji**, tidak memakai rel modul sebagai titik tambat, serta mempertahankan usulan 2, 4, 5, dan 6.

Contoh 3 — Menyusun langkah membersihkan digester dengan masuk

Sebuah digester kubah tetap 8 m^3 milik kelompok tani di Lombok (2027) tersumbat endapan pasir di dasar. Pengurasan dari luar tidak mencukupi, sehingga seseorang harus masuk melalui lubang kubah. Susunlah langkah masuk yang aman. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. **Pastikan memang perlu masuk.** Coba kuras dan bersihkan dari luar lebih dulu (eliminasi). Masuk hanya bila tidak ada pilihan lain.
2. **Siapkan izin dan tim:** izin masuk ruang terbatas, minimal tiga orang (yang masuk, petugas jaga di luar, dan cadangan), alat ukur gas, blower, harness, tali, dan tripod.
3. **Hentikan sumber bahaya:** tutup katup gas dan lepas pipa gas dari digester, matikan sumber api di sekitar, kuras isian, dan buka semua penutup.
4. **Ventilasi paksa:** hidupkan blower beberapa waktu sampai udara dasar tertukar.
5. **Ukur udara** dengan urutan oksigen (tidak di bawah 19,5 %), gas mudah terbakar (jauh di bawah batas ledak), lalu gas beracun seperti H_2S (di bawah batas yang ditetapkan). Bila ada yang tidak aman, lanjutkan ventilasi dan jangan masuk.
6. **Pasang harness dan tali** ke tripod di atas lubang masuk. Petugas jaga berada di luar dan menjaga komunikasi.
7. **Masuk sambil terus mengukur.** Blower terus menyala, detektor gas dibawa. Bila alarm berbunyi, atau pekerja pusing, segera keluar.
8. **Bila terjadi keadaan darurat,** petugas jaga memanggil bantuan dan menarik korban dengan tali. Ia **tidak turun**.
9. **Selesai:** hitung orang dan alat, tutup lubang, tutup izin, dan catat di logbook.

Jawaban: eliminasi dulu, lalu izin, hentikan sumber bahaya, ventilasi, ukur udara, harness dan tali, petugas jaga di luar, ukur terus, dan jangan menolong dengan turun.

Ringkasan bagian ini

K3LH menurunkan risiko lewat hierarki pengendalian: eliminasi, substitusi, rekayasa, administratif, APD (terakhir). Prosedur menghidupkan dan mematikan dilakukan perlahan dan bertahap. Isolasi PLTS: matikan AC, buka DC, kunci dan label, lepaskan energi tersimpan, pastikan nol dengan alat yang dicoba dulu; modul dan baterai tetap bertegangan. Di ketinggian:

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

titik tambat yang kuat dan diuji, harness dan tali, pembatas area, hentikan kerja saat hujan. Ruang baterai: ventilasi atas dan bawah, tanpa api, APD tahan asam, alat berisolasi, air suling. Ruang terbatas biogas: izin, ukur udara, ventilasi, tali dan tripod, petugas jaga di luar, jangan menolong tanpa alat napas. Aki bekas adalah limbah B3 yang diserahkan ke pengelola berizin.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

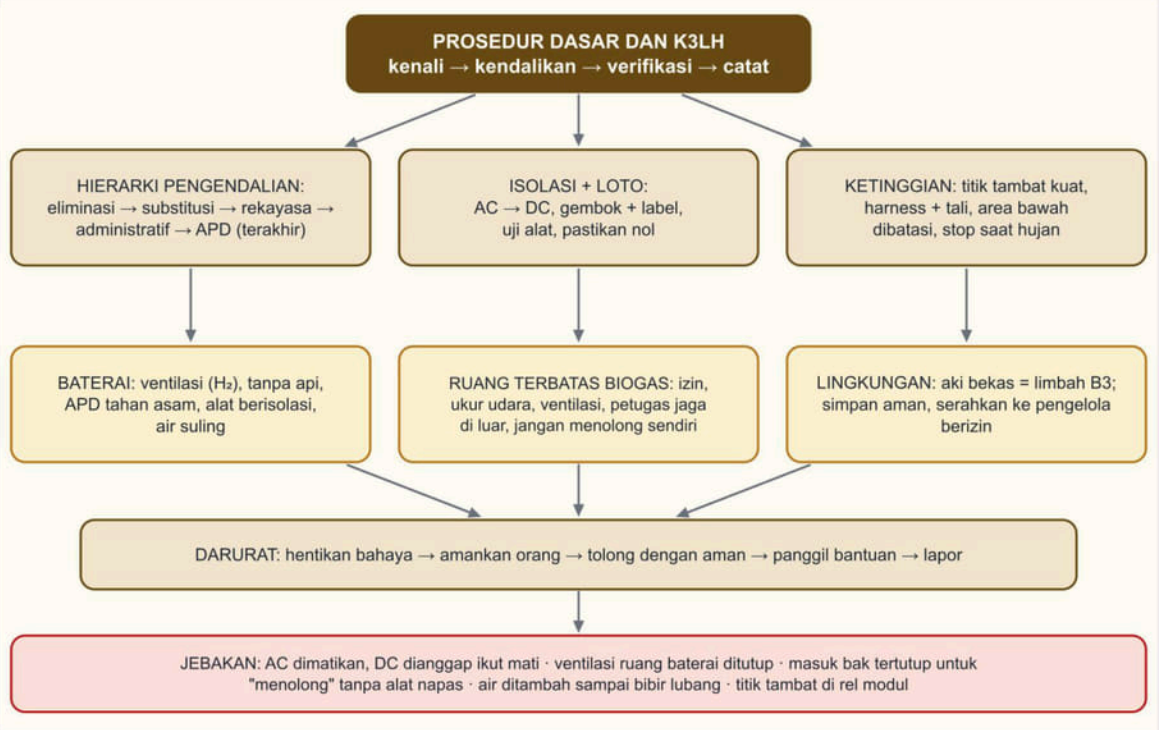
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- **Risiko** diturunkan dengan **hierarki pengendalian**; APD paling akhir; setiap bahaya dalam cerita harus dikendalikan.
- **Prosedur:** periksa dulu, ubah perlahan dan bertahap, catat.
- **Isolasi AC–DC dan LOTO:** AC dulu, DC, kunci + label, lepaskan energi tersimpan, pastikan nol (alat dicoba dulu); pemasang sendiri melepas gembok; modul dan baterai tetap bertegangan.
- **Ketinggian:** titik tambat kuat dan diuji (bukan rel modul), harness + tali, pagar tepi, tangga dipegangi, area bawah dibatasi, hentikan saat hujan.
- **Baterai:** gas hidrogen (ringan, mudah terbakar ±4 %): ventilasi atas dan bawah, tanpa api; asam: APD tahan asam; hubung singkat: alat berisolasi; air suling sampai batas.
- **Ruang terbatas:** izin, ukur udara (oksigen → mudah terbakar → beracun), ventilasi, petugas jaga di luar, tali dan tripod, jangan menolong dengan turun.
- **Lingkungan:** aki bekas = limbah B3; simpan aman; serahkan ke pengelola berizin.

Gambar 2.26 merangkum hubungan antarkonsep itu.



Gambar 2.26 Peta konsep prosedur dasar pengoperasian pembangkit dengan K3LH. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal prosedur dan K3LH:

1. **Daftar dulu semua bahaya dalam cerita:** listrik DC, ketinggian, hujan, asam, gas hidrogen, orang di bawah, ruang tertutup. Tulis singkat di kertas buram.
2. **Pasangkan tiap bahaya dengan pengendaliannya.** Jawaban yang benar mengendalikan **semua** bahaya, bukan sebagian.
3. **Pada soal urutan,** tentukan dulu langkah yang tidak boleh terbalik: AC sebelum DC, isolator dibuka sebelum digembok, verifikasi nol sebelum menyentuh, konektor tidak dilepas selagi berarus.
4. **Waspadai opsi yang menambah bahaya baru:** menutup ventilasi, bekerja sendiri, memakai rel modul sebagai titik tambat, memasukkan tangan ke saringan yang masih mengalir.
5. **Pada soal Benar/Salah,** periksa kata mutlak ("cukup", "tidak perlu", "pasti aman") dan tanyakan: apakah pernyataan ini melupakan satu bahaya?

Jebakan khas pada soal ini:

- **AC dimatikan, DC dianggap ikut mati.** Modul tetap bertegangan.
- **Gembok dipasang sebelum isolator dibuka**, sehingga pemutus terkunci dalam keadaan tersambung.
- **Konektor DC dilepas lebih dulu** sebelum dikunci dan diverifikasi.
- **Ventilasi ruang baterai ditutup** supaya tidak berbau atau tidak dingin.
- **Cairan "air aki" ditambah sampai bibir lubang**; yang ditambah adalah air suling, sampai batas yang ditentukan.
- **Masuk bak tertutup untuk "menolong"** tanpa alat bantu napas.
- **Tali pengaman dikaitkan ke rel modul** yang belum diuji.
- **Kerja dilanjutkan** saat hujan karena "tinggal sedikit".
- **Sarung tangan kain biasa dianggap cukup** karena modul belum tersambung inverter.

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut meminta kamu menyusun urutan langkah aman untuk mengganti konektor DC pada string PLTS atap. Bedah dengan urutan: pasangkan setiap langkah dengan tujuannya (mematikan, mengunci, memverifikasi), lalu cari langkah yang tidak boleh terbalik. Pakailah bagian 4 pada materi untuk menjelaskan mengapa AC mendahului DC, mengapa gembok setelah isolator terbuka, dan mengapa verifikasi mendahului pelepasan konektor.

►. Teknisi Ani dan Bayu (2027) akan mengganti sepasang konektor DC yang meleleh pada string PLTS atap on-grid sebuah sekolah. Petunjuk pabrikan inverter: "Matikan sisi AC terlebih dahulu, baru sisi DC." Keduanya memakai sarung tangan berisolasi karena string tetap bertegangan selama terkena cahaya. Langkah yang mereka siapkan:

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

P = memasang gembok dan label pada sakelar isolator DC;
Q = mematikan MCB AC inverter di panel;
R = membuka sakelar isolator DC;
S = memastikan arus string 0 A dengan tang ampere DC, lalu melepas konektor.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Urutan langkah yang aman adalah ....

A. R – Q – P – S
B. Q – P – R – S
C. S – Q – R – P
D. Q – R – S – P
E. Q – R – P – S

Pembahasan **Kunci: E**

Konsep: Isolasi energi (lock out–tag out): matikan sumber sesuai urutan pabrikan, kunci dan beri label pada posisi terbuka agar tidak dinyalakan orang lain, lalu verifikasi tidak ada arus/tegangan berbahaya sebelum menyentuh bagian yang dikerjakan. Konektor DC tidak boleh dilepas saat berarus karena menimbulkan busur api.

Langkah:
1. Sisi AC dulu (Q), baru sisi DC (R).
2. Gembok dipasang setelah isolator terbuka (P).
3. Verifikasi 0 A, baru konektor dilepas (S).

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Sisi DC dibuka sebelum sisi AC, bertentangan dengan petunjuk pabrikan.
• **B.** ✗ Gembok dipasang sebelum isolator dibuka, berarti sakelar terkunci pada posisi tersambung.
• **C.** ✗ Konektor dilepas paling awal, saat string mungkin masih berarus dan menimbulkan busur api.
• **D.** ✗ Jebakan: urutan sakelar benar, tetapi konektor dilepas sebelum gembok dipasang sehingga sakelar bisa dinyalakan orang lain.
• **E.** ✓ AC dimatikan, DC dibuka, dikunci dan diberi label, lalu diverifikasi 0 A sebelum konektor dilepas.

Jawaban: E.

✎ LATIHAN

Kerjakan tanpa melihat kunci. Untuk setiap soal, daftar dulu semua bahaya dalam cerita, lalu periksa apakah setiap opsi atau pernyataan mengendalikan semuanya dan tidak menambah bahaya baru.

1. Tim SMK membantu memasang 10 modul surya di atap masjid setinggi 6 m (2027). Langit mendung dan diperkirakan hujan sore hari. Di bubungan sudah terpasang titik tambat permanen yang telah diuji, dan rel modul aluminium baru saja dibaut ke atap. Modul akan dirangkai seri menjadi satu string sebelum disambungkan ke inverter di lantai bawah. Ketua tim menyusun aturan kerja sebelum naik.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)

Aturan kerja yang tepat adalah ....

(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

- ☐ A. Satu sambungan antarmodul dibiarkan terbuka sampai inverter siap, dan ujung kabel string ditutup pelindung.
- ☐ B. Tali pengaman harness ditambatkan pada rel modul yang baru dipasang karena lebih dekat ke tempat kerja.
- ☐ C. Pekerjaan di atap dihentikan bila hujan turun karena permukaan menjadi licin.
- ☐ D. Area di bawah atap diberi pembatas dan alat kerja di atap diikat agar tidak jatuh menimpa orang.
- ☐ E. Sarung tangan kain biasa dipakai saja karena modul belum tersambung ke inverter sehingga belum bertegangan.

2. Ruang baterai PLTS puskesmas (2027) berisi 24 baterai timbal-asam basah 2 V yang dirangkai seri menjadi 48 V. Siang itu baterai sedang diisi dan jendela ruangan tertutup. Teknisi Yogi akan mengencangkan satu terminal yang longgar dan menambah cairan pada beberapa sel yang permukaan elektrolitnya di bawah batas bawah. Ia memakai jam tangan logam dan membawa kunci pas biasa.

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)

Tindakan K3 yang tepat adalah ....

(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

- ☐ A. Membuka ventilasi ruangan karena pengisian menghasilkan gas hidrogen yang mudah terbakar.
- ☐ B. Melepas sarung tangan agar terminal lebih mudah dikencangkan dengan kunci pas biasa.
- ☐ C. Menambah air aki (cairan asam) sampai penuh ke bibir lubang agar baterai tidak cepat kering.
- ☐ D. Memakai kacamata pelindung dan sarung tangan tahan asam saat menambah cairan.
- ☐ E. Memakai kunci berisolasi dan melepas jam tangan logam sebelum mengencangkan terminal.

Kunci singkat: 1. A, C, D 2. A, D, E

✔ PERIKSA DIRI

- Seorang teknisi berkata, "AC sudah saya matikan, jadi kabel DC dari modul aman disentuh." Bahaya apa yang masih ada, dan pengendalian apa yang tetap diperlukan?
- Mengapa petugas jaga tidak boleh ikut turun ke dalam digester ketika temannya pingsan, dan apa yang harus ia lakukan?
- **Yang harus kuingat:** daftar semua bahaya, kendalikan dari eliminasi sampai APD; matikan AC lalu DC, kunci dan label, lepaskan energi tersimpan, buktikan nol dengan alat yang dicoba

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

dulu; titik tambat yang kuat; ventilasi ruang baterai tidak boleh ditutup; ukur udara sebelum masuk ruang terbatas dan jangan menolong tanpa alat napas.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 2.5: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktet&node=SMKTET-2.5

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 2.6 · Budaya kerja industri bidang energi terbarukan

SMKTET-2.6

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu menerapkan **budaya kerja** dalam pekerjaan bidang energi terbarukan. Soalnya hampir tidak berisi hitungan atau istilah teknis. Isinya situasi kerja sehari-hari: seorang teknisi tergelincir dari tangga tetapi tidak terluka, operator malam yang akan menyerahkan tugas kepada operator pagi, atau gudang peralatan yang berantakan. Kamu diminta **memilih tindakan yang sesuai budaya kerja industri**, yaitu tindakan yang mengutamakan keselamatan, ketertiban, kejujuran pencatatan, dan kerja sama.

Soal budaya kerja sering terasa "gampang", sehingga banyak siswa menjawab dengan perasaan. Padahal pengecohnya halus. Ada opsi yang tampak baik tetapi sebenarnya menunda (menunggu rapat bulanan), menyembunyikan (membicarakan setelah pekerjaan selesai), atau mengandalkan kehati-hatian pribadi tanpa memperbaiki penyebabnya. Karena itu kamu perlu tahu **alasan** di balik tiap kebiasaan baik, bukan sekadar menghafal namanya.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan nilai-nilai budaya kerja industri dan contoh perilakunya di pembangkit;
- menyebutkan arti lima R (ringkas, rapi, resik, rawat, rajin) dan menerapkannya pada gudang alat;
- menjelaskan fungsi logbook dan menyusun catatan serah terima shift yang lengkap;
- menjelaskan alur pelaporan kejadian nyaris celaka dan alasannya;
- menjelaskan pentingnya kerja tim, komunikasi yang jelas, dan pelayanan kepada warga atau pelanggan;
- membedakan tindakan yang sesuai dan tidak sesuai budaya kerja industri pada kasus lapangan.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Budaya kerja adalah kebiasaan dan nilai yang dipegang bersama oleh semua orang di tempat kerja, dan tampak dari cara mereka bekerja sehari-hari. Dua pembangkit dengan alat yang sama dapat sangat berbeda mutunya karena budaya kerjanya berbeda. Di satu tempat gudang rapi, catatan lengkap, dan kejadian kecil dilaporkan sebelum menjadi besar. Di tempat lain alat sulit ditemukan, catatan hanya "aman-aman saja", dan masalah baru dibicarakan setelah ada korban. **Budaya kerja industri** berarti membawa kebiasaan baik tempat kerja yang bermutu ke semua pekerjaan, termasuk pembangkit di desa, bengkel kecil, atau usaha rintisan milik sendiri. Energi terbarukan menuntut budaya ini karena pembangkit bekerja siang dan malam, bergantian orang, dengan bahaya listrik, ketinggian, air, dan gas.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1. Nilai-nilai dalam budaya kerja industri

Nilai	Artinya	Contoh perilaku di pembangkit
Keselamatan lebih dulu	tidak ada pekerjaan yang lebih penting daripada keselamatan orang	memakai APD, memasang gembok sebelum bekerja, menghentikan kerja saat hujan
Disiplin	patuh pada waktu, prosedur, dan aturan	datang tepat waktu, mengikuti SOP, tidak mengambil jalan pintas
Kejujuran	melaporkan apa adanya, termasuk kesalahan sendiri	mencatat nilai ukur sebenarnya, melaporkan gejala ganjil
Tanggung jawab	menyelesaikan tugas dan menanggung akibatnya	menyerahkan pekerjaan dengan catatan, mengembalikan alat ke tempatnya
Kerja sama	saling membantu dan menjaga	rekan memegangi tangga, saling mengingatkan APD
Ketelitian dan mutu	hasil kerja benar, rapi, dan dapat diuji	memeriksa polaritas, mencatat angka dengan satuan
Kepedulian lingkungan	menjaga tanah, air, dan udara	menyerahkan aki bekas ke pengelola berizin
Pelayanan	menghargai pelanggan dan warga	menjelaskan pekerjaan dengan ramah dan jujur

Nilai-nilai ini tidak berdiri sendiri. Contohnya, kejujuran melahirkan kebiasaan melapor, melapor melahirkan perbaikan, dan perbaikan menjaga keselamatan.

2. 5R di gudang alat dan ruang pembangkit

5R adalah cara menata tempat kerja agar rapi, bersih, aman, dan efisien. Asalnya dari **5S** di Jepang (*seiri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke*). Di Indonesia dikenal sebagai lima R (Gambar 2.27):

1. **Ringkas** (*seiri*): memilah barang dan menyingkirkan yang tidak diperlukan. Potongan kabel bekas, komponen rusak, dan barang pribadi dipisahkan dari yang dipakai.
2. **Rapi** (*seiton*): menata barang yang diperlukan dengan **tempat tetap dan label**, sehingga mudah diambil dan dikembalikan. Satu jenis barang punya satu tempat.
3. **Resik** (*seiso*): membersihkan tempat dan peralatan **secara rutin**, termasuk memeriksa kondisinya saat membersihkan. Kebersihan dilakukan setiap selesai dipakai, bukan hanya menjelang pemeriksaan.
4. **Rawat** (*seiketsu*): mempertahankan tiga R sebelumnya dengan **standar dan daftar periksa**. Tanpa standar, kerapian hanya bertahan beberapa hari.
5. **Rajin** (*shitsuke*): membiasakan diri disiplin menjalankan semuanya tanpa disuruh.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 2.27 Gudang alat dan suku cadang pembangkit sebelum dan sesudah penerapan 5R, beserta arti lima R. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

5R bukan sekadar urusan kerapian. Gudang yang tertata menghemat waktu mencari alat dan menurunkan risiko salah ambil. Contoh yang paling relevan di bidang energi terbarukan: **konektor dan komponen kelistrikan dari jenis atau merek berbeda tidak boleh dicampur dalam satu kotak**. Pasangan konektor DC harus sejenis dan dari pabrik yang sama agar kontaknya baik. Konektor yang tidak cocok tetapi dipaksa terpasang dapat memanas, menimbulkan busur api, dan membakar atap. Karena itu "yang penting nyambung" adalah kebiasaan berbahaya, dan tempat terpisah per jenis adalah bagian dari keselamatan, bukan sekadar kerapian. Lantai yang bebas kabel berserakan juga mencegah orang tersandung.

3. Disiplin waktu dan prosedur

Disiplin berarti menjalankan prosedur sesuai urutannya walaupun tidak ada yang mengawasi. Wujudnya antara lain:

- **mengikuti SOP dan daftar periksa** untuk pekerjaan rutin dan pekerjaan berisiko; daftar periksa membantu orang yang berpengalaman sekalipun, karena kesalahan sering terjadi pada langkah yang "sudah hafal";
- **briefing awal kerja** (juga disebut *toolbox meeting*), yaitu pertemuan singkat tim sebelum mulai untuk membagi tugas, menyebut bahaya hari itu, dan mengecek APD;
- **tepat waktu**: pergantian shift, pemeriksaan berkala, dan jadwal pengurasan bak tidak boleh ditunda tanpa alasan, karena pembangkit tidak berhenti menunggu;
- **mengurus izin kerja** untuk pekerjaan berisiko dan tidak melewatinya dengan alasan "sudah biasa" atau "cuma sebentar";
- **tidak mengambil jalan pintas** yang melanggar keselamatan, misalnya melepas konektor

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

DC selagi berarus karena "lebih cepat".

4. Serah terima shift dan logbook

Pembangkit yang bekerja sepanjang hari biasanya dijaga operator bergantian (*shift*). Pada saat pergantian, informasi dapat hilang. Karena itu ada dua alat: **serah terima** dan **logbook**.

Logbook (buku catatan operasi) adalah catatan tertulis berurutan tentang jalannya pembangkit. Ia berfungsi sebagai ingatan bersama: orang yang tidak ada di tempat dapat mengetahui apa yang terjadi, dan riwayat gangguan dapat dipakai untuk menentukan perawatan. Logbook yang baik memuat:

- tanggal, shift, dan nama operator;
- **nilai ukur berkala** (daya, tegangan, frekuensi, suhu, tekanan) lengkap **dengan satuan** dan jam pengukuran;
- **kejadian tidak normal**, walaupun pembangkit tidak berhenti, beserta jam, gejala, nilai ukurnya, dan **tindakan yang sudah dilakukan**;
- siapa yang dilapori dan jam melapor;
- kegiatan perawatan (membersihkan saringan, menguras bak);
- **status pengamanan**, misalnya pemutus yang sedang dikunci dan digembok (LOTO);
- paraf atau tanda tangan.

Aturan menulis logbook: **jujur** (angka apa adanya, termasuk yang tidak sesuai harapan), **jelas** (kalimat dan angka yang dapat dipahami orang lain), **tidak dihapus** (kesalahan dicoret satu garis dan diberi paraf, bukan ditimpa), dan **ditulis saat kejadian**, bukan diingat-ingat besok.

Serah terima shift adalah penyampaian tanggung jawab dari operator yang selesai kepada operator yang masuk (Gambar 2.28). Serah terima yang baik **lisan dan tertulis sekaligus**: operator menjelaskan kondisi sambil menunjukkan catatan, penerima membaca dan bertanya, lalu keduanya menandatangani. Hal-hal yang wajib disampaikan: kondisi pembangkit, kejadian tidak normal dan tindakannya, hal yang masih harus dilanjutkan, serta peringatan keselamatan seperti pemutus yang sedang dikunci. Selama kondisi tidak normal belum berpindah ke tangan penerima, operator lama tetap memantau; tanggung jawab baru berpindah setelah serah terima selesai.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Contoh logbook operasi dan serah terima shift (dokumen fiktif)

LOGBOOK OPERASI PLTMH DUSUN AIR JERNIH

Tanggal: 14 Maret 2027 Shift: malam (18.00–06.00) Operator: Sofyan Kapasitas terpasang: 15 kW

Jam	Daya (kW)	Tegangan (V)	Frekuensi (Hz)	Suhu terminal panel (°C)	Kejadian dan tindakan	Paraf
18.00	9,0	380	50,0	41	serah terima dari shift sore; kondisi normal	SF
22.00	5,0	382	50,0	40	saringan bak penenang dibersihkan; air lancar	SF
01.30	3,0	381	50,0	68	terminal MCB feeder 2 panas, bau plastik tipis; feeder 2 dimatikan, digembok, dilabeli (LOTO)	SF
01.45	3,0	381	50,0	55	beban feeder 2 dipindah ke feeder 1; dilaporkan ke Bu Lestari (telepon)	SF
05.45	3,5	382	50,0	45	suhu terminal feeder 1 normal; feeder 2 tetap terkunci	SF

SERAH TERIMA SHIFT (06.00)

- kondisi: terminal MCB feeder 2 panas (maksimum 68 °C pukul 01.30), dugaan sambungan kendur; sekarang feeder 2 mati
- tindakan: feeder 2 digembok dan diberi label; beban dipindah ke feeder 1; BELUM diperbaiki
- hal yang harus dilanjutkan: pantau suhu terminal feeder 1 tiap 30 menit; perbaikan oleh teknisi listrik dijadwalkan kepala operator
- peringatan keselamatan: PEMUTUS FEEDER 2 SEDANG DIKUNCI, JANGAN DINYALAKAN; kunci diserahkan Sofyan kepada Bu Lestari

Yang menyerahkan: Sofyan (TTD) **Yang menerima: Rina (TTD)** **Dibaca ulang bersama: ya**

Gambar 2.28 Contoh logbook operasi PLTMH dan blok serah terima shift (dokumen fiktif). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Kesalahan umum: menganggap logbook hanya untuk kejadian yang membuat pembangkit berhenti. Kondisi yang masih jalan tetapi tidak normal justru paling penting dicatat, karena ia sering merupakan tanda awal kerusakan. Informasi yang hanya disampaikan lisan mudah hilang atau berubah.

5. Melaporkan kejadian nyaris celaka

Nyaris celaka (*near miss*) adalah kejadian yang tidak direncanakan yang berpotensi menimbulkan cedera, kerusakan, atau gangguan, tetapi **kali ini tidak** menimbulkan akibat. Baut yang jatuh dan hampir mengenai rekan, kabel terkelupas yang hampir tersentuh, atau sakelar yang hampir dinyalakan padahal ada orang sedang bekerja: semuanya nyaris celaka. Karena tidak ada korban, orang sering menganggapnya sepele atau memalukan dan diam saja. Padahal **penyebab nyaris celaka sama dengan penyebab kecelakaan yang sebenarnya**. Kebetulan yang menyelamatkan hari ini belum tentu menyelamatkan besok.

Karena itu budaya kerja industri memiliki alur melaporkan (Gambar 2.29):

1. **Amankan**: hentikan pekerjaan yang berbahaya, amankan orang dan area.
2. **Laporkan segera** kepada ketua tim atau atasan, tanpa menunggu rapat bulanan dan tanpa mencari kambing hitam.
3. **Catat**: waktu, tempat, apa yang terjadi, apa yang hampir terjadi, siapa yang terlibat.
4. **Cari penyebab**: tanyakan "mengapa?" berulang sampai ketemu akar penyebabnya, bukan berhenti pada "kurang hati-hati".
5. **Perbaiki penyebabnya**: ganti alat, ubah cara kerja, perbaiki prosedur. Hati-hati pribadi tidak menghilangkan penyebab.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

6. **Bagikan pelajaran** kepada seluruh tim pada briefing berikutnya, segera, bukan menunggu pekerjaan selesai.
7. **Pantau** apakah kejadian serupa berulang, lalu tutup laporan.



Gambar 2.29 Tujuh langkah melaporkan dan menindaklanjuti kejadian nyaris celaka, dengan contoh baut yang jatuh dari atap. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Inti budaya ini adalah **tidak menyalahkan pelapor**. Bila orang yang melapor dimarahi atau dipermalukan, orang lain akan memilih diam, dan bahaya yang sama terulang. Pelaporan yang baik justru dipuji karena mencegah celaka yang sesungguhnya. Bahkan bila pekerjaan masih berlangsung beberapa hari lagi dengan alat yang sama, penyebab harus diperbaiki **sebelum** alat itu dipakai lagi.

6. Kerja tim dan komunikasi

Pekerjaan pembangkit hampir selalu dikerjakan tim. Beberapa kebiasaan yang membuat tim bekerja aman dan efektif:

- **pembagian tugas yang jelas**: siapa memimpin, siapa mengawasi, siapa memegang kunci gembok;
- **komunikasi singkat dan jelas**, menyebut nama komponen dan lokasinya; perintah penting **diulang oleh penerima** ("MCB 3 sudah dimatikan, saya ulangi: MCB 3 off") agar tidak salah dengar;
- **saling mengingatkan** soal APD dan prosedur tanpa merasa tersinggung;
- **berani menghentikan pekerjaan** bila melihat bahaya, siapa pun yang melihatnya;
- **tidak mengubah setelan alat tanpa izin** dan tanpa mencatat, karena orang lain bergantung pada setelan itu.

Terhadap **warga dan pelanggan**, budaya kerja berarti ramah, menjelaskan pekerjaan dengan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

bahasa yang mudah dimengerti, jujur tentang kemampuan sistem (tidak menjanjikan listrik tanpa batas dari PLTS kecil), tepat janji, dan menjaga kebersihan lokasi sesudah bekerja. Warga yang paham cara kerja pembangkit desa lebih mudah diajak menjaga saluran air, menghemat beban, dan melapor bila ada kelainan.

7. Ketelitian, tanggung jawab alat dan data, serta kepedulian lingkungan

Hasil kerja yang bermutu lahir dari ketelitian: memeriksa polaritas sebelum menyambung, mencatat angka dengan satuan, membaca ulang pekerjaan sebelum menyatakan selesai. **Alat dan data adalah tanggung jawab**: alat ukur dikembalikan ke tempatnya dalam keadaan bersih, tidak dipakai di luar fungsi, dan dilaporkan bila rusak; data tidak diubah agar tampak bagus. **Lingkungan** juga dijaga: aki bekas dan oli bekas diserahkan ke pengelola limbah berizin, sampah kabel dan kemasan dibawa pulang, dan pekerjaan di sungai tidak mencemari air.

Contoh 1 — Memperbaiki catatan serah terima shift

Operator malam PLTMH Dusun Air Jernih, Sofyan (2027), menulis catatan serah terima: "Malam aman. Ada panas sedikit di panel, sudah diurus. Saringan beres. Oper." Operator pagi, Rina, bertanya apa maksud "panas sedikit" dan "sudah diurus". Sofyan hanya menjawab, "Sudah, tenang saja." Berikut data yang sebenarnya: pukul 18.00 daya 9,0 kW dan suhu terminal panel 41 °C; pukul 22.00 saringan bak penenang dibersihkan; pukul 01.30 terminal MCB feeder 2 terbaca 68 °C dengan termometer inframerah dan tercium bau plastik tipis, sehingga feeder 2 dimatikan, digembok, dan diberi label; pukul 01.45 beban feeder 2 dipindah ke feeder 1 dan kejadian dilaporkan ke kepala operator, Bu Lestari; pukul 05.45 suhu terminal feeder 1 45 °C. Feeder 2 belum diperbaiki. Perbaiki catatan itu. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. **Periksa kelemahan catatan lama.** "Panas sedikit" tidak menyebut komponen, jam, dan nilai ukur. "Sudah diurus" tidak menyebut tindakan sebenarnya. "Saringan beres" tanpa jam. Tidak ada laporan kepada atasan, tidak ada hal yang harus dilanjutkan, tidak ada peringatan bahwa sebuah pemutus sedang dikunci, dan tidak ada tanda tangan.
2. **Tulis nilai ukur berkala dengan satuan dan jam:** misalnya 18.00 (9,0 kW; 41 °C), 22.00, 01.30 (68 °C), 01.45 (55 °C), dan 05.45 (45 °C).
3. **Tulis kejadian tidak normal lengkap:** pukul 01.30 terminal MCB feeder 2 panas (68 °C) dan berbau plastik tipis; feeder 2 dimatikan, digembok, dan diberi label (LOTO).
4. **Tulis tindakan lanjutan dan siapa yang dilapori:** beban feeder 2 dipindah ke feeder 1; dilaporkan ke Bu Lestari melalui telepon.
5. **Tulis kondisi saat serah terima:** feeder 2 mati dan terkunci, **belum diperbaiki**; dugaan penyebab sambungan kendur.
6. **Tulis hal yang harus dilanjutkan:** pantau suhu terminal feeder 1 tiap 30 menit karena menanggung beban tambahan; perbaikan oleh teknisi listrik dijadwalkan kepala operator.
7. **Tulis peringatan keselamatan dengan jelas:** pemutus feeder 2 sedang dikunci dan tidak boleh dinyalakan; kunci diserahkan kepada kepala operator.
8. **Serah terima lisan sambil menunjukkan catatan,** lalu tanda tangan penyerah dan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

penerima.

Jawaban: catatan perbaikan menjadi seperti pada Gambar 2.28: tabel nilai ukur berjam, kejadian dan tindakan, laporan kepada atasan, serta blok serah terima yang berisi kondisi, tindakan, hal yang dilanjutkan, peringatan keselamatan, dan tanda tangan kedua operator. Perhatikan bahwa status penguncian (LOTO) wajib disampaikan, supaya orang yang masuk shift tidak menyalakan pemutus yang sedang dikunci.

Contoh 2 — Menyusun rencana 5R untuk gudang alat PLTMH desa

Gudang kecil di samping rumah pembangkit PLTMH Dusun Batu Lurah (2027) menyimpan kunci pas, sabuk penggerak cadangan, bantalan cadangan, oli, sekering, kabel, kotak P3K, dan barang bekas milik warga. Barang bercampur di lantai, bantalan cadangan tertimbun karung, dan oli bekas diletakkan di dekat sekering. Kepala operator meminta rencana 5R. Susunlah. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

R	Tindakan	Bukti hasil
Ringkas	pilah semua barang; pisahkan barang bekas milik warga, kabel pendek yang tidak terpakai, dan komponen rusak; singkirkan dari gudang	lantai lega; daftar barang yang disingkirkan
Rapi	beri rak dan kotak berlabel untuk kunci pas, sabuk, bantalan cadangan, sekering, kabel, dan P3K; **oli bekas ditaruh terpisah** di wadah tertutup beralas penampung dan berlabel, jauh dari sekering dan sumber api	setiap barang punya tempat tetap dan label; oli bekas terpisah
Resik	bersihkan rak dan alat setiap selesai dipakai, tidak hanya saat ada tamu	rak bebas debu dan tumpahan oli
Rawat	buat daftar periksa kerapian gudang yang diisi setiap akhir pekerjaan; tetapkan penanggung jawab	daftar periksa terisi setiap hari
Rajin	operator menjalankan daftar periksa tanpa disuruh; pengecekan rutin tiap minggu	kebiasaan berjalan; tidak kembali berantakan

Jawaban: rencana 5R di atas **menata, membersihkan, dan mempertahankan** gudang. Perhatikan bahwa kerapian di sini juga mengandung keselamatan: oli bekas (limbah B3) dipisahkan dari komponen kelistrikan dan sumber api.

Contoh 3 — Mencari akar penyebab dari kejadian nyaris celaka

Pada pemasangan modul di atap bengkel di Kupang (2027), sebuah baut dudukan modul terlepas dari tangan teknisi Dani dan jatuh ke halaman, nyaris mengenai rekannya, Kiki, yang sedang lewat. Tidak ada yang terluka. Ketua tim meminta analisis penyebab dengan bertanya "mengapa?" berulang. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. **Mengapa baut jatuh?** Karena terlepas dari tangan Dani saat memasang dan meluncur di permukaan atap miring.
2. **Mengapa baut yang terlepas bisa jatuh sampai ke halaman?** Karena baut dan alat tidak diikat dengan tali alat atau ditaruh di wadah di atap.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

3. **Mengapa orang berada di bawah?** Karena area di bawah atap tidak dibatasi dan tidak ada petugas yang mengarahkan lalu lintas.
4. **Mengapa tidak ada tali alat dan pembatas?** Karena prosedur kerja di atap tim itu tidak mewajibkannya dan tidak ada daftar periksa sebelum naik.
5. **Perbaikan penyebab:** wajibkan tali alat atau wadah berpenutup di atap, pasang pita dan kerucut di area bawah, dan tambahkan butir ini ke daftar periksa dan briefing awal kerja. Bukan hanya menegur Dani agar "lebih hati-hati".
6. **Laporan dan pelajaran:** kejadian dicatat dan dilaporkan segera, lalu dibahas pada briefing berikutnya agar seluruh tim mengetahuinya.

Jawaban: akar penyebabnya **tidak adanya prosedur tali alat dan pembatas area**, bukan kecerobohan satu orang. Perbaikannya mengubah **prosedur dan perlengkapan** sehingga kejadian tidak berulang, serta melaporkannya dengan jujur tanpa menyalahkan pelapor.

Ringkasan bagian ini

Budaya kerja industri adalah kebiasaan bersama yang mengutamakan keselamatan, disiplin, kejujuran, tanggung jawab, kerja sama, mutu, kepedulian lingkungan, dan pelayanan. 5R menata gudang dan ruang kerja: ringkas, rapi, resik, rawat, rajin; tempat tetap, label, dan daftar periksa. Logbook mencatat nilai ukur, kejadian tidak normal, tindakan, laporan, dan status pengamanan; serah terima dilakukan lisan dan tertulis. Kejadian nyaris celaka dilaporkan segera tanpa menyalahkan pelapor, dicari akar penyebabnya, penyebabnya diperbaiki, dan pelajarannya dibagikan.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

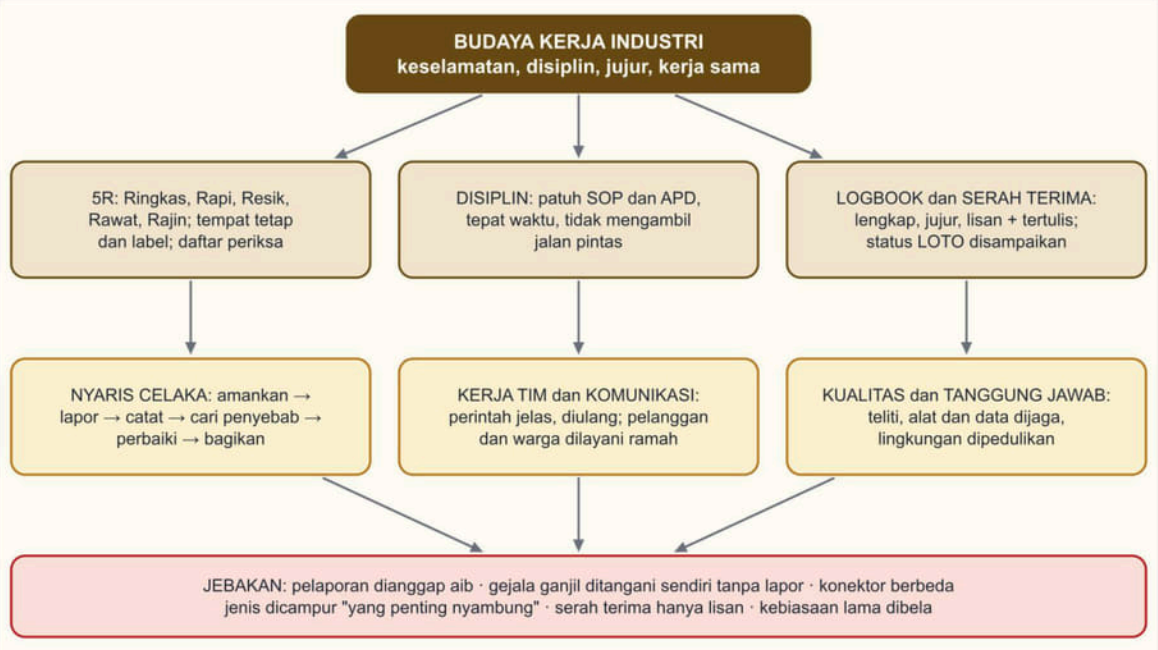
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- **Nilai inti:** keselamatan lebih dulu, disiplin, jujur, tanggung jawab, kerja sama, mutu, lingkungan, pelayanan.
- **5R:** Ringkas (pilah), Rapi (tempat tetap dan label), Resik (bersih rutin), Rawat (standar dan daftar periksa), Rajin (jadi kebiasaan); jenis konektor tidak dicampur.
- **Logbook:** nilai ukur berjam dengan satuan, kejadian tidak normal dan tindakan, siapa dilapori, status LOTO, tanda tangan; jujur dan tidak dihapus.
- **Serah terima:** lisan dan tertulis; kondisi tidak normal tetap dicatat dan dipantau sampai tanggung jawab berpindah.
- **Nyaris celaka:** amankan → lapor segera → catat → cari penyebab → perbaiki penyebab → bagikan → pantau; tanpa menyalahkan pelapor.
- **Kerja tim:** tugas jelas, perintah diulang, berani menghentikan pekerjaan; warga dan pelanggan dilayani ramah dan jujur.

Gambar 2.30 merangkum hubungan antarkonsep itu.



Gambar 2.30 Peta konsep budaya kerja industri bidang energi terbarukan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal budaya kerja:

1. **Tentukan nilai yang diuji:** pencatatan (logbook), pelaporan (nyaris celaka), penataan (5R), atau kerja sama.
2. **Cari tindakan yang menghilangkan penyebab,** bukan yang sekadar menenangkan: memperbaiki penyebab lebih baik daripada berjanji hati-hati.
3. **Pilih tindakan segera dan tertulis:** laporan ke atasan dan catatan resmi lebih baik daripada catatan pribadi atau ingatan.
4. **Waspadai opsi yang menunda atau menyembunyikan:** "dibahas setelah pekerjaan selesai", "dibicarakan di rapat bulanan", "tidak perlu dicatat karena tidak ada yang berhenti".
5. **Pada soal pilihan ganda kompleks,** periksa tiap pernyataan satu per satu; biasanya beberapa pernyataan benar sekaligus, dan yang salah menunda atau menyembunyikan.

Jebakan khas pada soal ini:

- **Pelaporan dianggap aib** sehingga kejadian tanpa korban dibiarkan.
- **Gejala ganjil ditangani sendiri** tanpa melapor ke atasan.
- **Catatan pribadi dianggap cukup**, padahal tidak sampai kepada orang yang berwenang.
- **Hati-hati pribadi dianggap sudah memperbaiki penyebab** (alas licin dan tangga tanpa pegangan tetap ada).
- **Informasi serah terima hanya lisan** karena "pembangkit tidak berhenti".
- **Beberapa jenis konektor dicampur** supaya cepat diambil.
- **Kerapian hanya dilakukan menjelang pemeriksaan**, bukan kebiasaan harian.
- **Pembahasan pelajaran ditunda** sementara alat yang sama terus dipakai.

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menceritakan teknisi yang nyaris jatuh dari tangga dan tidak terluka, sementara pekerjaan dengan tangga yang sama masih berlanjut beberapa hari. Bedah dengan urutan: apa kejadiannya (nyaris celaka), apa penyebabnya, dan tindakan mana yang melaporkan dengan benar serta menghilangkan penyebab. Pakailah bagian 5 pada materi untuk menyingkirkan opsi yang menunda atau menyembunyikan.

►. Saat pemasangan modul di atap gudang UMKM (2027), tangga lipat yang dipakai Gilang tergelincir karena alasnya di atas lantai licin dan tidak dipegangi rekan. Gilang sempat berpegangan pada talang dan tidak terluka. Pekerjaan masih berlangsung dua hari lagi dengan tangga yang sama. Ketua tim mengingatkan bahwa perusahaan menerapkan budaya kerja industri yang mengutamakan keselamatan dan pencatatan.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Tindakan yang sesuai dengan budaya kerja industri adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Mencatat kejadian di buku catatan pribadi Gilang untuk dibahas pada rapat evaluasi bulanan.

☐ B. Melaporkan kejadian kepada ketua tim dan mencatatnya sebagai kejadian nyaris celaka.

☐ C. Melanjutkan memakai tangga dengan posisi yang sama karena Gilang kini lebih berhati-hati.

☐ D. Memasang alas antiselip dan menugaskan satu rekan memegangi tangga selama dipakai.

☐ E. Membahas kejadian itu setelah pekerjaan selesai agar tim tidak cemas selama bekerja.

Pembahasan **Kunci: B, D**

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Budaya kerja industri: disiplin K3, melaporkan dan mencatat kejadian nyaris celaka (near miss), memperbaiki penyebab, dan berbagi pelajaran dalam briefing. Kejadian tanpa korban tetap ditindaklanjuti.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: pencatatan tampak benar, tetapi catatan pribadi tidak sampai ke ketua tim dan tangga yang sama dipakai dua hari lagi; laporan harus segera.

• **Pernyataan 2** ✓ Kejadian nyaris celaka dilaporkan agar penyebabnya dianalisis dan dicegah.

• **Pernyataan 3** ✗ Jebakan: kehati-hatian pribadi tidak menghilangkan penyebab (alas licin, tangga tidak dipegangi).

• **Pernyataan 4** ✓ Menghilangkan penyebab langsung: alas licin dan tangga tanpa pegangan.

• **Pernyataan 5** ✗ Jebakan: berbagi pelajaran memang perlu, tetapi ditunda dua hari sementara tangga yang sama terus dipakai; pembahasan dilakukan segera pada briefing berikutnya.

Jawaban: pernyataan 2, 4.

✎ LATIHAN

Kerjakan tanpa melihat kunci. Pada soal pernyataan, nilai tiap pernyataan satu per satu: apakah ia segera, tertulis, dan menghilangkan penyebab?

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1. Operator malam PLTMH, Hendra (2027), mendengar suara kasar dari bantalan turbin pukul 03.00 dan suhu bantalan terbaca 78 °C, padahal biasanya sekitar 55 °C. Ia menurunkan beban sedikit dan suhu turun ke 70 °C. Pukul 06.00 ia akan menyerahkan tugas kepada operator pagi, Sinta. Kebiasaan lama di PLTMH itu: hal penting hanya disampaikan secara lisan.

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)

Tindakan Hendra yang sesuai budaya kerja industri adalah ....

(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Menulis di logbook jam kejadian, gejala, nilai suhu, dan tindakan yang sudah dilakukan.

☐ B. Menyampaikan rinci secara lisan kepada Sinta karena logbook hanya untuk kejadian yang membuat pembangkit berhenti.

☐ C. Melaporkan kepada kepala operator agar pemeriksaan bantalan dijadwalkan.

☐ D. Tetap memantau suhu bantalan dengan beban yang sudah diturunkan sampai serah terima selesai.

☐ E. Menjelaskan kondisi bantalan saat serah terima sambil menunjukkan catatan di logbook.

2. Tim instalasi PLTS milik CV Surya Mandiri (2027) sering terlambat berangkat karena butuh 30 menit mencari tang crimping dan konektor. Konektor dari tiga merek berbeda bercampur dalam satu kotak sehingga pernah terpasang pasangan konektor yang tidak cocok. Potongan kabel bekas juga menumpuk di lantai gudang. Pimpinan meminta tim menerapkan 5R.

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)

Tindakan yang sesuai dengan 5R adalah ....

(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Memisahkan potongan kabel bekas yang tidak terpakai lalu menyerahkannya ke pengepul.

☐ B. Menyediakan tempat berlabel untuk tang crimping dan kotak konektor terpisah per merek.

☐ C. Menyatukan semua konektor dalam satu kotak besar agar cepat diambil saat berangkat.

☐ D. Membuat daftar periksa kerapian gudang yang diisi setiap akhir pekerjaan.

☐ E. Membersihkan rak dan peralatan setiap selesai dipakai, tidak hanya menjelang audit.

Kunci singkat: 1. A, C, D, E 2. A, B, D, E

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

✔ PERIKSA DIRI

- Seorang teknisi hampir terkena kabel DC terkelupas tetapi tidak terluka, lalu berkata, "Tidak ada apa-apa, buat apa dilaporkan?" Apa jawabanmu, dan apa yang harus dilakukan ketua tim sesudah menerima laporannya?
- Mengapa kondisi tidak normal tetap harus ditulis di logbook walaupun pembangkit tidak berhenti, dan apa akibatnya bila serah terima hanya disampaikan lisan?
- **Yang harus kuingat:** budaya kerja = keselamatan, disiplin, jujur; 5R (ringkas, rapi, resik, rawat, rajin) dengan tempat tetap dan label; logbook lengkap dan serah terima lisan plus tertulis; nyaris celaka dilaporkan segera dan penyebabnya diperbaiki tanpa menyalahkan pelapor.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 2.6: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktet&node=SMKTET-2.6

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Kuis Akhir Bab 2

SMKTET-KB2

Jumlah soal: 25 **Waktu anjuran:** 60 menit

Kerjakan sendiri dan berwaktu. Setelah selesai, cocokkan dengan kunci di Bagian D, isi tabel skor, lalu lihat anjuran di bawahnya.

Kerjakan Kuis Bab 2 di LMS

Skor dan progresmu tersimpan di LMS.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktet&node=SMKTET-KB2

1. PLTS Desa Tegal Harapan (2027) tidak mengisi baterai padahal siang cerah. Teknisi Laras mengukur tegangan DC satu string pada empat titik, sementara sakelar isolator DC berada pada posisi ON.

Titik ukur	Tegangan (V)
1. Konektor keluaran modul terakhir	37,2
2. Terminal masuk sakelar isolator DC	37,1
3. Terminal keluar sakelar isolator DC	0
4. Terminal masuk pengendali pengisian	0

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)

Bagian yang paling mungkin rusak adalah ....

A. Modul terakhir pada string, karena modul itu tidak lagi menghasilkan tegangan

B. Sakelar isolator DC, karena kontaknya tidak menghantarkan walaupun sudah pada posisi ON

C. Kabel dari sakelar isolator DC ke pengendali, karena kabel itu putus di tengah jalan

D. Pengendali pengisian, karena rangkaian masukannya tidak menerima tegangan dari string

E. Baterai, karena tegangan baterai yang rendah menahan aliran arus dari string ke pengendali

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. PLTMH Dusun Lembah Hijau (2027) memakai generator 9 kW dengan bukaan air tetap. ELC menjaga beban generator selalu 9 kW dengan mengalihkan daya yang tidak dipakai warga ke ballast berupa tiga elemen pemanas air, masing-masing 2 kW. Beban warga pada tiga waktu tercatat sebagai berikut.

Waktu	Beban warga (kW)
18.00	7,5
22.00	3,0
02.00	0,6

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)

Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

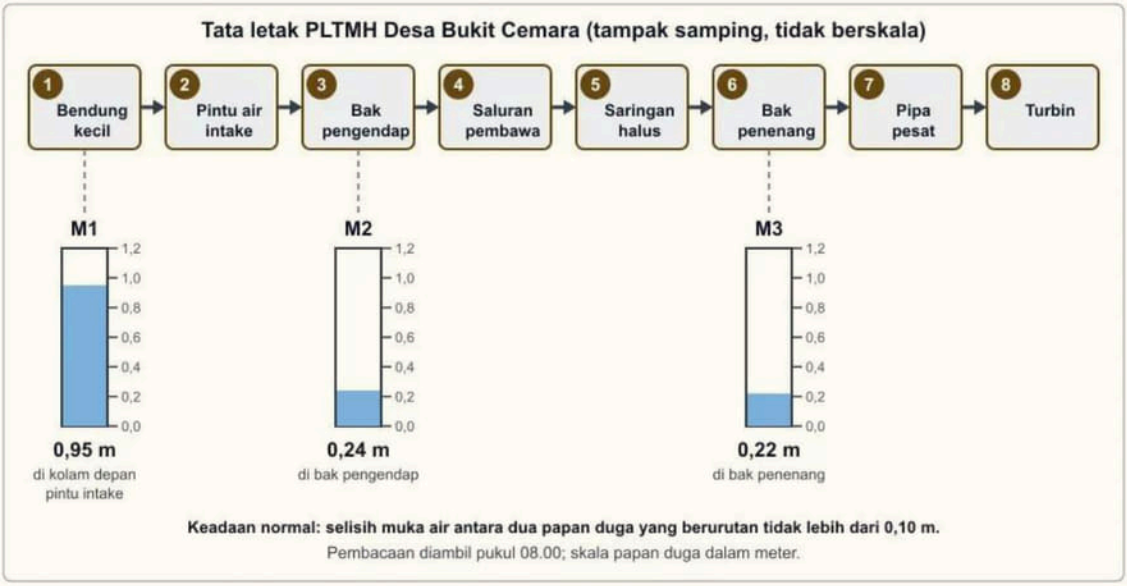
Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Pada pukul 02.00 ballast 6 kW sanggup menyerap seluruh daya yang tidak dipakai warga, sehingga frekuensi tetap 50 Hz.	○	○
Pada pukul 22.00 ballast harus menyerap 6 kW, tepat sebesar kapasitas ketiga elemennya.	○	○
Agar aman sepanjang malam, kapasitas ballast sebaiknya sebesar daya generator, yaitu 9 kW, karena warga dapat mematikan seluruh beban.	○	○

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

3. Daya PLTMH Desa Bukit Cemara (2027) turun dari 12 kW menjadi 5 kW sejak pagi. Gambar menunjukkan tata letak pembangkit dengan tiga papan duga (M1 sampai M3) beserta pembacaan muka airnya. Operator tidak menemukan kebocoran pada bendung, saluran, pipa pesat, maupun turbin.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Dugaan penyebab dan tindakan yang paling tepat adalah ....



A. Pintu air intake (2) terbuka sebagian karena ulirnya macet; ulir dibersihkan dan diberi pelumas

B. Bak pengendap (3) penuh pasir sehingga air tertahan di depannya; endapan dikuras lebih dahulu

C. Saringan halus (5) tersumbat sehingga air tertahan di depannya; saringan dibersihkan lebih dahulu

D. Pipa pesat (7) tersumbat benda sehingga air tertahan di depannya; pipa dibongkar dan dibersihkan

E. Turbin (8) macet sehingga air tertahan di depan turbin; turbin dibongkar dan diperiksa

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

4. Sebagian pipa pesat PLTMH Desa Sungai Bening (2027) diganti dengan pipa berdiameter lebih kecil karena stok pipa lama habis. Letak bak penenang dan turbin tidak berubah, debit terukur tetap 60 liter/detik, tetapi daya turun dari 14 kW menjadi 11,5 kW. Manometer di ujung bawah pipa menunjukkan tekanan lebih rendah daripada sebelumnya. Teknisi menyusun penjelasan dan langkah perbaikan.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pernyataan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Tinggi jatuh kotor berkurang karena penggantian pipa menurunkan selisih tinggi antara bak penenang dan turbin.

☐ B. Air mengalir lebih cepat di pipa yang lebih kecil sehingga gesekan bertambah dan tinggi jatuh efektif berkurang.

☐ C. Dengan debit yang sama, tekanan air yang sampai ke turbin lebih rendah sehingga daya yang tersedia bagi turbin lebih kecil.

☐ D. Menutup sebagian katup utama dapat mengembalikan daya karena tekanan di dalam pipa menjadi lebih tinggi.

☐ E. Mengembalikan diameter pipa seperti semula mengurangi gesekan sehingga tinggi jatuh efektif dan daya ikut pulih.

5. Dua rangkaian modul identik dipasang di atap seng Pulau Bakau Indah (2027). Rangkaian pertama menempel rapat pada seng, rangkaian kedua dipasang dengan rangka yang menyisakan celah udara di bawah modul. Pada pukul 12.00 yang terik, aplikasi pemantau menunjukkan daya rangkaian pertama sekitar 8% lebih rendah daripada rangkaian kedua. Cahaya yang diterima sama kuat, dan kedua rangkaian sama bersih.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Penyebab perbedaan daya itu adalah ....

A. Rangka pada rangkaian kedua menambah luas penangkap cahaya sehingga arus yang keluar lebih besar

B. Seng yang panas memantulkan kembali cahaya sehingga cahaya yang diterima rangkaian pertama berkurang

C. Sel surya paling produktif pada pagi hari, sehingga pada pukul 12.00 daya kedua rangkaian menurun

D. Atap seng menghalangi cahaya yang jatuh di bagian belakang modul sehingga arus rangkaian pertama berkurang

E. Modul yang rapat lebih panas karena kurang pendinginan, dan suhu tinggi menurunkan daya modul

6. PLTMH Desa Rimba Sari (2027) memiliki bak penenang yang dangkal. Pada sore hari operator membuka katup utama lebih lebar untuk melayani beban puncak. Air yang keluar dari bak menjadi lebih banyak daripada yang masuk, sehingga muka air di bak turun hingga hampir menyentuh mulut pipa. Pipa terdengar menggelegak dan bergetar, dan daya listrik naik turun. Saringan, bak pengendap, dan turbin sudah diperiksa dan dalam keadaan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

baik.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tindakan yang paling tepat adalah ....

A. Membersihkan saringan halus di bak penenang setiap pagi dan sore agar tidak tersumbat
B. Membuka katup utama lebih lebar lagi agar tekanan air di dalam pipa pesat bertambah
C. Memperdalam bak penenang atau menjaga muka air tetap di atas mulut pipa pesat
D. Mengganti turbin dengan ukuran lebih besar agar daya listrik tidak naik turun lagi
E. Menambah beban penyeimbang pada ELC agar getaran pada pipa pesat menjadi berkurang

7. Pabrik tahu di Desa Sumber Lestari (2027) membuang 3.000 liter limbah cair per hari yang berair lebih dari 95% tetapi kaya sisa bahan organik, ditambah 200 kg ampas tahu basah. Pengelola ingin mengubah limbah itu menjadi bahan bakar untuk tungku perebusan.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Jalur energi biomassa yang paling sesuai untuk bahan seperti ini adalah ....

A. Gasifikasi, karena limbah dapat langsung dibakar menjadi gas di dalam reaktor gasifikasi
B. Pembakaran langsung di tungku, karena air dalam limbah cepat menguap saat dipanaskan
C. Pengeringan di bawah sinar matahari lalu dibakar, karena limbah cair mudah mengering
D. Fermentasi tanpa udara di digester, karena bahan basah diurai bakteri menjadi biogas
E. Pirolisis dengan memanaskan limbah tanpa udara, karena panasnya langsung menghasilkan arang

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

8. Dermaga di Pulau Karang Indah (2027) akan dipasangi turbin angin 1 kW. Dua pilihan yang ditawarkan: turbin sumbu horizontal yang harus menghadap angin dengan ekor atau sistem yaw, dan turbin sumbu vertikal yang rotornya tegak dan menerima angin dari arah mana pun. Angin di dermaga sering berganti arah, kecepatannya rata-rata 5 m/s, dan gudang di tepi dermaga membuat angin bergolak. Siswa PKL menilai kedua pilihan itu. *(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Turbin sumbu vertikal tidak memerlukan ekor atau sistem yaw karena rotornya dapat menerima angin dari arah mana pun.	○	○
Pada angin yang kuat dan stabil di tempat terbuka, turbin sumbu vertikal menghasilkan listrik lebih banyak daripada turbin sumbu horizontal berukuran sama karena tidak perlu mencari arah angin.	○	○
Karena dipasang rendah di dekat gudang, turbin sumbu vertikal terhindar dari angin yang bergolak.	○	○

9. Pada PLTS atap bengkel di Desa Cipta Karya (2027), satu string berisi delapan modul seri. Tegangan terbuka (Voc) tiap modul 40 V dan arus hubung singkatnya 9 A. Pemasang melindungi string dengan MCB AC dua kutub 16 A yang tertulis 400 V~ karena stok MCB DC habis. Pengawas meminta teknisi menilai penggunaan MCB itu. *(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pernyataan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Arus DC tidak melewati titik nol seperti arus AC, sehingga busur api saat kontak MCB terbuka lebih sulit padam.

☐ B. Arus string hanya 9 A, jauh di bawah 16 A, sehingga MCB AC itu aman dipakai walaupun tegangan DC string tinggi.

☐ C. Peringkat 400 V~ pada MCB AC otomatis berlaku sama untuk tegangan DC string, sehingga tegangan 320 V masih aman.

☐ D. Pemutus untuk string harus berperingkat DC dengan tegangan lebih besar daripada tegangan terbuka string, yaitu 8 × 40 = 320 V.

☐ E. Sekering khusus rangkaian surya berperingkat DC dapat dipakai sebagai pelindung string selama peringkat tegangannya cukup.

10. Genset bensin 5 kW di peternakan Desa Bukit Cemara (2027) dimodifikasi agar memakai biogas dari digester kotoran sapi. Setelah empat bulan, tercium bau seperti telur busuk dari gas, oli genset cepat menghitam dan terasa asam, dan knalpot serta pipa logam di dekat genset berkarat dan berlubang. Penjebak air di pipa gas sudah dipasang dan dikuras rutin.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Zat dalam gas yang paling mungkin menjadi penyebab dan cara menanganinya adalah ....

A. Hidrogen sulfida yang membentuk asam; pasang saringan H_2S dan ganti oli lebih sering
B. Uap air yang mengembun di pipa; pasang penjebak air tambahan di titik terendah pipa
C. Karbon dioksida yang membentuk asam kuat; alirkan gas lewat air kapur sebelum dibakar
D. Metana yang terbakar tidak sempurna; setel campuran udara dan gas agar lebih pekat
E. Nitrogen dari udara yang masuk ke digester; buang udara itu lewat katup pelepas gas

11. Turbin angin 1 kW di Desa Muara Jaya (2027) dipasang pada tiang setinggi 3 m di atap sebuah rumah, dikelilingi pohon kelapa dan rumah lain yang lebih tinggi. Rotor sering berputar tersendat, arah putarnya berganti-ganti, dan produksi harian hanya sepertiga dari perkiraan. Pengukuran menunjukkan angin di lokasi cukup kuat, tetapi bergolak. Bilah, generator, dan pengendali sudah diperiksa dan dalam keadaan baik.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tindakan yang paling tepat adalah ....

A. Memasang gearbox agar putaran generator lebih tinggi dan rotor tidak lagi tersendat
B. Memindahkan turbin ke tiang yang lebih tinggi di tempat terbuka, jauh dari pohon
C. Menambah baterai agar listrik dari angin yang bergolak dapat disimpan seluruhnya
D. Memperpanjang ekor turbin agar rotor lebih cepat mengikuti arah angin yang berganti
E. Menambah jumlah bilah rotor agar angin yang lemah dan bergolak tetap dapat ditangkap dengan baik

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

12. Turbin angin 500 W di Dusun Air Bening (2027) mengisi baterai 24 V melalui penyearah. Pada angin 3 m/s rotor berputar pelan, tetapi ampere meter pengisian menunjuk 0 A. Pada angin 5 m/s ampere meter menunjuk 4 A. Dimas mengukur tegangan keluaran penyearah: 17 V pada angin 3 m/s dan 31 V pada angin 5 m/s, sedangkan tegangan baterai 25,5 V. Semua kabel dan sambungan dalam keadaan baik.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Penjelasan yang paling tepat adalah ....

A. Penyearah mengalami kerusakan sehingga hanya dapat meneruskan arus ketika angin bertiup kencang
B. Baterai sudah terisi penuh sehingga menolak arus pengisian ketika angin bertiup lemah
C. Rotor terlalu pelan sehingga generator menghasilkan arus bolak-balik dan bukan arus searah
D. Ampere meter tidak mampu membaca arus pengisian yang sangat kecil ketika angin bertiup lemah
E. Pada angin 3 m/s tegangan keluaran masih di bawah tegangan baterai sehingga arus tak mengalir

13. Pagi hari di dapur umum sebuah pondok pesantren di Desa Sungai Bening (2027), Salsa mencium bau seperti telur busuk yang menyengat dari sambungan pipa biogas di dekat kompor yang sedang mati. Dapur tertutup, kulkas menyala, dan lampu dapur dinyalakan dengan sakelar dinding. Digester berada di luar bangunan.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tindakan pertama yang paling tepat adalah ....

A. Menyalakan kipas angin listrik di dinding supaya gas cepat keluar lewat ventilasi dapur
B. Menyulut korek api di dekat sambungan pipa untuk memastikan letak kebocoran dengan tepat dan cepat
C. Mematikan kulkas dan sakelar lampu dapur supaya tidak ada arus listrik di dalam ruangan
D. Menutup katup gas utama, membuka pintu dan jendela, dan menjauhkan api dan percikan listrik
E. Melilit sambungan pipa dengan lakban lalu menyalakan kompor untuk menghabiskan gas di pipa

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

14. Pompa air di Dusun Air Terjun (2027) memakai satu modul lama bertegangan kerja 18 V dengan arus kerja 6 A. Teknisi menambahkan satu modul baru bertegangan kerja 18 V dengan arus kerja 9 A, lalu menyambung keduanya secara seri. Cuaca cerah, kedua modul sama bersih, dan sambungan baik.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Daya yang dihasilkan kedua modul itu kira-kira ....

A. 108 W
B. 162 W
C. 216 W
D. 270 W
E. 324 W

15. Gasifier downdraft berbahan cacahan kayu di unit pengering kopi Desa Rimba Sari (2027) dilengkapi empat termokopel, T1 sampai T4 dari atas ke bawah. Udara masuk melalui nosel di sekitar T3, dan gas keluar dari bagian bawah. Operator mencatat suhu saat bahan kering dan saat bahan basah.

Titik	Suhu bahan kering (°C)	Suhu bahan basah (°C)
T1	140	120
T2	480	400
T3	1.250	850
T4	800	600

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pernyataan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. T1 berada di zona pengeringan: suhunya masih rendah dan bahan di sini melepas uap air.
☐ B. T2 berada di zona oksidasi karena suhunya sudah cukup tinggi untuk membakar bahan secara sempurna.
☐ C. T3 berada di zona oksidasi dekat nosel udara; suhu yang sangat tinggi di sini menguraikan sebagian besar tar.
☐ D. Saat bahan basah, suhu T3 turun sehingga tar dari zona di atasnya lebih mudah lolos ke gas keluaran.
☐ E. T4 lebih rendah daripada T3, sehingga di zona T4 gas dibakar habis oleh udara yang masuk.

16. Pabrikan menguji turbin angin 2 kW yang akan dipasang di Pulau Tanjung Lestari (2027). Daya keluaran pada beberapa kecepatan angin tercatat sebagai berikut.

Kecepatan angin (m/s)	Daya keluaran (W)

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2	0
3	0
4	60
8	950
12	2.000
16	2.000
22	2.000
26	0

Teknisi menyusun pernyataan tentang tabel itu.

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)

Pernyataan yang tepat adalah ....

(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Pada angin 2 m/s rotor pasti diam karena daya keluaran turbin pada kecepatan itu 0 W, sehingga tidak ada putaran.

☐ B. Turbin mulai mengirim listrik pada kecepatan angin di antara 3 dan 4 m/s, tempat daya berubah dari 0 menjadi 60 W.

☐ C. Daya turbin terus naik mengikuti kecepatan angin sampai turbin berhenti ketika angin mencapai 26 m/s.

☐ D. Pada kecepatan angin 12 sampai 22 m/s daya dibatasi pada 2.000 W, sehingga angin yang lebih kencang tidak menambah daya.

☐ E. Daya 0 W pada 26 m/s menunjukkan turbin sengaja berhenti untuk mengamankan diri dari angin yang terlalu kencang.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

17. Api kompor biogas di kantin sebuah SMK di Desa Muara Jaya (2027) kecil dan tersendat, padahal digester sudah lama terisi dan menghasilkan gas. Gambar menunjukkan jalur gas dengan dua manometer pipa U (M1 dan M2) yang dibaca bersamaan.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Bagian yang paling mungkin bermasalah adalah ....



A. Digester (1), karena gas yang dihasilkan terlalu sedikit; isian kotoran perlu ditambah
B. Saringan H_2S (4), karena isinya menyumbat aliran gas; isi saringan perlu dibongkar dan diganti
C. Katup utama (2), karena hanya terbuka sebagian; katup perlu dibuka lebih lebar
D. Penjebak air (3), karena penuh air sehingga menghalangi aliran; air perlu dikuras
E. Kompor (6), karena lubang apinya tersumbat sehingga gas tertahan di depan kompor; lubang api perlu dibersihkan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

18. Dewi dan Eko mengerjakan dua pekerjaan berbeda pada turbin PLTMH Desa Cipta Karya (2027): Dewi mengganti bantalan, Eko membersihkan sudu. Katup utama dikunci dengan satu gembok milik Dewi dan satu label. Pukul 15.00 Dewi menyelesaikan pekerjaannya, melepas gembok miliknya, dan membuka katup karena mengira pekerjaan sudah selesai, padahal Eko masih berada di dekat sudu. Eko selamat karena segera mundur saat turbin berputar.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Penyebab kejadian dan perbaikan prosedurnya adalah ....

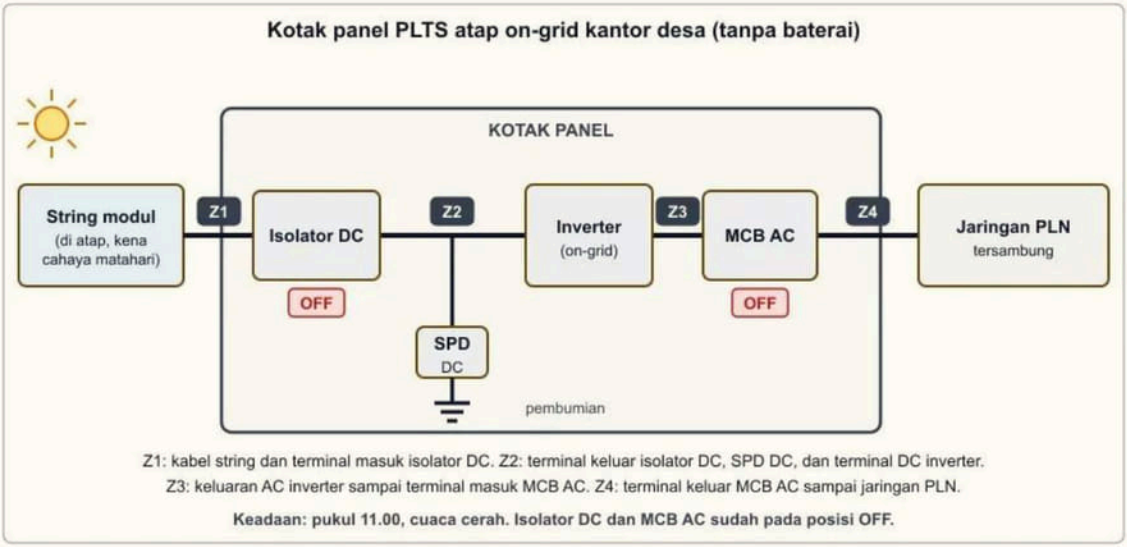
A. Label Dewi kurang terlihat oleh Eko; label perlu dibuat dengan warna yang lebih mencolok
B. Eko tidak melapor kepada operator; operator perlu memegang kunci semua gembok di pembangkit
C. Gembok hanya milik satu orang; tiap pekerja perlu memasang gembok dan label sendiri
D. Katup utama tidak diberi cat merah; katup perlu ditandai agar mudah terlihat dari jarak jauh
E. Dewi bekerja terlalu cepat; pekerjaan sebaiknya dilakukan bergantian, bukan bersamaan

19. Tiga lokasi di Kecamatan Wanasari (2027) akan dipasangi PLTS: (P) puskesmas pembantu yang jaringan listriknya sering padam berjam-jam dan melayani persalinan pada malam hari; (Q) kantor kecamatan yang jaringan listriknya jarang padam dan hanya bekerja pukul 08.00–16.00; (R) dusun di pulau kecil yang tidak terjangkau jaringan listrik.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pasangan jenis sistem dan lokasi yang tepat adalah ....

A. P: on-grid tanpa baterai; Q: hibrida; R: off-grid
B. P: off-grid; Q: on-grid tanpa baterai; R: hibrida
C. P: hibrida; Q: off-grid; R: on-grid tanpa baterai
D. P: hibrida; Q: on-grid tanpa baterai; R: off-grid
E. P: on-grid tanpa baterai; Q: off-grid; R: hibrida

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

20. Teknisi Reza akan mengganti SPD DC yang rusak pada kotak panel PLTS atap kantor desa di Desa Tegal Harapan (2027). Gambar menunjukkan posisi sakelar dan empat zona (Z1 sampai Z4) pada kotak panel.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pernyataan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)



Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Kabel string dan terminal masuk isolator DC (Z1) tetap bertegangan karena modul masih terkena cahaya, walaupun isolator DC sudah OFF.

☐ B. Untuk mengganti SPD DC cukup mematikan MCB AC, sebab SPD itu terhubung ke bagian listrik yang sama dengan MCB AC.

☐ C. Terminal keluar MCB AC (Z4) tetap bertegangan selama jaringan PLN tersambung, walaupun MCB AC sudah OFF.

☐ D. Setelah isolator DC OFF, bagian Z2 pasti tidak bertegangan sehingga terminal SPD boleh dipegang tanpa pengukuran.

☐ E. Sebelum menyentuh terminal di Z2, tegangannya tetap diukur dengan alat ukur DC yang sesuai, karena kapasitor inverter dapat menyimpan muatan.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

21. Saat mengganti baterai timbal-asam bekas pada PLTS pos ronda Desa Bukit Cemara (2027), Hadi menjatuhkan satu baterai yang retak. Sekitar satu liter cairan asam tumpah di lantai semen dan memercik ke lengan bajunya. Tersedia kacamata pelindung, sarung tangan karet tebal, serbuk soda kue, kain pel, air bersih, kardus, dan ember plastik.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tindakan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Memakai kacamata pelindung dan sarung tangan karet tebal sebelum mendekati tumpahan.
☐ B. Menaburkan soda kue dari tepi ke tengah tumpahan sampai tidak lagi berbuih, lalu mengumpulkannya dengan sekop plastik.
☐ C. Mengepel tumpahan dengan kain pel biasa lalu membilas kain itu di selokan agar tidak berbau.
☐ D. Melepas baju yang terkena percikan dan membilas kulit dengan air mengalir yang banyak.
☐ E. Memasukkan baterai retak dan sisa netralisasi ke kardus lalu membuangnya ke tempat sampah desa.

22. Maya menyambung konektor DC string di atap sebuah sekolah dasar (2027), sedangkan Anton berada di kotak panel di lantai bawah. Lewat radio Maya berkata, "Aku mau mulai menyambung." Anton sedang memegang kunci isolator dan tidak menjawab; ia mengira Maya hanya memberi tahu rencana lalu menutup isolator DC. Maya terkejut oleh percikan kecil dari konektor. Tidak ada yang terluka.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Perbaikan komunikasi yang paling sesuai budaya kerja industri adalah ....

A. Maya berbicara lebih keras lewat radio dan tidak perlu menunggu jawaban dari Anton lagi
B. Anton menutup isolator hanya bila ia merasa yakin bahwa pekerjaan Maya sudah selesai
C. Pengawas menempel pengumuman di kotak panel agar dibaca semua anggota tim sekali sehari
D. Maya turun ke kotak panel setiap kali akan menyambung konektor supaya tidak perlu memakai radio
E. Perintah yang mengubah keadaan listrik disebut jelas, diulang penerima, dan dikonfirmasi

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

23. Operator PLTMH Desa Sumber Lestari (2027) harus mematikan pembangkit enam jam pada hari Rabu untuk mengganti bantalan turbin. Warga memakai listrik itu untuk pompa air, penetasan telur, dan toko kecil. Sebelumnya, dua kali pemadaman mendadak membuat warga kesal.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tindakan yang sesuai budaya kerja industri adalah ....

A. Mengumumkan jadwal, lama, dan alasan pemadaman kepada warga beberapa hari sebelumnya
B. Mematikan pembangkit pada hari Rabu tanpa pemberitahuan supaya perawatan tidak tertunda
C. Mengumumkan pemadaman pada Rabu pagi lewat pengeras suara masjid setelah pekerjaan dimulai
D. Menunda perawatan bantalan sampai warga tidak lagi memerlukan listrik dari pembangkit
E. Mempersingkat perawatan menjadi dua jam dengan melewatkan sebagian pemeriksaan bantalan

24. Gudang peralatan bengkel PLTS sebuah SMK (2027) diaudit memakai 5R (Ringkas, Rapi, Resik, Rawat, Rajin). Hasil audit mencatat tiga temuan.

No.	Temuan audit
1	Enam dari empat belas tang crimping rusak dan tidak pernah dipakai, tetapi masih disimpan di rak
2	Obeng, tang, dan multimeter bercampur dalam satu laci sehingga sulit dicari
3	Lantai gudang penuh serpihan kabel dan debu

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Temuan 2 diperbaiki dengan langkah Rawat, yaitu membersihkan laci setiap hari.	○	○
Temuan 1 diperbaiki dengan langkah Rapi, yaitu menata tang yang rusak di rak paling bawah.	○	○
Temuan 3 diperbaiki dengan langkah Resik, yaitu menyapu lantai dan membersihkan rak setiap selesai bekerja.	○	○

25. Multimeter milik bengkel PLTS sebuah SMK jatuh dari tangga saat praktik (2027). Layarnya retak, tetapi angka masih tampil. Pada dua pengukuran sesudahnya, tegangan modul terbaca 3 V lebih rendah daripada hasil multimeter lain di bengkel yang sudah terbukti baik. Siswa piket, Yoga, ditanya kepala bengkel tentang apa yang akan ia lakukan.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Tindakan yang sesuai dengan tanggung jawab atas alat dan data kerja adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Mengurangi 3 V dari setiap pembacaan alat itu supaya hasilnya sama dengan multimeter lain.

☐ B. Melaporkan kejadian dan memisahkan alat itu dari alat siap pakai dengan label "Rusak, jangan dipakai".

☐ C. Menandai dua data yang diambil dengan alat itu sebagai data yang diragukan, lalu mengulang pengukurannya dengan alat lain.

☐ D. Mencatat kejadian pada buku perawatan alat agar alat diperiksa atau dikalibrasi sebelum dipakai lagi.

☐ E. Memakai alat itu hanya untuk pengukuran yang tidak kritis sambil menunggu waktu untuk memperbaikinya.

Tabel skor dan anjuran

Sub bab / subtopik	Nomor soal	Benar	Jika kurang separuh benar
Sub bab 2.1 · Komponen utama dan prinsip kerja pembangkit listrik tenaga hidro	2, 3, 4, 6	___ / 4	Ulangi hlm. 88
Sub bab 2.2 · Komponen utama dan prinsip kerja pembangkit listrik tenaga surya	1, 5, 9, 14, 19	___ / 5	Ulangi hlm. 102
Sub bab 2.3 · Komponen utama dan prinsip kerja pembangkit listrik tenaga bayu	8, 11, 12, 16	___ / 4	Ulangi hlm. 115
Sub bab 2.4 · Komponen utama dan prinsip kerja pembangkit listrik tenaga biomassa	7, 10, 15, 17	___ / 4	Ulangi hlm. 128
Sub bab 2.5 · Prosedur dasar pengoperasian pembangkit dengan memperhatikan K3LH	13, 18, 20, 21	___ / 4	Ulangi hlm. 142
Sub bab 2.6 · Budaya kerja industri bidang energi terbarukan	22, 23, 24, 25	___ / 4	Ulangi hlm. 161

Skor 70 % atau lebih: lanjut ke bab berikutnya. Skor 50–69 %: ulangi sub bab pada tabel yang kurang dari separuh benar. Skor di bawah 50 %: baca ulang bab ini dari awal. (Angka ini anjuran belajar, bukan prediksi nilai TKA.)

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Bab 3 · Gambar Teknik

SMKTET-B3

Setelah mempelajari bab ini, kamu dapat:

- memilih peralatan gambar yang tepat untuk setiap jenis pekerjaan menggambar
- menerapkan standar gambar teknik: kertas, etiket, jenis garis, skala, ukuran, dan proyeksi
- memilih skala, menata modul pada denah atap, dan menghitung panjang kabel dari gambar
- membaca diagram satu garis, gambar instalasi, dan simbol energi terbarukan

Peta bab

Sub bab	Judul
3.1	Macam-macam peralatan gambar
3.2	Standardisasi dalam pembuatan gambar
3.3	Praktik menggambar teknik
3.4	Membaca gambar sistem instalasi dan simbol energi terbarukan

Bab 3 di LMS

Buka seluruh latihan bab ini di LMS.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktet&node=SMKTET-B3

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 3.1 · Macam-macam peralatan gambar

SMKTET-3.1

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu **mengenali jenis peralatan gambar dan memilih alat yang tepat** untuk sebuah pekerjaan menggambar teknik. Soal biasanya menceritakan satu pekerjaan nyata, misalnya menggambar denah instalasi surya, menggambar ulang gambar kerja dengan tinta di atas kertas kalkir, atau menggambar puluhan simbol yang sama. Kamu diminta menentukan alat mana yang cocok untuk setiap kebutuhan: garis mendatar yang sejajar, garis tegak lurus, garis miring dengan sudut tertentu, lingkaran yang seragam, huruf dan angka yang rapi, atau penghapusan tanpa merusak garis di sekitarnya.

Ciri khas soal ini: pilihan jawaban memuat **alat yang benar tetapi dipakai untuk kebutuhan yang salah**. Jangka memang bisa membuat lingkaran, tetapi belum tentu alat terbaik untuk empat puluh lingkaran kecil. Karena itu kamu perlu mengenal fungsi setiap alat dan keunggulannya dibandingkan alat lain.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menyebutkan peralatan gambar teknik manual beserta fungsi masing-masing;
- menjelaskan cara menarik garis mendatar, tegak, dan miring dengan penggaris T dan segitiga;
- memilih pensil atau pena tinta yang sesuai dengan jenis garis;
- memilih antara mal lingkaran, jangka, dan mal lengkung;
- menjelaskan cara memasang dan memperbaiki gambar di kertas gambar dan kertas kalkir;
- menyebutkan fungsi CAD dan cara merawat peralatan gambar.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

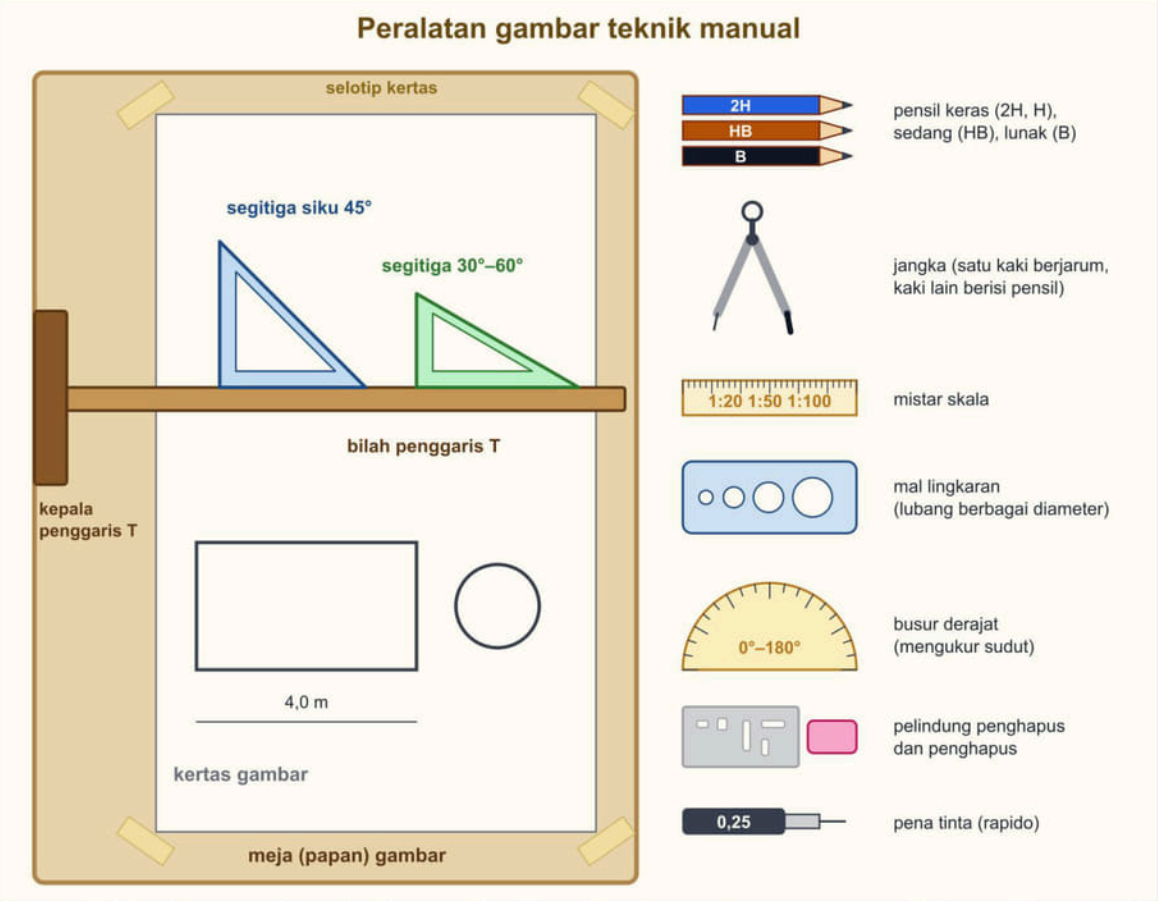
Seorang teknisi energi terbarukan tidak hanya memasang modul dan merakit kabel. Ia juga harus **membaca dan membuat gambar**: denah letak modul di atap, jalur kabel, dudukan baterai, atau tata letak rumah pembangkit mikrohidro. Gambar teknik sering disebut **bahasa teknik**, karena dengan gambar itu seorang perancang bisa memberi tahu tukang di lapangan apa yang harus dibuat, di mana, dan seberapa besar, tanpa salah paham. Agar gambarnya mudah dibaca siapa pun, ia dibuat dengan peralatan yang tepat dan mengikuti aturan yang sama (aturannya dibahas di sub bab 3.2). Sub bab ini membahas alatnya: apa saja, untuk apa, dan bagaimana memilihnya.

1. Gambaran besar: dari meja sampai pena

Menggambar teknik secara manual (dengan tangan, bukan komputer) membutuhkan lima

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

kelompok alat. Pertama, **meja dan kertas** sebagai tempat menggambar. Kedua, **alat untuk membuat garis lurus** (penggaris T, segitiga, mistar skala). Ketiga, **alat untuk lingkaran dan lengkung** (jangka, mal lingkaran, mal lengkung, busur derajat). Keempat, **alat tulis** (pensil dan pena tinta). Kelima, **alat penunjang** (mal huruf, penghapus, pelindung penghapus, selotip kertas, kuas pembersih). Gambar 3.1 menampilkan alat-alat itu pada satu meja gambar.



Gambar 3.1 Peralatan gambar teknik manual: meja gambar dengan kertas, penggaris T, dua segitiga, dan alat lain di sebelah kanan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. Meja gambar dan media gambar

Meja (papan) gambar adalah bidang rata dan halus tempat kertas dipasang. Tepi kirinya harus lurus karena menjadi tumpuan **kepala penggaris T**. Meja yang miring atau tepinya bergelombang membuat semua garis yang kamu tarik ikut miring.

Kertas gambar berwarna putih, agak tebal, dan tidak mudah sobek bila dihapus. Ukurannya mengikuti seri A (dibahas di sub bab 3.2). Kertas dipasang dengan **selotip kertas** (*masking tape*) di empat sudut, bukan dengan lem. Selotip kertas mudah dilepas dan tidak merusak kertas maupun meja, sedangkan lem meninggalkan noda dan membuat kertas robek saat dilepas. Pasang kertas dengan sisi bawahnya sejajar bilah penggaris T. Geser bilah penggaris T ke tepi bawah kertas dan pastikan tepi itu sejajar dengan bilah, baru kemudian tempel selotip.

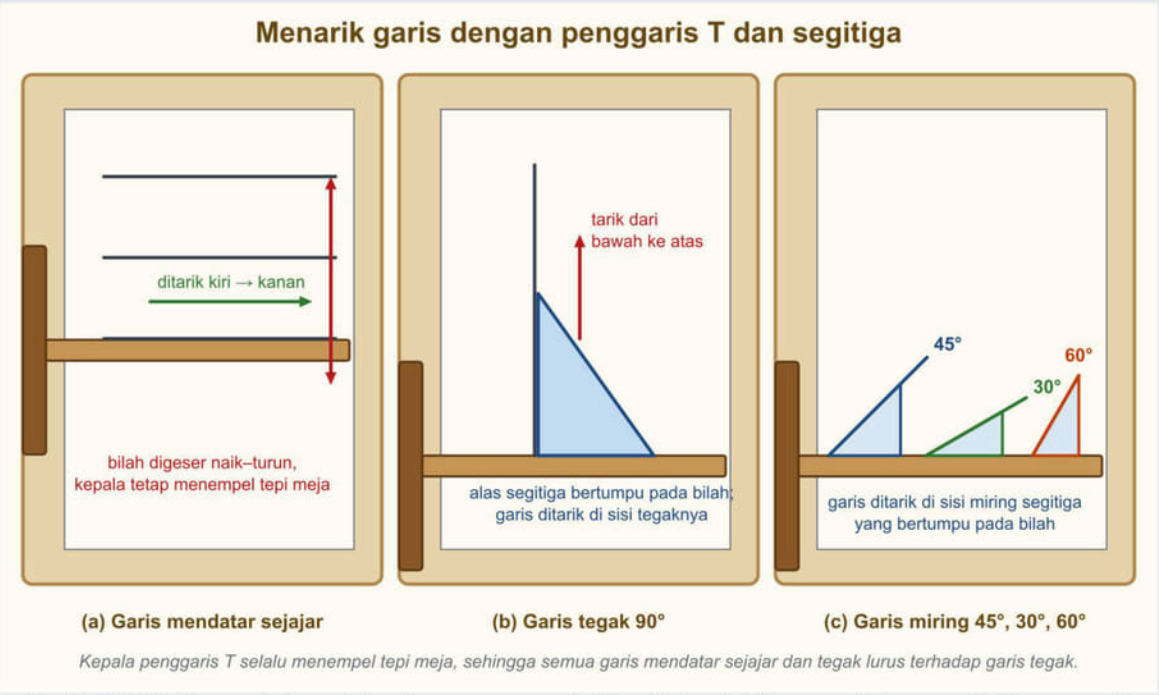
Kertas kalkir adalah kertas **tembus cahaya** (tembus pandang). Gambar di kalkir bisa diletakkan di atas gambar lain lalu ditebalkan, dan cahaya tetap menembusnya ketika gambar itu disalin dengan mesin cetak gambar. Karena itu kalkir dipakai untuk **gambar kerja akhir** yang akan digandakan. Kalkir peka terhadap lembap dan keringat tangan, sehingga mudah keriput dan permukaannya berminyak bila sering disentuh. Alasnya biasanya diberi selembar kertas bersih, dan tangan tidak ditumpu langsung di atas kalkir.

3. Alat untuk garis lurus

Penggaris T terdiri dari **kepala** dan **bilah**. Kepala ditempelkan pada tepi kiri meja (bagi yang menulis dengan tangan kanan), lalu bilahnya digeser naik–turun. Karena kepala selalu menempel pada tepi yang sama, semua garis yang ditarik di sepanjang bilah **sejajar satu sama lain** dan mendatar. Garis ditarik dari kiri ke kanan.

Segitiga dipakai untuk garis tegak dan miring. Ada dua macam: segitiga siku sama kaki dengan sudut **45°–45°–90°** dan segitiga dengan sudut **30°–60°–90°**. Alas segitiga diletakkan pada bilah penggaris T, lalu segitiga digeser sepanjang bilah sampai sisinya berada tepat di tempat garis akan ditarik. Garis **tegak 90°** ditarik di sisi tegak segitiga dari bawah ke atas. Garis **miring 45°, 30°, atau 60°** ditarik di sisi miring (lihat Gambar 3.2). Kedua segitiga yang digabung memberi dua sudut tambahan, yaitu **15°** (selisih 45° dan 30°) dan **75°** (jumlah 45° dan 30°). Garis tegak yang ditarik hanya dengan menempelkan segitiga ke tepi meja, tanpa bertumpu pada bilah, hampir pasti tidak tegak lurus pada garis mendatar.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 3.2 Garis mendatar sejajar dengan penggaris T, garis tegak dengan segitiga yang bertumpu pada bilah, dan garis miring 45°, 30°, serta 60°. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Mistar skala adalah batang (sering berpenampang segitiga) yang memuat beberapa skala pada setiap sisinya. Dengan mistar skala kamu langsung membaca panjang sebenarnya, misalnya 1 cm pada gambar menjadi 0,5 m pada kenyataan bila skalanya 1:50. Mistar skala **tidak dipakai sebagai penggaris untuk menarik garis**, karena tepinya tidak dibuat untuk menarik garis dan mudah rusak bila digores.

4. Alat untuk lingkaran dan lengkung

Jangka memiliki dua kaki: satu berujung jarum dan satu lagi berisi mata pensil atau mata pena. Jarum ditancapkan di titik pusat, kaki kedua dibuka sejauh **jari-jari** lingkaran (bukan diameter), lalu jangka diputar. Jangka cocok untuk lingkaran **besar** dan untuk ukuran yang tidak ada pada mal. Untuk lingkaran yang amat besar, kaki jangka dapat diperpanjang dengan batang penyambung.

Mal lingkaran adalah lempeng plastik tipis dengan banyak lubang lingkaran berbagai diameter yang sudah ditandai ukurannya. Kamu meletakkan lubang yang diameternya sesuai di atas titik pusat, lalu menggoreskan mata pensil mengikuti tepi lubang. Mal ini cepat, dan **semua lingkaran dengan lubang yang sama pasti berukuran sama**. Itu sebabnya mal lingkaran paling cocok untuk simbol berulang, misalnya lingkaran titik lampu, titik baut, atau penanda tiang. Karena mata pensil punya ketebalan, lingkaran yang tergores tampak sedikit lebih besar daripada lubang mal. Hal ini wajar, dan selisihnya sama pada setiap lingkaran.

Mal lengkung (juga disebut penggaris lengkung) adalah lempeng dengan tepi berbentuk lengkung yang landai dan berubah-ubah. Alat ini dipakai untuk **menghubungkan titik-titik yang membentuk lengkung bebas** yang bukan bagian lingkaran, misalnya garis lintasan atau kontur. Mal lengkung tidak cocok untuk membuat lingkaran seragam.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Busur derajat berbentuk setengah lingkaran bertanda 0° sampai 180°. Alat ini dipakai untuk mengukur sudut yang sudah ada dan menggambar sudut yang tidak bisa dibuat dengan segitiga, misalnya 38°. Gambar 3.3 merangkum cara memilih alat untuk lingkaran dan lengkung.



Gambar 3.3 Pilihan alat menurut bentuk yang digambar, beserta letak jari-jari lingkaran yang menjadi bukaan kaki jangka. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

5. Pensil dan pena tinta

Pensil gambar dibedakan menurut kekerasan isi (grafit). Huruf **H** (*hard*) berarti keras dan menghasilkan goresan tipis dan terang, sedangkan huruf **B** (*black*) berarti lunak dan menghasilkan goresan tebal dan hitam. **HB** berada di tengah. Semakin besar angka di depan huruf H, semakin keras isinya (2H lebih keras daripada H), dan semakin besar angka di depan B, semakin lunak. Pilihan yang lazim untuk gambar teknik:

- **2H atau H** untuk garis bantu, kerangka tipis, dan garis ukur halus. Goresannya tipis dan mudah dihapus.
- **HB** untuk garis tepi benda, huruf, dan angka.
- **B** untuk garis tebal bila diperlukan. Pensil lunak cepat tumpul dan mudah mengotori kertas, sehingga jarang dipakai untuk garis halus.

Pensil kayu harus diraut sampai runcing sebelum dipakai, dan diputar sedikit saat menarik garis panjang agar goresannya rata. **Pensil mekanik** (isinya diganti, ujungnya tidak perlu diraut) membuat tebal garis lebih konsisten.

Pena tinta (sering disebut *rapido*) memakai tinta hitam dan mata pena berupa pipa kecil dengan ukuran tertentu. Standar menetapkan deret tebal garis **0,13; 0,18; 0,25; 0,35; 0,5; 0,7; 1; 1,4; dan 2 mm**. Untuk gambar teknik di kertas A4–A3, yang umum dipakai adalah 0,25 mm untuk garis tipis dan 0,5 mm untuk garis tebal. Perbandingan tebal terhadap tipis adalah **2 : 1**, jadi pasangan lain yang sah adalah 0,35 mm dan 0,7 mm. Dalam satu gambar kamu memakai satu pasangan saja. Pena tinta dipakai pada **kertas kalkir** untuk gambar akhir. Gambar 3.4 memperlihatkan kaitan antara alat, goresan, dan jenis garisnya.

Memilih pensil dan pena menurut garis yang digambar

Alat	Sifat	Contoh goresan	Dipakai untuk
Pensil 2H	sangat keras, tipis, terang		garis bantu dan kerangka tipis yang nanti dihapus
Pensil H	keras		garis ukur, garis bantu, garis sumbu
Pensil HB	sedang		garis tepi benda, huruf dan angka
Pensil B	lunak, hitam, mudah kotor		garis tebal pada kertas gambar (cepat tumpul)
Pena tinta 0,25 mm	garis tipis		garis ukur, bantu, sumbu (kalkir)
Pena tinta 0,5 mm	garis tebal (2 × tipis)		garis tepi benda terlihat (kalkir)
Pena tinta 0,7 mm	garis lebih tebal		bingkai gambar dan garis tebal pada kertas besar

Pasangan tebal : tipis = 2 : 1 (0,25 mm dengan 0,5 mm; 0,35 mm dengan 0,7 mm). Satu gambar memakai satu pasangan.

Gambar 3.4 Pilihan pensil dan pena tinta menurut jenis garis, beserta contoh goresannya. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

6. Alat penunjang

Mal huruf dan angka adalah lempeng berlubang berbentuk huruf dan angka dengan tinggi tertentu. Dengan mal ini tulisan menjadi seragam walau penggambarnya belum mahir. Tinggi huruf standar mengikuti deret 2,5; 3,5; 5; 7; 10 mm dan seterusnya, dan sebuah gambar memakai ukuran yang sama untuk tulisan yang sejenis. Bila tulisan dibuat dengan tangan, buatlah garis pandu tipis dengan pensil 2H lebih dulu agar tinggi huruf sama.

Penghapus dipakai untuk menghilangkan goresan pensil. Pilih penghapus yang lunak dan bersih agar kertas tidak rusak. **Pelindung penghapus** (*erasing shield*) adalah pelat logam tipis berlubang berbagai bentuk. Kamu menempatkan lubang yang pas di atas bagian yang salah, sehingga **hanya bagian itu yang terhapus** dan garis di sekitarnya tetap utuh. Sisa penghapus disapu dengan **kuas pembersih**, bukan dengan tangan, karena tangan memindahkan minyak dan membuat gambar kotor.

Selotip kertas menahan kertas atau kalkir di meja, seperti dijelaskan di atas. **Papan contoh** atau **kertas alas** ditaruh di bawah tangan agar gambar tidak kotor.

7. Gambar teknik dengan komputer (CAD)

CAD (*computer-aided design*, gambar dengan bantuan komputer) adalah program yang menggantikan semua alat tadi dengan perintah. Garis dibuat dengan perintah garis, lingkaran dengan perintah lingkaran (memasukkan jari-jari atau diameter), dan simbol yang berulang cukup disalin. Beberapa keunggulan CAD: gambar dapat diubah tanpa menghapus dan menggambar ulang, simbol yang sama dapat dipakai berkali-kali, skala diatur ketika gambar dicetak (benda digambar dengan ukuran sebenarnya), dan tebal garis diatur lewat lapisan (*layer*) sehingga satu gambar dapat dipisah menjadi lapisan modul, lapisan kabel, dan lapisan ukuran.

Meski begitu, **aturan menggambar tetap sama** di kertas maupun di layar: jenis garis, skala, ukuran, dan simbol harus mengikuti standar (sub bab 3.2 dan 3.4). Memakai CAD tidak otomatis membuat gambar benar. Kesalahan jenis garis atau skala akan tercetak seperti kalau digambar dengan tangan. Alat manual tetap dipelajari di SMK karena melatih ketelitian dan pemahaman dasar garis, sudut, dan skala, serta masih dipakai untuk sketsa di lapangan.

8. Merawat peralatan gambar

Alat yang terawat menghasilkan gambar yang bersih. Beberapa kebiasaan baik:

1. **Bersihkan** meja, penggaris, dan segitiga dengan kain lembap sebelum dan sesudah menggambar; keringkan sebelum dipakai agar tidak meninggalkan noda.
2. **Lindungi ujung jangka** setelah dipakai. Jarum yang tumpul membuat titik pusat melebar dan lingkaran tidak rapat. Simpan jangka di tempatnya, jangan dilempar.
3. **Bilas pena tinta** setelah dipakai dan jangan biarkan tinta mengering di dalam ujung pena. Tutup rapat pena saat tidak dipakai. Pena yang mampat bergores putus-putus.
4. **Jaga tepi penggaris dan segitiga** agar tidak gompal. Tepi yang aus membuat garis tidak lurus.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

5. **Simpan kalkir dalam keadaan rata** atau digulung longgar di tempat kering. Kalkir yang lembap akan keriput.
6. **Pastikan tangan bersih** dan kering. Tangan yang berminyak membuat gambar kotor dan kalkir cepat rusak.

Contoh 1 — Memilih alat untuk lima pekerjaan menggambar

Pada Februari 2027, Dinda, siswa kelas XI di sebuah SMK di Kabupaten Sigi, menggambar denah rumah pembangkit mikrohidro desa pada kertas gambar A3 secara manual. Ia memiliki penggaris T, segitiga 45° dan 30°–60°, jangka, mal lingkaran berdiameter 2 sampai 30 mm, mal huruf, pensil 2H dan HB, dan penghapus. Lima pekerjaannya sebagai berikut: (a) enam garis dinding yang mendatar dan sejajar; (b) garis dinding tegak dan satu dinding miring 45° di sudut ruang; (c) roda turbin berdiameter 140 mm; (d) dua puluh empat lubang baut berdiameter 5 mm pada pelat dudukan; (e) tulisan nama ruang setinggi 3,5 mm. Alat apa yang paling tepat untuk tiap pekerjaan? *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. **Pekerjaan (a)** adalah garis mendatar yang sejajar. Alat yang cocok: **penggaris T**. Kepala penggaris menempel pada tepi meja sehingga semua garis yang ditarik sepanjang bilah sejajar.
2. **Pekerjaan (b)** adalah garis tegak dan miring 45°. Alat: **segitiga 45°** yang diletakkan **di atas bilah penggaris T**. Sisi tegaknya menghasilkan garis 90°, sisi miringnya menghasilkan garis 45°.
3. **Pekerjaan (c)** adalah satu lingkaran besar, 140 mm. Diameter itu tidak ada pada mal (maksimal 30 mm). Alat: **jangka**, dengan kaki dibuka selebar jari-jari, yaitu 140 ÷ 2 = 70 mm.
4. **Pekerjaan (d)** adalah dua puluh empat lingkaran kecil berukuran sama. Alat: **mal lingkaran** lubang 5 mm. Lingkaran menjadi seragam dan pengerjaannya cepat. Menyetel jangka dua puluh empat kali untuk diameter sekecil itu lambat dan sulit seragam.
5. **Pekerjaan (e)** adalah tulisan seragam setinggi 3,5 mm. Alat: **mal huruf** 3,5 mm. Bila ditulis dengan tangan, buat dulu garis pandu 2H setinggi 3,5 mm.
6. **Pensil:** garis bantu dan kerangka dengan **2H** (tipis, mudah dihapus); setelah bentuk benar, tebalkan garis tepi dengan **HB**.

Jawaban: (a) penggaris T, (b) segitiga 45° di atas penggaris T, (c) jangka dibuka 70 mm, (d) mal lingkaran 5 mm, (e) mal huruf 3,5 mm; garis bantu 2H dan garis tepi HB. Bila alat dipertukarkan, hasilnya tetap bisa tergambar tetapi kurang rapi, kurang seragam, atau jauh lebih lambat.

Contoh 2 — Menilai lima tindakan saat menggambar ulang di kalkir

Pada Mei 2027, Gilang, siswa kelas XII di sebuah SMK di Kota Mataram, menggambar ulang denah letak modul surya sekolahnya di atas kertas kalkir dengan pena tinta. Gurunya memeriksa lima tindakan Gilang berikut: (1) kalkir ditahan dengan selotip kertas di keempat sudutnya; (2) garis tepi atap digambar dengan pena 0,5 mm dan garis ukur dengan pena 0,25

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

mm; (3) penggaris T digeser ketika tinta pada garis baru belum kering; (4) kesalahan pada satu garis tinta dihapus dengan ujung penghapus tanpa pelindung; (5) agar kalkir tidak bergeser, ia menempelkannya ke meja dengan lem cair. Mana tindakan yang benar dan mana yang perlu diperbaiki? *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. **Tindakan (1) benar.** Selotip kertas menahan kalkir tanpa merusak kalkir maupun meja.
2. **Tindakan (2) benar.** Pasangan 0,5 mm dan 0,25 mm berbanding 2 : 1, sesuai deret standar, dan cocok untuk gambar di kertas kecil sampai sedang.
3. **Tindakan (3) salah.** Tinta yang masih basah akan terseret atau menyebar di bawah bilah penggaris. Tunggu sampai kering, atau angkat dan geser penggaris tanpa menyentuh garis baru.
4. **Tindakan (4) salah.** Tanpa pelindung, penghapus ikut menghapus garis di sekitar garis yang salah. Pakai **pelindung penghapus** dengan lubang yang pas, dan gunakan penghapus yang cocok untuk tinta setelah tintanya benar-benar kering.
5. **Tindakan (5) salah.** Lem cair merusak kalkir dan meja, dan kalkir menjadi keriput saat lem mengering. Ganti dengan selotip kertas.

Jawaban: (1) dan (2) benar; (3) tunggu tinta kering; (4) pakai pelindung penghapus; (5) pakai selotip kertas, bukan lem.

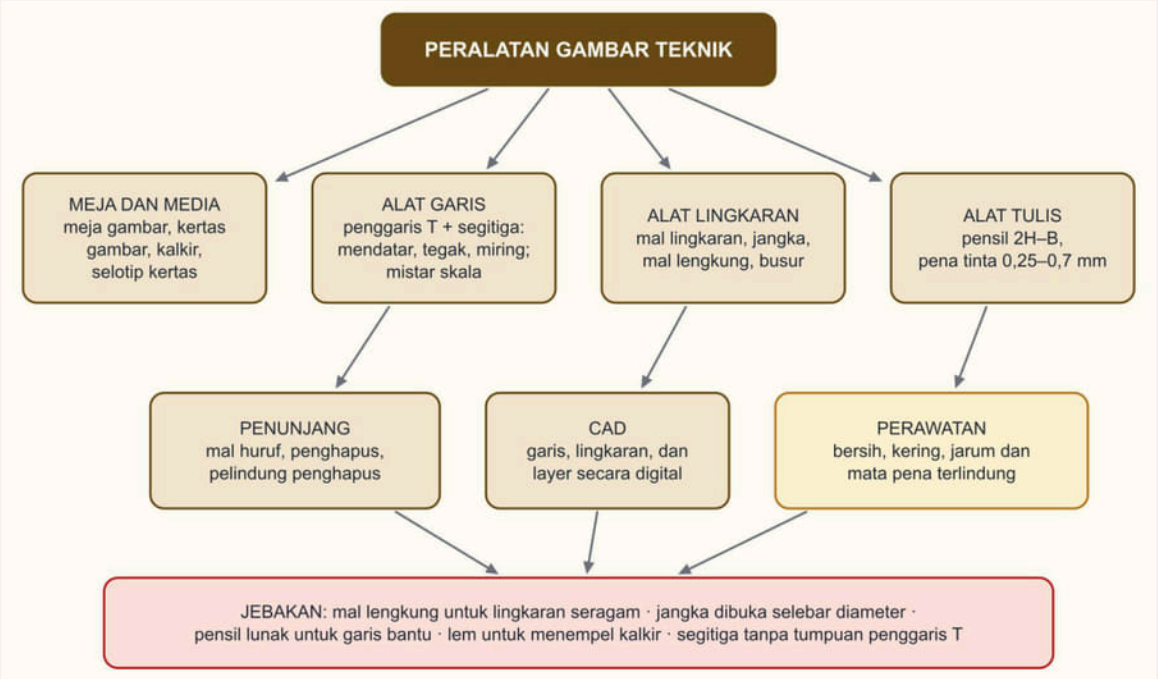
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- **Meja dan media:** meja gambar bertepi lurus; kertas gambar; kalkir tembus cahaya untuk gambar akhir; kertas ditahan **selotip kertas**, bukan lem.
- **Garis lurus:** penggaris T untuk garis mendatar sejajar; segitiga **di atas bilah penggaris T** untuk garis tegak 90° dan miring 45°, 30°, 60° (gabungan: 15° dan 75°); mistar skala untuk membaca ukuran, bukan untuk menarik garis.
- **Lingkaran dan lengkung: mal lingkaran** untuk lingkaran kecil, banyak, seragam; **jangka** untuk lingkaran besar atau diameter tidak ada pada mal (bukaan = jari-jari); **mal lengkung** untuk lengkung bebas; busur derajat untuk sudut lain.
- **Pensil:** 2H dan H untuk garis tipis dan garis bantu, HB untuk garis tepi dan huruf, B untuk garis tebal. **Pena tinta:** pasangan tipis dan tebal berbanding 1 : 2 (0,25 dengan 0,5 mm; 0,35 dengan 0,7 mm).
- **Penunjang:** mal huruf (tinggi seragam), pelindung penghapus (hanya bagian salah terhapus), kuas pembersih.
- **CAD** menggantikan alat dengan perintah, tetapi aturan gambar tetap sama. Rawat alat: bersih, jarum dan mata pena terlindung, kalkir disimpan rata.

Gambar 3.5 merangkum hubungan antarkonsep itu.



Gambar 3.5 Peta konsep peralatan gambar teknik: meja dan media, alat garis, alat lingkaran, alat tulis, penunjang, CAD, perawatan, dan jebakan khas. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal peralatan gambar:

1. **Tulis kebutuhan setiap pekerjaan** dengan kata sendiri: garis sejajar, garis tegak, sudut berapa, lingkaran kecil atau besar, banyak atau satu, tebal atau tipis, di kertas atau kalkir.
2. **Pasangkan kebutuhan dengan alat** menurut tabel kerja pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.3. Alat yang bisa dipakai belum tentu alat yang paling tepat.
3. **Periksa kata-kata pembeda** seperti "seragam", "cepat", "banyak", "tebal", "tipis", "dihapus", dan "kalkir".
4. **Pada pernyataan benar–salah,** curigai kata yang memindahkan alat ke fungsi yang bukan miliknya.

Jebakan khas pada soal ini:

- **Mal lengkung dipakai untuk lingkaran seragam,** padahal untuk itu ada mal lingkaran.
- **Jangka dibuka selebar diameter,** padahal bukaannya jari-jari.
- **Garis tegak dibuat tanpa tumpuan penggaris T,** atau garis miring 30° dibuat dengan segitiga 45°.
- **Pensil lunak dipakai untuk garis bantu atau garis ukur halus.**
- **Lem dipakai menempel kertas,** bukan selotip kertas.
- **Penghapus tanpa pelindung** dipakai pada gambar yang rapat.

● BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut meminta alat yang paling tepat untuk membuat banyak simbol berulang. Bedah dengan urutan: tulis kebutuhan (berapa banyak, bentuk apa, seragam atau tidak, waktu terbatas atau tidak), cocokkan dengan fungsi setiap alat, lalu telusuri mengapa tiap pengecoh tampak masuk akal padahal bukan alat yang paling tepat.

►. Dewi menggambar denah instalasi lampu PJU tenaga surya untuk satu kompleks perumahan secara manual (2027). Pada denah itu ada 40 titik lampu yang masing-masing digambar sebagai lingkaran berdiameter 6 mm, dan semuanya harus berukuran sama. Waktu pengerjaan terbatas, dan guru menilai kerapian serta keseragaman simbol. *(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Alat yang paling tepat dipakai untuk simbol titik lampu adalah ....

A. Mal (templat) lingkaran
B. Jangka dengan ujung pensil
C. Mal lengkung (penggaris lengkung)
D. Rapido 0,5 mm dengan tangan bebas
E. Mal huruf dan angka

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Pembahasan **Kunci: A**

Konsep: Mal (templat) lingkaran memiliki lubang lingkaran dengan diameter tertentu sehingga simbol berulang dapat digambar cepat dan seragam. Jangka cocok untuk lingkaran besar atau ukuran yang tidak tersedia pada mal.

Langkah:

1. Kebutuhan: 40 lingkaran kecil berukuran sama, waktu terbatas.
2. Mal lingkaran memberi ukuran tetap dan cepat.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ Lubang 6 mm pada mal memberi lingkaran seragam dengan cepat.
- **B.** ✗ Jebakan: jangka dapat membuat lingkaran, tetapi menyetel ulang 40 kali untuk diameter kecil lambat dan mudah tidak seragam.
- **C.** ✗ Jebakan: mal lengkung untuk garis lengkung tidak beraturan; lingkaran kecil yang seragam sulit dibentuk dengannya.
- **D.** ✗ Tangan bebas tidak menghasilkan lingkaran yang seragam dan rapi.
- **E.** ✗ Jebakan: huruf O pada mal huruf berbentuk lonjong dan ukurannya tidak 6 mm.

Jawaban: A.

✎ LATIHAN

Kerjakan tanpa melihat kunci. Untuk setiap soal, tulis kebutuhan tiap pekerjaan lebih dulu, lalu cocokkan dengan alat yang fungsinya paling sesuai.

1. Laila menggambar denah tata letak 12 modul surya di atap bengkel sekolah secara manual pada kertas A3 di meja gambar (2027). Gambar itu memerlukan garis-garis mendatar yang sejajar, garis tegak yang membentuk sudut 90°, simbol lingkaran untuk titik tiang penangkal petir, ukuran berskala 1:50, dan garis bantu tipis yang nanti dihapus. *(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pasangan kebutuhan dan alat yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Garis mendatar sejajar — penggaris T yang digeser pada tepi meja gambar.
☐ B. Simbol lingkaran tiang — jangka yang kakinya dibuka selebar diameter lingkaran.
☐ C. Garis tegak 90° — penggaris segitiga yang diletakkan di atas penggaris T.
☐ D. Ukuran skala 1:50 — panjang atap 5 m digambar 5 cm dengan mistar biasa.
☐ E. Garis bantu tipis — pensil keras 2H yang ditekan ringan.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. Nadia menggambar ulang gambar kerja rangka dudukan modul dengan tinta di atas kertas kalkir (2027). Gambar memerlukan garis tepi benda yang tebal, garis ukur yang tipis, huruf dan angka yang seragam, serta beberapa perbaikan kecil pada garis yang salah tanpa merusak garis di sekitarnya. Ia juga perlu menarik garis miring 30° dan 60°.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Penggunaan alat yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Rapido 0,5 mm untuk garis tepi benda dan rapido 0,25 mm untuk garis ukur.
☐ B. Kertas kalkir ditempel dengan lem cair pada meja agar tidak bergeser.
☐ C. Pelindung penghapus dipakai agar hanya bagian yang salah yang terhapus.
☐ D. Penggaris T dipakai untuk menarik garis miring 30° dan 60°.
☐ E. Mal huruf dipakai agar huruf dan angka berukuran seragam.

Kunci singkat: 1. A, C, E 2. A, C, E

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa 24 lingkaran kecil berdiameter sama lebih baik digambar dengan mal lingkaran daripada dengan jangka? Dalam keadaan apa jangka justru lebih tepat?
- Temanmu menempelkan kalkir dengan lem agar tidak bergeser dan menggeser penggaris saat tinta masih basah. Sebutkan dua perbaikan beserta alasannya.
- **Yang harus kuingat:** penggaris T untuk garis sejajar, segitiga di atas bilah untuk garis tegak dan miring, mal lingkaran untuk lingkaran kecil yang seragam, jangka (bukaan = jari-jari) untuk lingkaran besar, pensil 2H–HB menurut garisnya, pena tinta 0,25 dan 0,5 mm di kalkir, kertas ditahan selotip kertas.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 3.1: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktet&node=SMKTET-3.1

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 3.2 · Standardisasi dalam pembuatan gambar

SMKTET-3.2

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu **menerapkan standar pembuatan gambar teknik**. Dalam soal, standar itu muncul sebagai pekerjaan memeriksa atau memperbaiki sebuah gambar: apakah jenis garisnya sesuai pemakaian, apakah ukuran ditulis menurut aturan, apakah skala dihitung dengan benar, dan apakah letak pandangan cocok dengan simbol proyeksi di etiket. Soal juga bisa menanyakan ukuran kertas atau isi etiket.

Ciri khas soal ini: hampir semua pilihan **tampak masuk akal** karena memuat istilah yang benar, tetapi satu pasangan di dalamnya tertukar. Garis sumbu dipasangkan dengan garis tersembunyi, simbol proyeksi Amerika dengan letak pandangan Eropa, atau satuan ditulis di setiap angka padahal cukup di etiket. Kamu menang dengan menghafal **satu pasangan yang pasti** untuk setiap standar, bukan menebak dari bentuk gambar.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menyebutkan ukuran kertas seri A dan bagian-bagian lembar gambar (bingkai dan etiket);
- memilih jenis dan tebal garis untuk setiap pemakaian;
- mengubah ukuran gambar menjadi ukuran sebenarnya dan sebaliknya dengan skala;
- menulis ukuran pada gambar menurut aturan;
- menjelaskan perbedaan proyeksi Eropa (sudut pertama) dan proyeksi Amerika (sudut ketiga) beserta simbolnya.

NEXT LEVEL STUDY

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

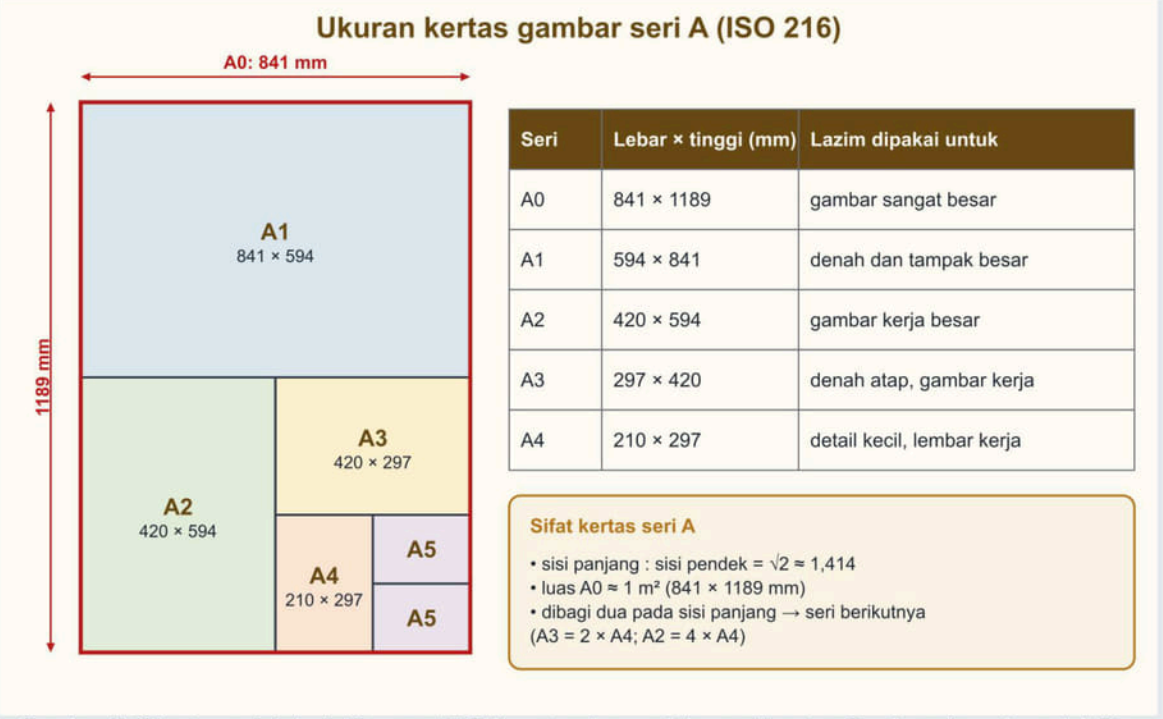
Bayangkan dua teknisi di dua pulau berbeda membaca gambar yang sama. Gambar itu hanya akan dimengerti dengan cara yang sama bila keduanya memegang **aturan yang sama**: garis putus-putus berarti sesuatu yang tersembunyi, angka ukuran selalu dalam milimeter, dan benda dilihat dari arah yang sama. Aturan bersama itulah **standar gambar teknik**. Standar yang dibahas di sini disusun oleh ISO (*International Organization for Standardization*, lembaga standar internasional) dan dipakai di banyak negara. Sub bab ini menjelaskan bagian-bagian yang paling sering dipakai pada gambar kerja instalasi energi terbarukan.

1. Kertas gambar seri A

Ukuran kertas gambar mengikuti **seri A** (standar ISO 216). Seri ini dibuat dengan satu aturan sederhana: kertas induk **A0** berukuran **841 × 1189 mm**, luasnya kira-kira satu meter persegi. Bila A0 dipotong dua pada sisi panjangnya, jadilah dua lembar **A1**; A1 dipotong dua menjadi dua **A2**, begitu seterusnya sampai A4. Karena itu A3 sama dengan dua lembar A4,

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

dan A2 sama dengan empat lembar A4 (lihat Gambar 3.6). Bila sisi panjang kamu bagi dengan sisi pendeknya, hasilnya selalu $\sqrt{2} \approx 1{,}414$. Sifat ini membuat sebuah gambar dapat diperbesar atau dikecilkan antar-seri tanpa mengubah bentuk lembarnya.



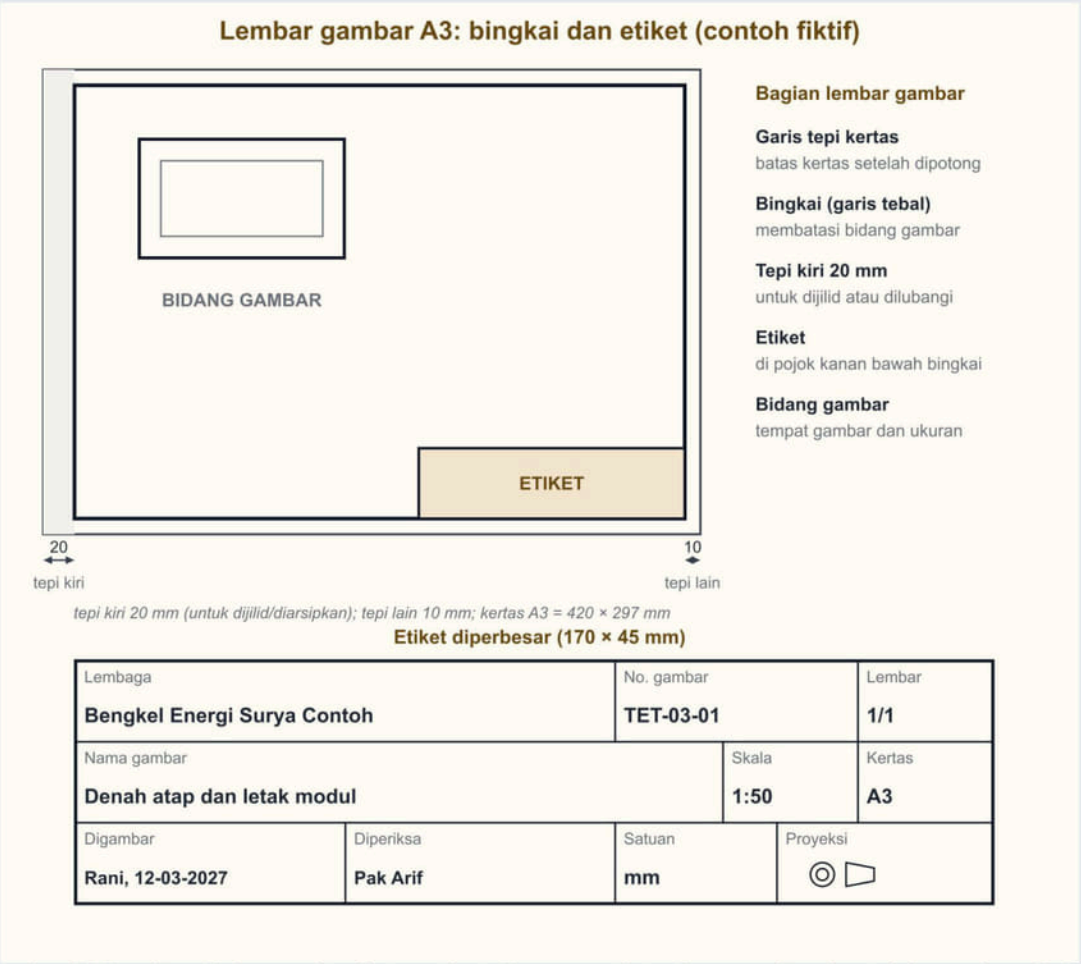
Gambar 3.6 Kertas seri A dari A0 sampai A5, beserta ukuran dalam milimeter. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Ukuran yang paling sering kamu pakai: **A4** (210 × 297 mm) untuk detail kecil dan lembar kerja, **A3** (297 × 420 mm) untuk denah dan gambar kerja yang cukup besar, dan **A2** (420 × 594 mm) atau lebih besar untuk gambar bangunan. Menurut ISO 5457, lembar A0 sampai A3 dipakai **mendatar** (sisi panjang di bawah) dan A4 dipakai **tegak**. Dalam pekerjaan sehari-hari, A4 mendatar juga sering dipakai; ikuti perintah kerja yang kamu terima.

2. Bingkai dan etiket

Di tiap lembar gambar ada **bingkai**, yaitu garis tebal yang membatasi bidang gambar. Jaraknya dari tepi kertas: **20 mm di sisi kiri** dan **10 mm di ketiga sisi lainnya** (ISO 5457). Tepi kiri dibuat lebih lebar agar kertas bisa dilubangi dan dijilid tanpa merusak gambar. Gambar 3.7 memperlihatkan bagian-bagiannya pada kertas A3.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 3.7 Lembar A3 dengan bingkai, tepi kiri 20 mm, tepi lain 10 mm, etiket di pojok kanan bawah, dan etiket yang diperbesar. Nama lembaga, orang, dan data adalah fiktif. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Etiket (kepala gambar, *title block*) ditempatkan di **pojok kanan bawah bingkai**. Isi dan susunannya diatur dalam standar ISO 7200. Etiket memuat keterangan yang dibutuhkan pembaca agar gambar tidak salah dipakai. Isi yang lazim adalah nama lembaga atau pemilik gambar, **nama gambar**, **nomor gambar**, **skala**, **satuan ukuran** (misalnya mm), ukuran kertas, nomor lembar, **nama penggambar dan tanggal**, nama pemeriksa, dan **simbol proyeksi**. Tanpa etiket, kamu tidak tahu skala gambar itu dan tidak boleh menebak. Karena satuan sudah tertulis di etiket, angka ukuran pada gambar cukup ditulis tanpa satuan (lihat bagian 7).

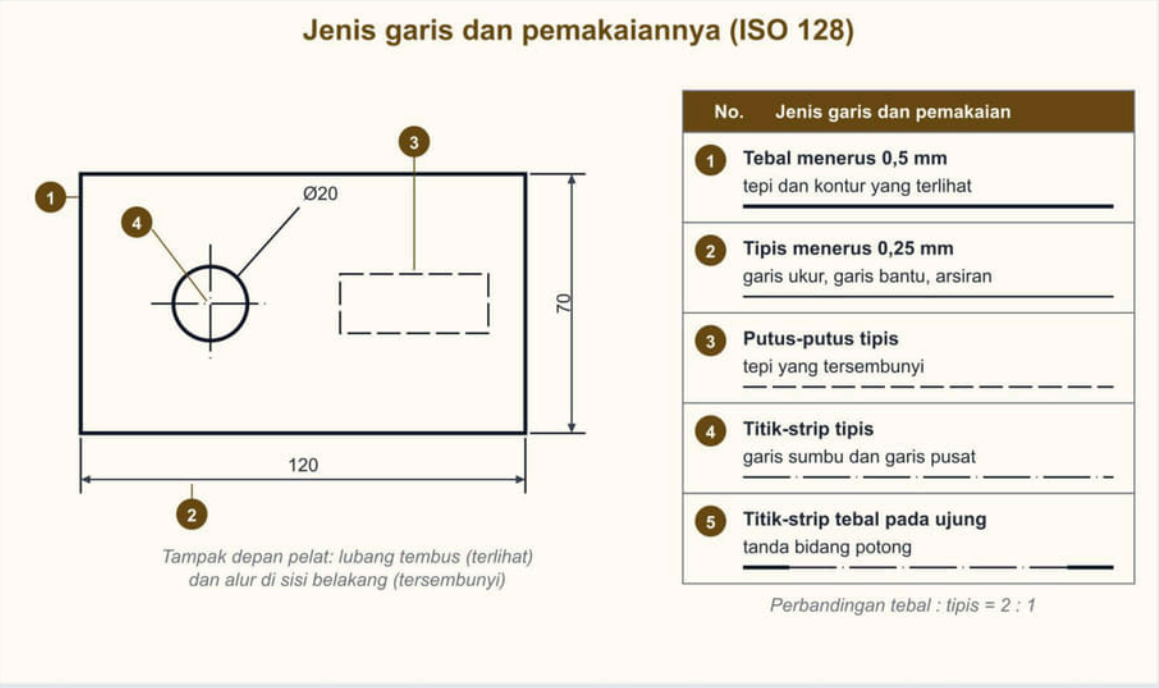
3. Jenis dan tebal garis

Garis pada gambar teknik bukan sekadar hiasan. Setiap **jenis garis** dan **tebal garis** punya arti. Standar garis ISO 128 membedakan antara lain garis menerus (tidak putus), garis putus-putus, dan garis titik-strip. Tebal garis dipilih dari deret **0,13; 0,18; 0,25; 0,35; 0,5; 0,7; 1; 1,4; dan 2 mm**. Perbandingan garis tebal dengan garis tipis adalah **2 : 1**. Untuk gambar di kertas A4 atau A3, pasangan yang lazim adalah **0,5 mm (tebal)** dan **0,25 mm (tipis)**. Satu gambar memakai satu pasangan saja.

Pemakaian lima jenis garis yang paling penting adalah sebagai berikut (Gambar 3.8).

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1. **Garis tebal menerus** menggambarkan **tepi dan kontur benda yang terlihat** dari arah pandang. Inilah garis yang paling menonjol.
2. **Garis tipis menerus** dipakai untuk **garis ukur, garis bantu (garis penunjuk ukuran), dan arsiran** (garis miring pada bidang yang dipotong).
3. **Garis putus-putus tipis** menggambarkan **tepi yang tersembunyi**, yaitu bagian benda yang ada tetapi tertutup bagian lain dari arah pandang. Sebagian gambar memakai garis putus-putus yang sedikit lebih tebal untuk tujuan yang sama; dalam satu gambar, pilih satu cara dan pakai terus.
4. **Garis titik-strip tipis** (strip panjang, titik kecil, strip panjang, dan seterusnya) dipakai untuk **garis sumbu** dan garis pusat, misalnya pusat lubang dan poros.
5. **Garis titik-strip yang tebal di ujungnya** menandai **bidang potong**.



Gambar 3.8 Lima jenis garis dan pemakaiannya, ditunjukkan pada tampak depan pelat dengan satu lubang tembus dan satu alur di sisi belakang. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Panjang goresan pada garis putus-putus juga diatur, yaitu kira-kira dua belas kali tebal garis untuk setiap strip dan tiga kali tebal garis untuk celah antar-strip. Pada garis titik-strip, strip panjangnya sekitar dua puluh empat kali tebal garis. Aturan ini membuat garis terlihat rapi dan mudah dikenali.

Hal lain yang perlu kamu tahu: bila dua garis yang berbeda jenis jatuh di tempat yang sama, yang **dimenangkan adalah garis yang lebih penting**. Garis tepi yang terlihat mengalahkan garis tersembunyi, dan garis tersembunyi mengalahkan garis sumbu. Garis sumbu menjulur sedikit melewati kontur benda agar mudah dilihat, dan titik potong dua garis sumbu berupa pertemuan strip, bukan titik.

4. Huruf dan angka

Tulisan pada gambar harus mudah dibaca dan seragam. ISO 3098 menetapkan deret tinggi huruf **2,5; 3,5; 5; 7; 10 mm** dan seterusnya. Huruf boleh **tegak** atau **miring 15° ke kanan**;

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

satu gambar memakai satu gaya. Angka ukuran dan catatan memakai tinggi yang sama (misalnya 3,5 mm), sedangkan judul gambar boleh lebih besar. Tulisan dibuat dengan mal huruf atau dengan tangan di antara dua garis pandu tipis, supaya tinggi setiap huruf sama.

5. Skala

Benda yang besar tidak mungkin digambar sebesar aslinya. Atap selebar enam meter tidak muat di kertas. Sebaliknya, komponen kecil seperti konektor perlu digambar lebih besar agar jelas. Untuk itu dipakai **skala**, yaitu **perbandingan ukuran pada gambar dengan ukuran sebenarnya benda**. Skala ditulis dengan tanda titik dua, misalnya 1:50.

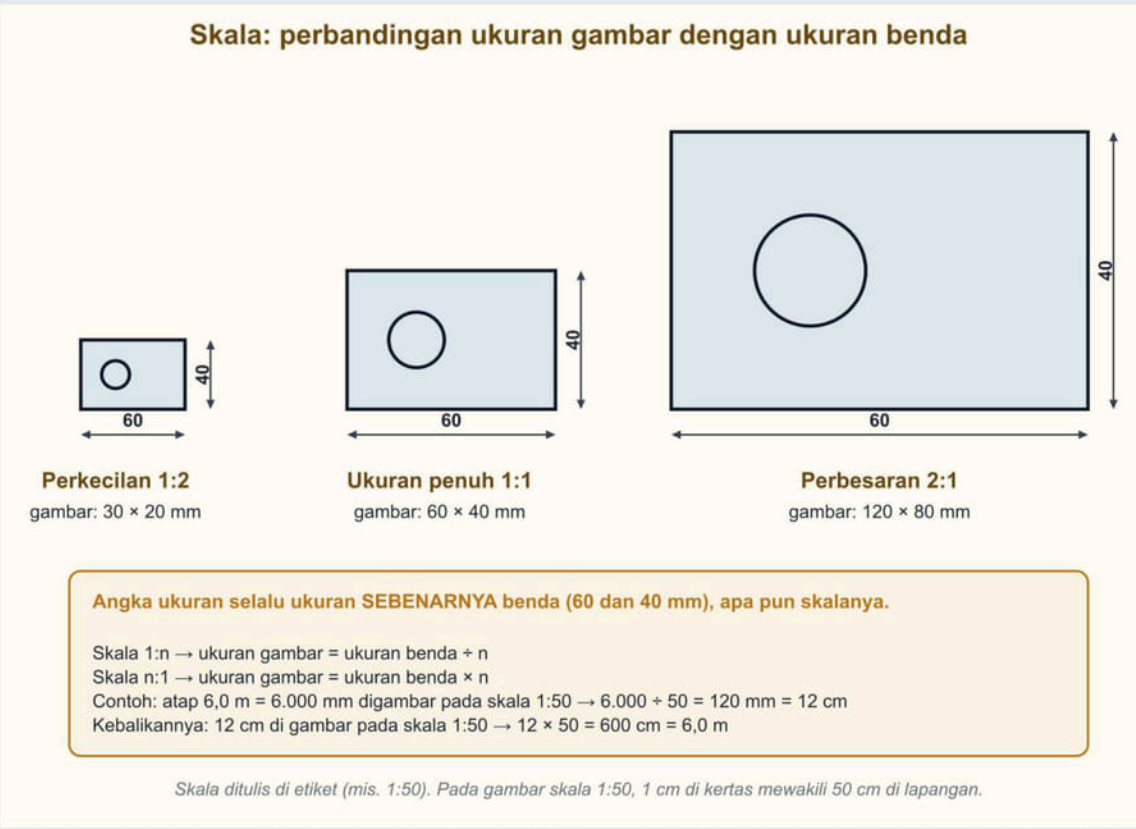
- **Skala 1:1** artinya ukuran gambar sama dengan ukuran sebenarnya (ukuran penuh).
- **Skala 1:n** (n lebih dari 1, misalnya 1:50) adalah **perkecilan**: ukuran gambar = ukuran sebenarnya **dibagi n**.
- **Skala n:1** (misalnya 2:1) adalah **perbesaran**: ukuran gambar = ukuran sebenarnya **dikali n**.

Standar skala (ISO 5455) menganjurkan deret perkecilan **1:2, 1:5, 1:10, 1:20, 1:50, 1:100, 1:200, 1:500**, dan seterusnya, serta perbesaran **2:1, 5:1, 10:1**, dan seterusnya. Skala di luar deret, misalnya 1:25, kadang dipakai di gambar bangunan dan bengkel tertentu. Bila soal atau perintah kerja memberi daftar skala, pakailah daftar itu.

Kebiasaan yang harus kamu pegang: **angka ukuran pada gambar adalah ukuran sebenarnya benda**, apa pun skalanya. Gambar 3.9 menunjukkan pelat yang sama digambar pada tiga skala: ukuran gambarnya berbeda, tetapi angkanya tetap 60 dan 40.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 3.9 Pelat 60 × 40 mm pada skala 1:2, 1:1, dan 2:1. Angka ukuran sama, ukuran gambar berbeda. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Contoh hitungan: atap 6,0 m = 6.000 mm digambar pada skala 1:50 menjadi 6.000 ÷ 50 = 120 mm (12 cm). Sebaliknya, panjang 12 cm di gambar skala 1:50 menunjukkan 12 × 50 = 600 cm = 6,0 m. Tulis satuan di setiap langkah agar tidak keliru antara mm, cm, dan m.

6. Penulisan ukuran

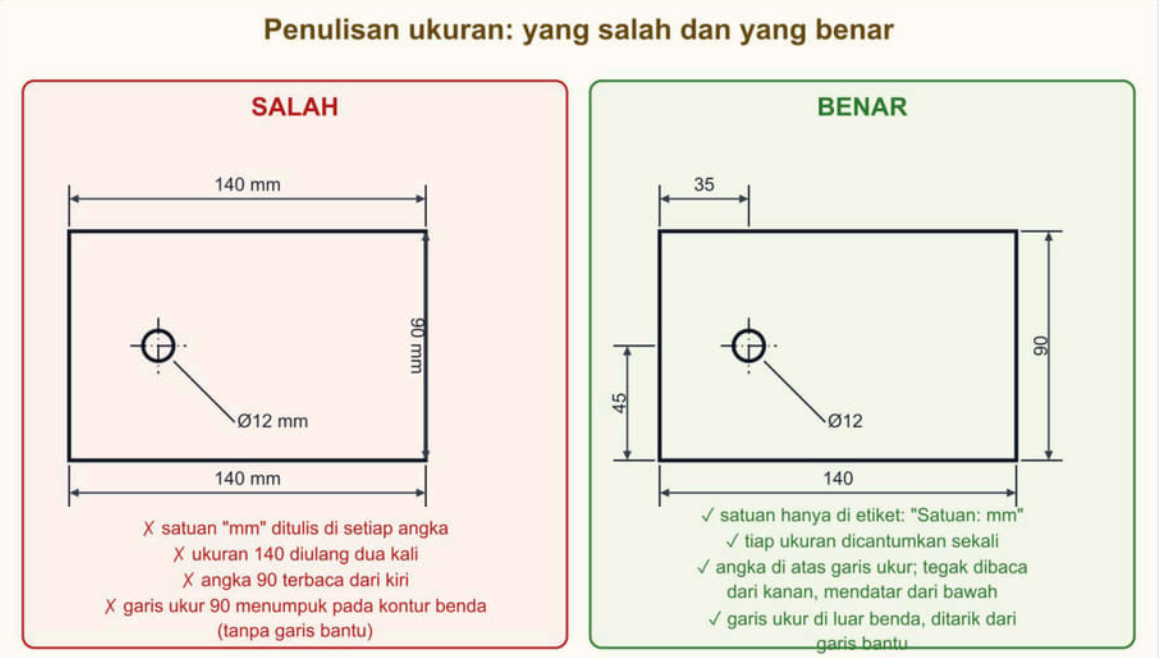
Ukuran adalah bagian terpenting gambar kerja, karena tukang membuat benda sesuai angka yang tertulis. Aturannya sebagai berikut (Gambar 3.10).

1. **Garis ukur** adalah garis tipis dengan panah di kedua ujungnya, digambar **di luar benda** dan sejajar dengan sisi yang diukur.
2. **Garis bantu** adalah garis tipis yang ditarik dari tepi benda ke luar, tegak lurus sisi yang diukur, dan menjulur sedikit melewati garis ukur. Garis bantu tidak menempel pada kontur (ada celah kecil) dan garis ukur tidak boleh berimpit dengan kontur benda.
3. **Angka ukuran** ditulis **di atas garis ukur**, di tengah. Angka pada garis ukur mendatar terbaca **dari bawah gambar**, dan angka pada garis ukur tegak terbaca **dari kanan gambar**.
4. **Satuan** (mm) dinyatakan **sekali di etiket**. Angka pada gambar ditulis tanpa satuan. Bila ada satuan lain, misalnya sudut dalam derajat, satuan itu ditulis pada angkanya.
5. **Setiap ukuran dicantumkan sekali saja.** Mengulang ukuran yang sama di pandangan lain membuka peluang gambar bertentangan bila salah satu diubah.
6. **Jangan memberi ukuran pada garis tersembunyi.** Ukuran diberikan pada pandangan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

yang memperlihatkan bentuk itu dengan garis terlihat.

7. **Diameter** ditulis dengan tanda **Ø** (misalnya Ø12), **jari-jari** dengan huruf **R** (misalnya R5).

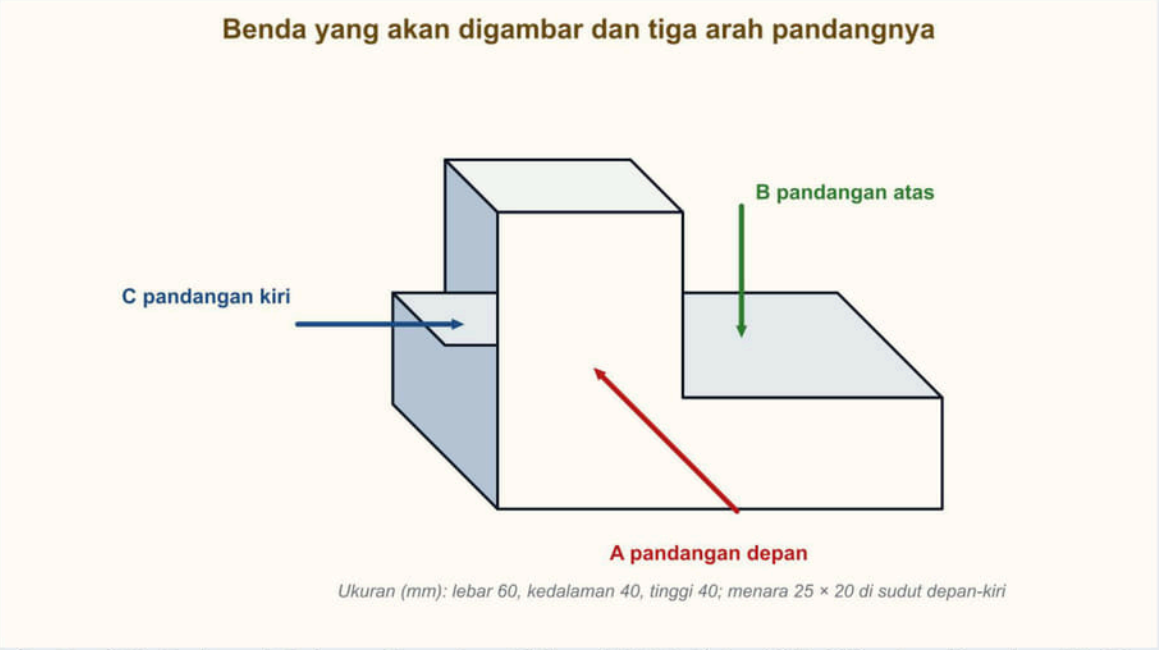


Gambar 3.10 Pelat 140 × 90 mm dengan lubang Ø12: penulisan ukuran yang salah (kiri) dan yang benar (kanan). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

7. Proyeksi dan letak pandangan

Satu pandangan benda tidak cukup untuk membuat benda itu. Gambar kerja biasanya memakai beberapa pandangan yang dibuat dengan **proyeksi ortogonal**, yaitu memproyeksikan benda tegak lurus ke bidang gambar. Pandangan yang umum adalah **pandangan depan** (dipilih dari sisi yang paling banyak memperlihatkan bentuk), **pandangan atas**, dan **pandangan kiri**. Gambar 3.11 memperlihatkan sebuah benda dan tiga arah pandangnya. Benda ini berupa alas berukuran 60 × 40 mm dengan menara di sudut depan-kiri.



Gambar 3.11 Benda contoh dan arah pandang A (depan), B (atas), dan C (kiri). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Pandangan itu bisa diletakkan di lembar gambar dengan dua cara yang diakui standar (ISO 5456-2), dan keduanya sah:

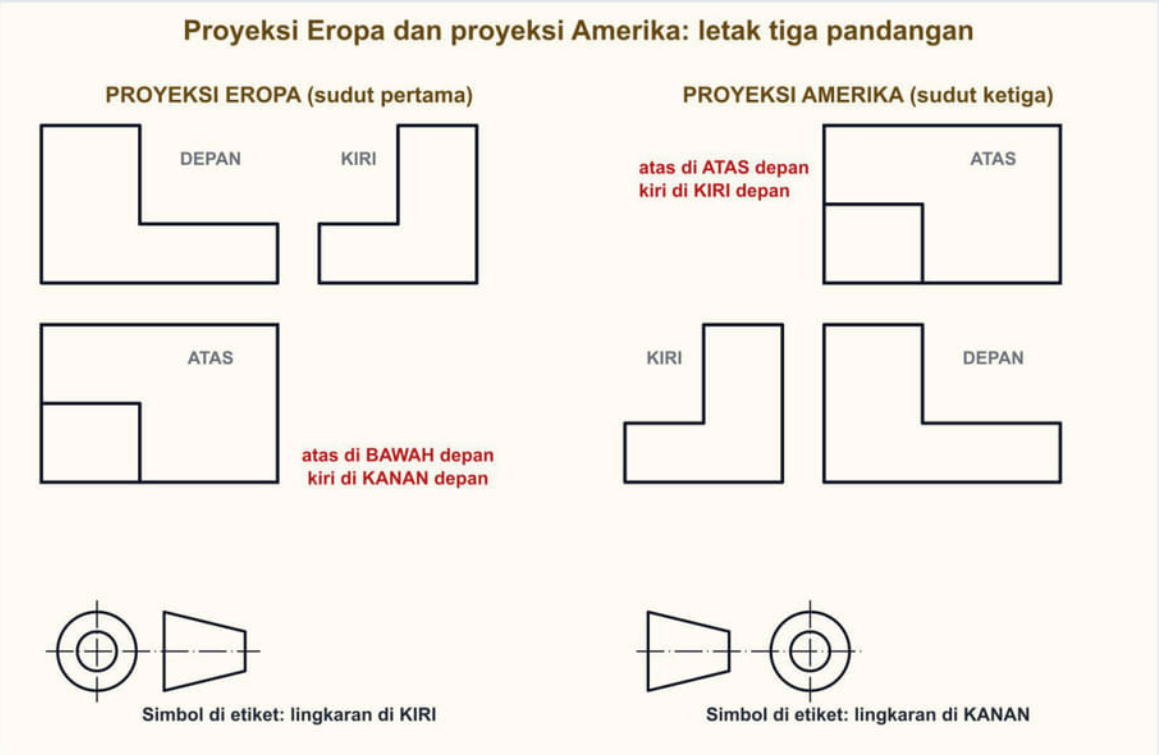
- **Proyeksi Eropa (sudut pertama).** Benda dibayangkan berada **di antara pengamat dan bidang gambar**. Akibatnya letak pandangan **berlawanan** dengan arah datangnya pandangan: **pandangan atas diletakkan di bawah pandangan depan**, dan **pandangan kiri diletakkan di kanan pandangan depan**. Sistem ini dipakai di Eropa dan banyak negara lain.
- **Proyeksi Amerika (sudut ketiga).** Bidang gambar dibayangkan berada **di antara pengamat dan benda**. Letak pandangan **sesuai** dengan arah pengamat: **pandangan atas di atas pandangan depan**, dan **pandangan kiri di kiri pandangan depan**. Sistem ini dipakai di Amerika Serikat dan Kanada.

Bentuk pandangan yang kamu lihat **sama** pada kedua sistem; yang berbeda hanya **letaknya** pada lembar. Perhatikan Gambar 3.12: pandangan depan, atas, dan kiri dari benda yang sama diletakkan menurut dua sistem.

Karena kedua letak itu sah, gambar harus memberi tahu pembaca sistem mana yang dipakai. Itulah gunanya **simbol proyeksi** di etiket. Simbolnya berupa gambar dua pandangan sebuah kerucut terpotong: sebuah pandangan lingkaran konsentris (dua lingkaran) dan sebuah pandangan trapesium. Pada **proyeksi Eropa, lingkaran berada di kiri dan trapesium di kanan**. Pada **proyeksi Amerika, trapesium berada di kiri dan lingkaran di kanan**. Bila simbol tidak cocok dengan letak pandangan, pembaca akan menafsirkan gambar secara terbalik: pandangan yang disangka atas ternyata bawah, dan pandangan yang disangka kiri ternyata kanan.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 3.12 Letak tiga pandangan menurut proyeksi Eropa (kiri) dan proyeksi Amerika (kanan), beserta simbol masing-masing. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Ringkasan bagian ini. Kertas seri A: A0 841 × 1189 mm, dibagi dua tiap seri. Bingkai: 20 mm di kiri, 10 mm di sisi lain; etiket di pojok kanan bawah. Garis: tebal menerus (terlihat), tipis menerus (ukur, bantu, arsiran), putus-putus tipis (tersembunyi), titik-strip tipis (sumbu). Skala 1:n berarti ukuran gambar = ukuran benda ÷ n, dan angka ukuran selalu ukuran sebenarnya. Satuan ditulis sekali di etiket, setiap ukuran sekali, angka di atas garis ukur. Proyeksi Eropa: atas di bawah, kiri di kanan, lingkaran simbol di kiri. Proyeksi Amerika: atas di atas, kiri di kiri, lingkaran simbol di kanan.

Contoh 1 — Memperbaiki jenis garis pada gambar dudukan pengendali

Pada Maret 2027, Kirana, siswa kelas XI di sebuah SMK di Kabupaten Banyuwangi, menggambar tampak depan pelat dudukan pengendali beban untuk pembangkit mikrohidro desa. Pelat itu punya satu lubang baut yang terlihat dari depan dan satu alur pada sisi belakang yang tidak terlihat dari depan. Gurunya menemukan lima hal pada gambar Kirana: (a) tepi pelat digambar dengan garis tipis menerus; (b) tepi alur di sisi belakang digambar dengan garis tebal menerus; (c) pusat lubang ditandai garis putus-putus biasa; (d) garis ukur digambar tebal; (e) garis bantu digambar titik-strip. Perbaiki setiap hal itu. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. **Hal (a):** tepi pelat adalah tepi yang terlihat, jadi harus **garis tebal menerus** (0,5 mm).
2. **Hal (b):** alur di sisi belakang tidak terlihat dari depan, jadi tepinya **garis putus-putus tipis**.
3. **Hal (c):** pusat lubang adalah garis sumbu, jadi **garis titik-strip tipis**, bukan putus-putus biasa.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

4. **Hal (d):** garis ukur termasuk garis tipis, jadi **garis tipis menerus** (0,25 mm) dengan panah di ujung.
5. **Hal (e):** garis bantu termasuk garis tipis, jadi **garis tipis menerus**. Titik-strip dipakai untuk sumbu, bukan untuk garis bantu.

Jawaban: (a) tebal menerus, (b) putus-putus tipis, (c) titik-strip tipis, (d) tipis menerus, (e) tipis menerus. Perhatikan bahwa dua dari lima kesalahan ini adalah **penukaran pasangan** (tersembunyi dan sumbu mendapat jenis garis yang bukan miliknya), pola yang paling sering dipakai sebagai pengecoh.

Contoh 2 — Menentukan simbol proyeksi dari letak pandangan

Pada Juni 2027, Rafi, siswa kelas XII di sebuah SMK di Kota Kupang, menggambar dudukan baterai dalam tiga pandangan. Pandangan atas ia letakkan **di atas** pandangan depan, dan pandangan kiri ia letakkan **di sebelah kiri** pandangan depan. Ia lupa menggambar simbol proyeksi di etiket. (1) Simbol mana yang harus ia gambar? (2) Bila bengkel yang menerima gambar itu membaca gambarnya sebagai proyeksi Eropa, apa kesalahan baca yang terjadi? *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. **Kenali sistem dari letak.** Atas di atas, kiri di kiri berarti **proyeksi Amerika** (sudut ketiga).
2. **Pilih simbol.** Pada proyeksi Amerika, trapesium di kiri dan lingkaran di kanan. Itulah simbol yang digambar Rafi.
3. **Telusuri salah baca.** Pada proyeksi Eropa, pandangan yang diletakkan **di atas** pandangan depan adalah **pandangan bawah**, dan pandangan yang diletakkan **di sebelah kiri** adalah **pandangan kanan**. Bengkel yang salah membaca akan mengira pandangan atas sebagai pandangan bawah dan pandangan kiri sebagai pandangan kanan, sehingga dudukan terbaca terbalik dan bisa dibuat dengan lubang di sisi yang salah.

Jawaban: simbol proyeksi Amerika (trapesium di kiri, lingkaran di kanan). Inilah alasan simbol harus selalu ada dan cocok dengan letak pandangan.

Contoh 3 — Menghitung dengan skala dan memeriksa penulisan ukuran

Pada September 2027, teknisi pemasang sebuah bengkel di Kota Palu membaca gambar skala 1:20. Ia mengukur panjang rangka dudukan modul di kertas dan mendapat 8,6 cm. Di lain pihak, tiang penyangga yang ia pasang sebenarnya setinggi 2,4 m dan harus digambar di kertas yang sama. Hitung panjang rangka sebenarnya dan panjang tiang di gambar. Setelah itu, periksa catatan pada gambar: ukuran tinggi tiang tertulis "2400 mm" di pandangan depan dan "2400 mm" lagi di pandangan samping, padahal satuan sudah tertulis di etiket. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. **Panjang rangka sebenarnya:** skala 1:20, jadi ukuran sebenarnya = ukuran gambar × 20 = 8,6 × 20 = 172 cm = **1,72 m**.
2. **Panjang tiang di gambar:** 2,4 m = 2.400 mm. Ukuran gambar = 2.400 ÷ 20 = **120 mm** (12 cm).

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

3. **Periksa penulisan:** satuan sudah ada di etiket, jadi "mm" **tidak perlu** ditulis di angka. Ukuran 2400 juga **tidak boleh diulang** di pandangan samping; cukup satu kali pada pandangan yang paling jelas.
4. **Perbaikan:** tulis "2400" satu kali, tanpa satuan, di atas garis ukur (terbaca dari kanan bila garis ukurnya tegak).

Jawaban: rangka sebenarnya 1,72 m; tiang digambar 120 mm; catatan diperbaiki menjadi "2400" sekali tanpa satuan.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

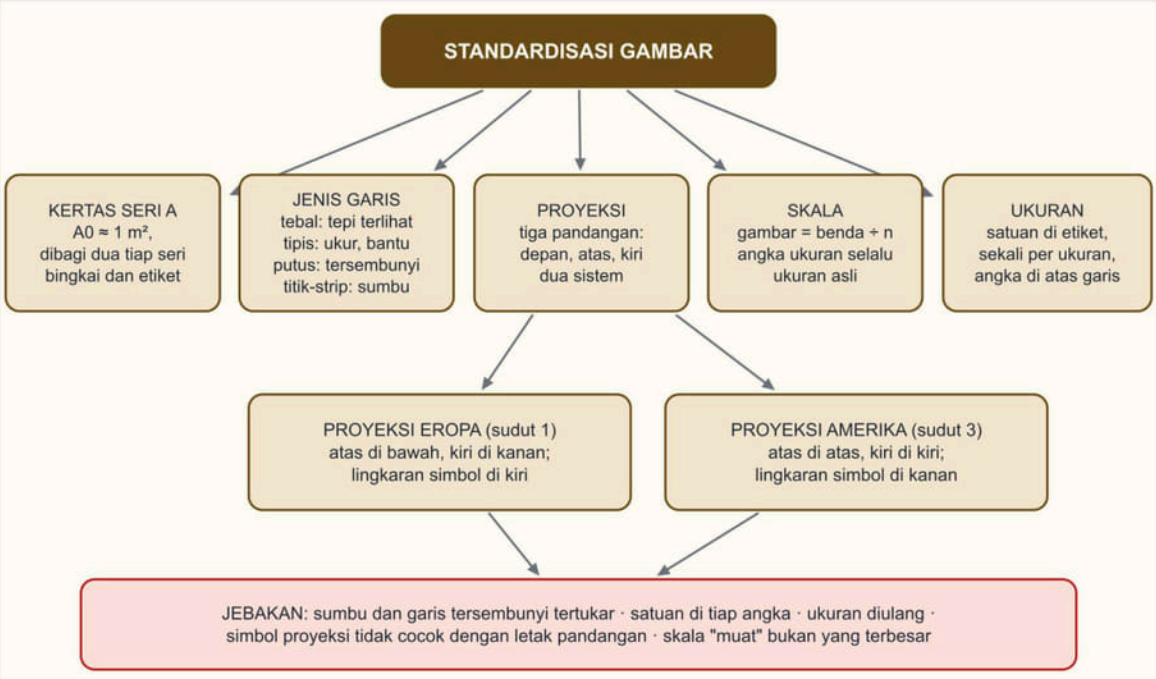
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- **Kertas seri A:** A0 841 × 1189 mm; dibagi dua pada sisi panjang untuk seri berikutnya; A4 210 × 297 mm; sisi panjang : pendek = $\sqrt{2}$.
- **Lembar gambar:** bingkai 20 mm di kiri, 10 mm di sisi lain; etiket di pojok kanan bawah memuat nama, nomor, skala, satuan, tanggal, penggambar, dan simbol proyeksi.
- **Garis:** tebal menerus = tepi terlihat; tipis menerus = ukur, bantu, arsiran; putus-putus tipis = tersembunyi; titik-strip tipis = sumbu; tebal : tipis = 2 : 1.
- **Skala:** 1:n → gambar = benda ÷ n; n:1 → gambar = benda × n; angka ukuran selalu ukuran sebenarnya; deret 1:2, 1:5, 1:10, 1:20, 1:50, 1:100, 1:200.
- **Ukuran:** satuan sekali di etiket; tiap ukuran sekali; angka di atas garis ukur, terbaca dari bawah atau kanan; Ø untuk diameter, R untuk jari-jari.
- **Proyeksi:** Eropa (sudut 1) atas di bawah, kiri di kanan, lingkaran simbol di kiri; Amerika (sudut 3) atas di atas, kiri di kiri, lingkaran simbol di kanan.

Gambar 3.13 merangkum hubungan antarkonsep itu.



Gambar 3.13 Peta konsep standardisasi gambar: kertas, jenis garis, proyeksi, skala, ukuran, dan jebakan khas. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal standar gambar:

1. **Tentukan standar apa yang diuji:** jenis garis, ukuran, skala, atau proyeksi. Satu soal biasanya menguji satu standar.
2. **Pasangkan dengan satu fakta pasti:** tersembunyi → putus-putus; sumbu → titik-strip; satuan → etiket; atas di bawah → Eropa.
3. **Untuk skala,** tulis rumus dan satuan setiap langkah, lalu periksa apakah hasilnya masuk akal.
4. **Untuk proyeksi,** tentukan dulu letak pandangan (atas di mana?), baru lihat simbol.
5. **Coret pilihan yang menukar pasangan,** lalu periksa dua pilihan tersisa terhadap kalimat soal.

Jebakan khas pada soal ini:

- **Garis sumbu dan garis tersembunyi tertukar.**
- **Simbol proyeksi tidak cocok dengan letak pandangan,** atau simbol diganti padahal yang diminta tata letaknya diperbaiki.
- **Satuan ditulis di setiap angka,** atau satuan dicampur (mm dan cm) pada satu gambar.
- **Ukuran diulang** di dua pandangan.
- **Skala dibalik:** ukuran gambar dikali, bukan dibagi, atau cm tidak diubah ke mm.
- **Ukuran diberikan pada garis tersembunyi** atau angka tegak ditulis terbalik.

● BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut memadukan simbol proyeksi dengan letak pandangan. Bedah dengan urutan: tentukan sistem proyeksi dari simbol, tentukan letak yang benar untuk sistem itu, lalu cocokkan dengan letak pada gambar. Perhatikan juga pilihan yang mengganti simbol, padahal kalimat soal menyebut simbol harus tetap.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

►. Satria menggambar tiga pandangan dudukan inverter yang akan dibuat bengkel las (2027). Pada kepala gambar ia mencantumkan simbol proyeksi Amerika (sudut ketiga). Namun, pandangan atas ia letakkan di bawah pandangan depan, dan pandangan samping kiri di sebelah kanan pandangan depan. Bengkel las itu terbiasa membaca gambar proyeksi Amerika, sehingga pembimbing meminta simbol tidak diubah dan tata letak pandangan dibuat konsisten dengan simbol tersebut.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Perbaikan yang tepat adalah ....

A. Pandangan atas tetap di bawah, pandangan samping kiri dipindah ke kiri
B. Pandangan atas tetap di bawah, simbol proyeksi diganti dengan simbol Eropa
C. Pandangan atas dipindah ke kanan, pandangan samping kiri tetap di kanan
D. Pandangan atas dipindah ke atas, pandangan samping kiri dipindah ke kiri
E. Pandangan atas dipindah ke atas, pandangan samping kiri tetap di kanan

Pembahasan **Kunci: D**

Konsep: Proyeksi Amerika (sudut ketiga): pandangan diletakkan di sisi asal arah melihat — pandangan atas di atas pandangan depan, pandangan samping kiri di kiri. Proyeksi Eropa (sudut pertama) kebalikannya: pandangan atas di bawah, samping kiri di kanan.

Langkah:
1. Simbol yang dipakai: proyeksi Amerika.
2. Pada proyeksi Amerika: atas → di atas; samping kiri → di kiri.
3. Kedua pandangan perlu dipindah.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Hanya pandangan samping yang diperbaiki; pandangan atas masih mengikuti proyeksi Eropa.
• **B.** ✗ Jebakan: mengganti simbol ke Eropa memang membuat gambar konsisten, tetapi pembimbing meminta simbol Amerika dipertahankan karena bengkel membaca proyeksi Amerika.
• **C.** ✗ Pandangan atas tidak diletakkan di kanan pada kedua sistem proyeksi.
• **D.** ✓ Kedua pandangan diletakkan sesuai proyeksi Amerika.
• **E.** ✗ Jebakan: pandangan atas sudah benar, tetapi samping kiri di kanan adalah aturan proyeksi Eropa.

Jawaban: D.

✎ LATIHAN

Kerjakan tanpa melihat kunci. Untuk setiap soal, tentukan dulu standar yang diuji, lalu tulis satu pasangan yang pasti sebelum membaca pilihan.

1. Guru memeriksa gambar tampak depan dudukan (bracket) modul surya buatan Rina (2027). Ada dua catatan: (1) baut di balik pelat yang tidak terlihat dari depan digambar dengan garis tipis tidak putus, dan (2) garis sumbu lubang baut digambar dengan garis putus-putus. Rina diminta memperbaiki gambar sesuai standar jenis garis gambar teknik.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Perbaikan yang tepat adalah ....

A. Baut tersembunyi dengan garis tebal tidak putus, sumbu lubang dengan garis tipis tidak putus
B. Baut tersembunyi dengan garis titik-strip, sumbu lubang dengan garis putus-putus
C. Baut tersembunyi dengan garis putus-putus, sumbu lubang dengan garis titik-strip
D. Baut tersembunyi dengan garis putus-putus, sumbu lubang dengan garis tebal tidak putus
E. Baut tersembunyi dengan garis tipis tidak putus, sumbu lubang dengan garis titik-strip

2. Bima menggambar pelat dudukan SCC berukuran 250 mm × 180 mm dalam dua pandangan untuk dikerjakan bengkel (2027). Pada etiket tertulis "Satuan ukuran: mm". Guru menemukan tiga hal: (i) setiap angka ukuran ditulis lengkap dengan satuannya, misalnya "250 mm"; (ii) ukuran 180 dicantumkan pada pandangan depan dan diulang lagi pada pandangan samping; (iii) angka ukuran ditulis di atas garis ukur sehingga terbaca dari bawah gambar.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Hal yang perlu diperbaiki sesuai standar gambar teknik adalah ....

A. Hanya (iii) yang perlu diperbaiki
B. (i) dan (iii) yang perlu diperbaiki
C. (ii) dan (iii) yang perlu diperbaiki
D. Ketiganya sudah sesuai standar
E. (i) dan (ii) yang perlu diperbaiki

Kunci singkat: 1. C 2. E

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

✔ PERIKSA DIRI

- Gambar skala 1:50 menunjukkan atap dengan panjang 14,6 cm. Berapa panjang atap sebenarnya, dan mengapa angka ukuran pada gambar tidak boleh diubah bila skalanya diganti?
- Temanmu meletakkan pandangan atas di bawah pandangan depan dan memasang simbol dengan lingkaran di kanan. Apa yang tidak cocok, dan bagaimana memperbaikinya tanpa menggeser pandangan?
- **Yang harus kuingat:** tebal menerus = terlihat, putus-putus tipis = tersembunyi, titik-strip tipis = sumbu; skala 1:n berarti gambar = benda ÷ n; satuan sekali di etiket, ukuran sekali; Eropa: atas di bawah, kiri di kanan, lingkaran simbol di kiri; Amerika: atas di atas, kiri di kiri, lingkaran simbol di kanan.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 3.2: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktet&node=SMKTET-3.2

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 3.3 · Praktik menggambar teknik

SMKTET-3.3

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu **mempraktikkan menggambar teknik**: memilih skala dan kertas, menata komponen pada gambar, dan memakai gambar untuk menghitung ukuran sebenarnya. Pada soal TKA SMK mapel ini, praktik itu hampir selalu berupa **denah atap**. Soal menceritakan sebuah atap, ukuran modul, dan batas aman, lalu meminta kamu memilih skala yang tepat, menghitung jumlah modul terbanyak yang dapat dipasang, atau menghitung panjang kabel dari ukuran di gambar.

Ciri khas soal ini adalah **hitungan bertahap** dengan beberapa pengecoh yang masing-masing adalah hasil dari satu langkah yang terlewat: batas aman lupa dikurangi, hanya satu orientasi modul yang dicoba, panjang kabel yang tidak tergambar tidak ditambahkan, atau cadangan dihitung dari sebagian saja. Kamu tidak perlu rumus baru. Yang kamu perlukan adalah urutan langkah yang rapi dan kebiasaan memeriksa satuan.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menyusun urutan langkah menggambar teknik dari kertas kosong sampai gambar selesai;
- memilih skala terbesar yang masih muat pada bidang gambar;
- mengubah ukuran gambar menjadi ukuran sebenarnya dan sebaliknya;
- menentukan bidang pasang modul pada atap dengan memperhitungkan batas aman;
- menghitung jumlah modul terbanyak untuk susunan tegak dan mendatar;
- menghitung panjang kabel dari gambar berskala beserta bagian yang tidak tergambar dan cadangannya.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Gambar teknik yang baik bukan hanya rapi. Gambar itu **muat di kertas, ukurannya bisa dipercaya, dan tidak menyesatkan tukang**. Seorang teknisi yang merencanakan pemasangan PLTS atap bekerja dengan urutan yang hampir selalu sama: ukur atap, tentukan di mana modul boleh dipasang, gambar dengan skala yang tepat, hitung jumlah modul, lalu hitung kabel dan bahan yang dibutuhkan dari gambar itu. Sub bab ini mengajarkan urutan kerja tersebut. Aturan dasar standar gambar (jenis garis, skala, penulisan ukuran, etiket) sudah dibahas di sub bab 3.2 dan dipakai di sini.

1. Langkah menggambar dari kertas kosong sampai selesai

Menggambar tanpa urutan menghasilkan gambar yang miring, tidak muat, atau penuh bekas hapusan. Urutan kerja yang disarankan ada tujuh langkah (Gambar 3.14).

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1. **Persiapan.** Bersihkan meja dan alat, pasang kertas dengan selotip kertas pada empat sudut, lalu gambar bingkai dan etiket dengan garis tipis.
2. **Skala dan tata letak.** Ukur benda yang akan digambar, hitung skala terbesar yang masih muat pada bidang gambar, lalu tentukan di mana gambar diletakkan agar seimbang dan menyisakan ruang untuk garis ukur dan catatan.
3. **Kerangka tipis.** Tarik garis bantu dan garis sumbu dengan pensil keras (2H). Goresan tipis dan terang mudah dihapus bila ada kesalahan.
4. **Bentuk dan simbol.** Gambar benda, modul, lingkaran, dan simbol di atas kerangka. Periksa ukuran dan letaknya.
5. **Tebalkan garis.** Setelah bentuk dan ukuran benar, tebalkan garis tepi yang terlihat. Garis tersembunyi dibuat putus-putus, garis ukur dan garis bantu dibuat tipis, garis sumbu titik-strip.
6. **Ukuran dan catatan.** Gambar garis bantu dan garis ukur, tulis angka (satuan sudah ada di etiket), tanda Ø dan R, serta catatan penting.
7. **Etiket dan pemeriksaan.** Isi etiket (nama gambar, skala, satuan, tanggal, penggambar), lalu periksa skala, jenis garis, ukuran, dan simbol.



Gambar 3.14 Tujuh langkah menggambar teknik dari persiapan sampai pemeriksaan akhir. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Dua hal paling sering menentukan hasil: **skala dihitung sebelum menggambar**, dan **garis ditebalkan hanya setelah bentuk dan ukuran dipastikan benar**. Garis tebal sulit dihapus; kesalahan yang sudah ditebalkan menyisakan bekas.

2. Memilih skala dan kertas

Ukuran gambar sama dengan ukuran sebenarnya dibagi n pada skala 1:n (sub bab 3.2). Pertanyaan dalam praktik adalah kebalikannya: **skala mana yang harus dipilih?** Aturannya ada dua.

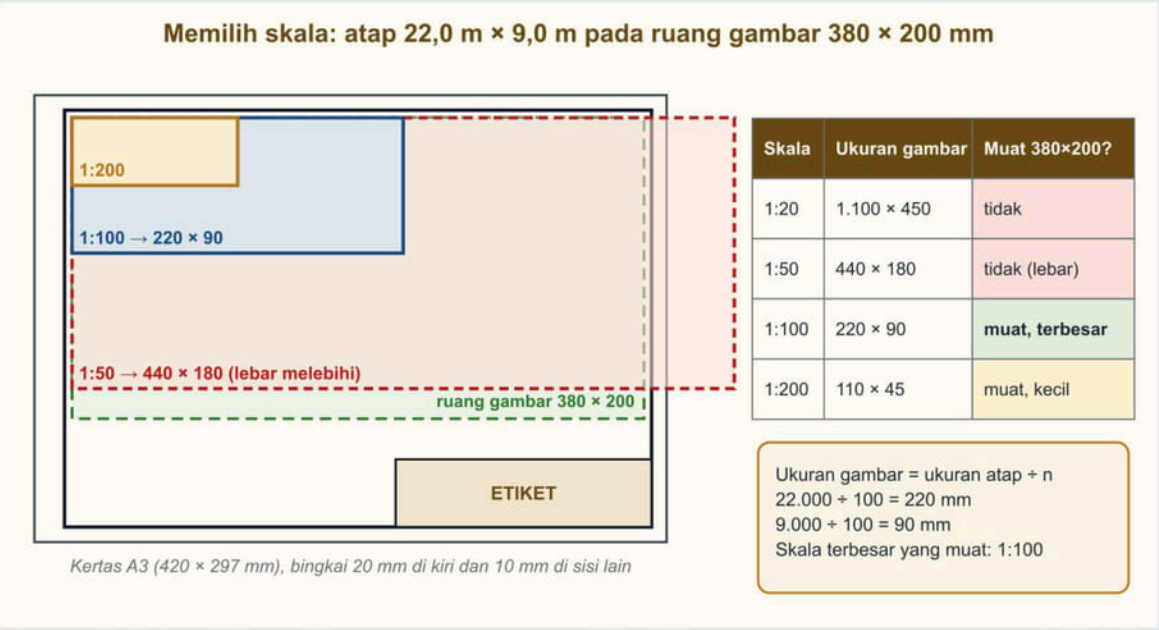
- **Gambar harus muat.** Kedua ukuran gambar (lebar dan tinggi) tidak boleh melebihi bidang gambar yang tersedia. Cukup satu sisi yang melebihi untuk membuat skala itu

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

tidak dipakai.

- **Pilih skala terbesar yang muat** dari deret standar (1:2, 1:5, 1:10, 1:20, 1:50, 1:100, 1:200, dan seterusnya). Skala yang lebih besar memberi gambar yang lebih besar dan detail yang lebih jelas. Skala yang jauh lebih kecil dari yang mungkin membuat gambar tampak mungil dan sulit dibaca.

Langkahnya: (1) ubah ukuran benda ke milimeter, (2) hitung ukuran gambar untuk skala-skala deret dari yang terbesar, (3) berhenti pada skala pertama yang lebar **dan** tingginya muat. Gambar 3.15 memperlihatkan contohnya: sebuah atap berukuran 22,0 m × 9,0 m digambar pada ruang gambar 380 × 200 mm di kertas A3. Skala 1:20 dan 1:50 menghasilkan gambar yang terlalu lebar; skala 1:100 menghasilkan 220 × 90 mm dan muat; skala 1:200 juga muat tetapi lebih kecil. Maka skala terbesar yang muat adalah 1:100.



Gambar 3.15 Atap 22,0 m × 9,0 m pada ruang gambar 380 × 200 mm: ukuran gambar pada skala 1:20, 1:50, 1:100, dan 1:200. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Ukuran bidang gambar bergantung pada kertas. Pada kertas A3 mendatar dengan bingkai 20 mm di kiri dan 10 mm di sisi lain, bidang di dalam bingkai berukuran 390 × 277 mm. Dari bidang itu masih harus dikurangi **etiket** dan ruang untuk garis ukur dan catatan. Itu sebabnya soal biasanya langsung memberi ukuran **bidang gambar yang tersedia**; pakailah angka itu.

3. Mengubah ukuran gambar menjadi ukuran sebenarnya

Setelah gambar jadi, ukuran gambar dipakai untuk menghitung kebutuhan lapangan. Rumusnya: **ukuran sebenarnya = ukuran di gambar × n** (skala 1:n). Dengan mistar skala atau penggaris biasa, kamu membaca panjang di gambar dalam sentimeter, mengalikan dengan n, lalu mengubah satuannya.

Contoh: sebuah jalur di gambar skala 1:50 panjangnya 9,6 cm. Panjang sebenarnya = 9,6 × 50 = 480 cm = 4,8 m. Kebiasaan yang menolong: pada skala 1:50, **1 cm di kertas mewakili 50 cm = 0,5 m di lapangan**, dan pada skala 1:100, 1 cm mewakili 1 m. Kesalahan yang paling

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

sering terjadi adalah satuan: mengalikan cm dengan n lalu membaca hasilnya sebagai meter. Selalu tulis satuan di setiap langkah.

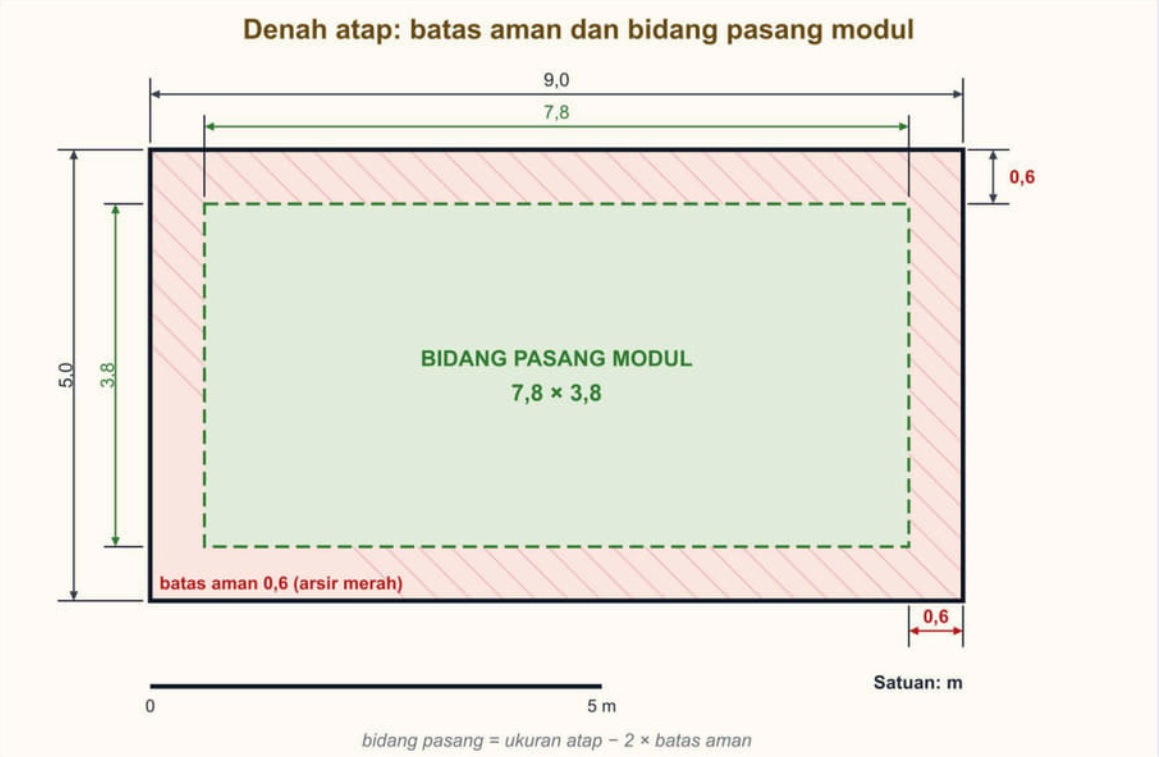
4. Denah atap, batas aman, dan bidang pasang

Denah atap adalah gambar atap dilihat dari atas. Perancang PLTS atap memulainya dari denah karena dari sanalah ia menentukan di mana modul boleh diletakkan. Modul tidak dipasang sampai ke tepi atap. Ada jarak yang dibiarkan kosong di sepanjang tepi, yang disebut **batas aman** (jarak aman dari tepi). Alasannya antara lain: tepi dan sudut atap menerima tiupan angin paling kuat sehingga rawan terangkat, pekerja perlu jalur berpijak di dekat tepi, dan ruang di tepi diperlukan untuk akses perawatan dan pengamanan. Besar batas aman ditetapkan perencana atau pedoman pemasangan yang dipakai; dalam soal, besarnya selalu diberikan.

Bagian atap yang tersisa setelah batas aman dikurangkan disebut **bidang pasang**. Karena batas aman ada di **kedua sisi** setiap arah, ukurannya dikurangi dua kali:

ukuran bidang pasang = ukuran atap − 2 × batas aman.

Untuk atap 9,0 m × 5,0 m dengan batas aman 0,6 m: lebar bidang pasang = 9,0 − 2 × 0,6 = 7,8 m, dan tinggi bidang pasang = 5,0 − 2 × 0,6 = 3,8 m. Gambar 3.16 memperlihatkan denah itu dengan ukuran lengkap. Perhatikan cara menulis ukuran: satuan (m) dinyatakan sekali di sudut gambar, garis ukur tipis dengan panah, dan batas aman diarsir.



Gambar 3.16 Denah atap 9,0 m × 5,0 m dengan batas aman 0,6 m (arsir merah) dan bidang pasang 7,8 m × 3,8 m (hijau). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

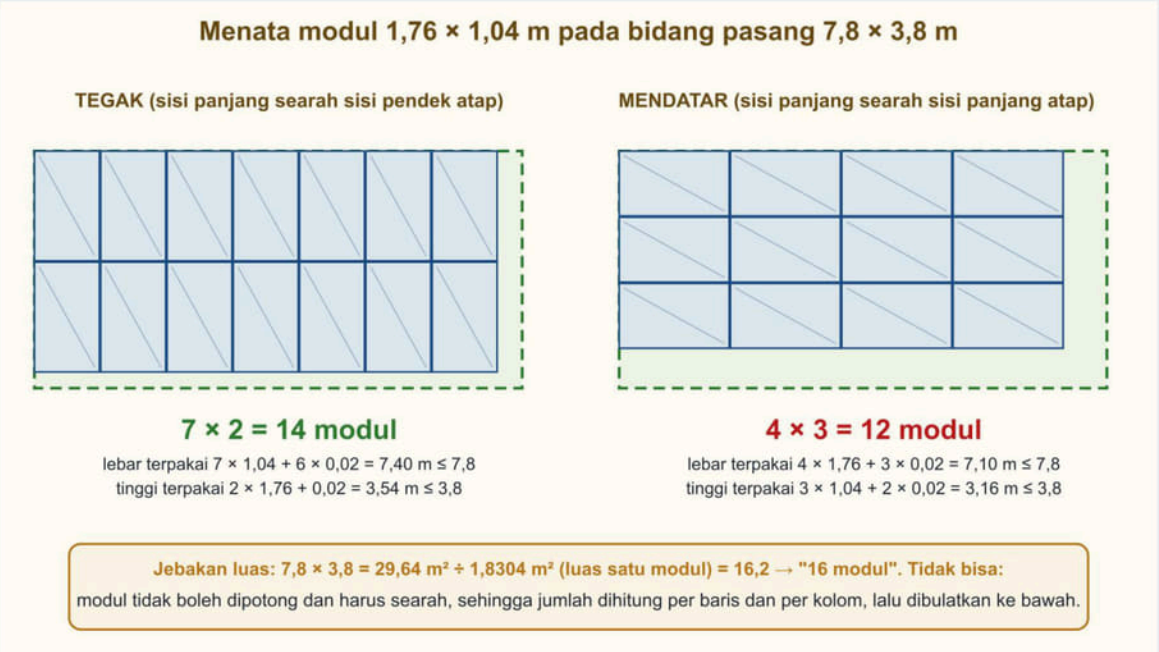
5. Menata modul pada bidang pasang

Modul surya berbentuk persegi panjang. Sebuah modul contoh berukuran **1,76 m × 1,04 m**. Modul dapat dipasang dengan dua orientasi: **tegak** (sisi panjang searah sisi pendek atap, pada denah tampak berdiri) atau **mendatar** (sisi panjang searah sisi panjang atap). Dalam satu susunan, semua modul **searah**, karena baris dan kolom yang rapi memudahkan pengawatan dan perawatan. Modul juga tidak dipotong. Antarmodul ada celah kecil untuk penjepit; pada contoh ini dipakai 0,02 m (2 cm).

Cara menghitung jumlah modul per orientasi:

1. **Jumlah modul sepanjang satu arah:** cari bilangan bulat terbesar n sehingga **n × ukuran modul + (n − 1) × celah ≤ panjang bidang pasang**.
2. **Kalikan** jumlah sepanjang lebar dengan jumlah sepanjang tinggi.
3. **Bandingkan** kedua orientasi dan pilih yang terbanyak.

Pada bidang 7,8 × 3,8 m: susunan **tegak** (lebar modul 1,04 m searah 7,8 m; tinggi modul 1,76 m searah 3,8 m) memberi 7 modul sepanjang lebar (7 × 1,04 + 6 × 0,02 = 7,40 m ≤ 7,8) dan 2 modul sepanjang tinggi (2 × 1,76 + 0,02 = 3,54 m ≤ 3,8), jadi **7 × 2 = 14 modul**. Susunan **mendatar** memberi 4 modul sepanjang lebar (4 × 1,76 + 3 × 0,02 = 7,10 m) dan 3 modul sepanjang tinggi (3 × 1,04 + 2 × 0,02 = 3,16 m), jadi **4 × 3 = 12 modul**. Susunan tegak lebih banyak. Gambar 3.17 memperlihatkan kedua susunan.



Gambar 3.17 Dua susunan modul pada bidang pasang 7,8 m × 3,8 m: tegak 14 modul, mendatar 12 modul. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Jangan menghitung jumlah modul dengan luas. Luas bidang pasang 7,8 × 3,8 = 29,64 m^2 dibagi luas satu modul 1,76 × 1,04 = 1,8304 m^2 memberi 16,2. Angka itu menyesatkan karena modul tidak boleh dipotong dan harus searah sehingga ada sisa ruang yang tidak terpakai. Jumlah modul harus dihitung dari baris dan kolom.

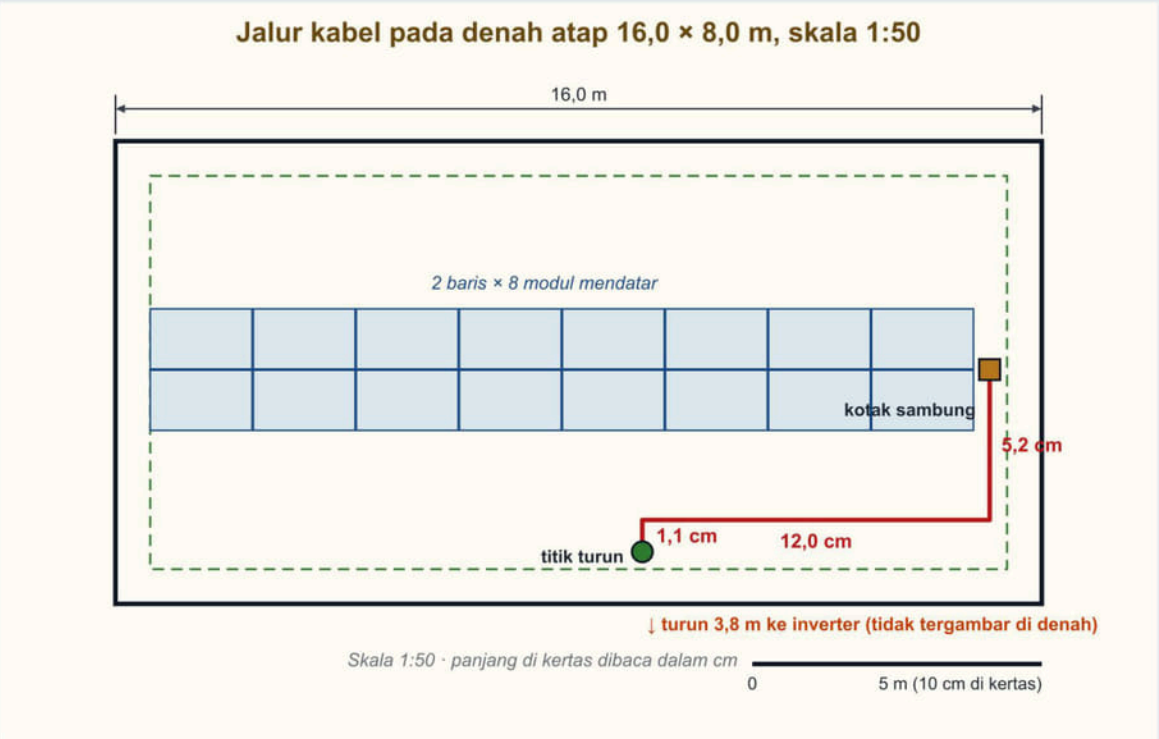
6. Jalur kabel dan panjang kabel dari gambar

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Setelah modul tertata, kabel dari kotak sambung modul menuju titik tempat kabel turun dari atap harus dihitung. Kabel itu dipesan per meter, jadi panjangnya perlu diketahui sebelum membeli. Panjang kabel dibaca dari **jalur yang digambar di denah**, dengan langkah berikut.

1. **Ukur setiap ruas jalur di gambar** (dalam cm), lalu jumlahkan. Jalur bengkok dijumlahkan ruas demi ruas, bukan diukur garis lurus antara awal dan akhir.
2. **Ubah dengan skala:** panjang di gambar × n, lalu ubah ke meter.
3. **Tambahkan bagian yang tidak tergambar.** Bagian yang naik atau turun (misalnya kabel yang turun dari atap ke ruang inverter) tidak tampak di denah karena denah dilihat dari atas. Panjangnya diketahui dari keterangan atau gambar tampak.
4. **Tambahkan cadangan** dari **panjang total** (biasanya persen tertentu) untuk lengkungan, sambungan, dan pemotongan. Cadangan dihitung dari seluruh panjang, bukan hanya sebagian jalur.
5. **Hitung untuk dua kutub.** Sistem arus searah memakai kabel kutub positif dan kutub negatif. Bila panjang yang dihitung untuk satu kutub, kebutuhan seluruhnya dua kali panjang itu, kecuali soal menyebut sebaliknya.
6. **Sesuaikan dengan kemasan.** Kabel dijual per meter atau per gulungan; hasil dibulatkan ke atas ke ukuran yang dijual.

Gambar 3.18 memperlihatkan jalur kabel dari kotak sambung ke titik turun pada denah atap berskala 1:50, dengan panjang tiap ruas di kertas.



Gambar 3.18 Denah atap 16,0 m × 8,0 m, skala 1:50: jalur kabel tiga ruas (5,2 cm, 12,0 cm, 1,1 cm di kertas) dan kabel yang turun 3,8 m yang tidak tergambar. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

7. Membaca gambar kerja dudukan modul

Selain denah, kamu perlu membaca **gambar kerja** dudukan (rangka penyangga) modul yang akan dibuat bengkel. Bacalah dengan urutan yang sama setiap kali agar tidak ada yang terlewat.

1. **Etiket:** skala, satuan, dan simbol proyeksi, agar kamu tahu cara membaca letak pandangan.
2. **Pandangan:** pandangan depan menunjukkan bentuk utama, pandangan atas dan samping melengkapi. Cocokkan letaknya dengan simbol proyeksi.
3. **Jenis garis:** garis tebal berarti tepi yang terlihat, putus-putus berarti bagian yang tersembunyi (misalnya lubang baut di balik pelat), titik-strip berarti sumbu.
4. **Ukuran:** baca angka pada garis ukur. Angka itu ukuran sebenarnya; jangan mengukur dengan penggaris dari gambar yang tidak dijamin skalanya.
5. **Catatan dan daftar bagian:** jumlah bagian, bahan, ukuran baut, dan catatan khusus.

Gambar yang diberi keterangan "tidak berskala" tidak boleh diukur dengan penggaris. Pada gambar berskala, ukuran yang tertulis tetap lebih dipercaya daripada ukuran hasil mengukur sendiri.

Contoh 1 — Memilih skala terbesar yang muat di kertas A3

Pada Februari 2027, Hanif, siswa kelas XII di sebuah SMK di Kabupaten Bantul, menggambar denah atap bengkel perakitan sekolahnya yang berukuran 22,0 m × 9,0 m pada kertas A3. Guru menetapkan ruang gambar untuk denah atap 380 mm × 200 mm (etiket, garis ukur, dan catatan ditempatkan di luar ruang itu) dan meminta Hanif memilih skala dari deret standar 1:20, 1:50, 1:100, atau 1:200, dengan syarat skala terbesar yang masih muat. Skala mana yang dipilih? *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. Ubah ke milimeter: 22,0 m = 22.000 mm dan 9,0 m = 9.000 mm.
2. **Skala 1:20:** 22.000 ÷ 20 = 1.100 mm dan 9.000 ÷ 20 = 450 mm. Lebar 1.100 jauh melebihi 380, jadi tidak muat.
3. **Skala 1:50:** 22.000 ÷ 50 = 440 mm dan 9.000 ÷ 50 = 180 mm. Tinggi 180 ≤ 200 muat, tetapi lebar 440 > 380 tidak muat. Cukup satu sisi yang melebihi untuk menolak skala ini.
4. **Skala 1:100:** 22.000 ÷ 100 = 220 mm dan 9.000 ÷ 100 = 90 mm. Keduanya muat (220 ≤ 380 dan 90 ≤ 200).
5. **Skala 1:200:** 110 mm × 45 mm juga muat, tetapi lebih kecil daripada 1:100, jadi bukan yang terbesar.

Jawaban: **skala 1:100** (denah 220 mm × 90 mm). Bandingkan kesalahan umum: memilih 1:200 karena "pasti muat" (bukan yang terbesar), atau memilih 1:50 karena tingginya muat (lebarnya tidak).

Contoh 2 — Menata modul pada atap persegi panjang

Pada April 2027, Pak Fajar, pemilik sebuah kios isi ulang air di Kota Bengkulu, ingin memasang sebanyak mungkin modul pada atap kios berukuran 9,0 m × 5,0 m. Perancang

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

menetapkan batas aman 0,6 m di semua sisi. Modul berukuran 1,76 m × 1,04 m, semua modul dipasang searah (semua tegak atau semua mendatar), dan celah antarmodul 0,02 m. Berapa jumlah modul terbanyak? *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. **Bidang pasang:** lebar 9,0 − 2 × 0,6 = 7,8 m; tinggi 5,0 − 2 × 0,6 = 3,8 m.
2. **Susunan tegak** (sisi pendek modul 1,04 m searah lebar): sepanjang 7,8 m muat 7 modul (7 × 1,04 + 6 × 0,02 = 7,40 m; delapan modul butuh 8 × 1,04 + 7 × 0,02 = 8,46 m > 7,8). Sepanjang 3,8 m muat 2 modul (2 × 1,76 + 0,02 = 3,54 m; tiga modul butuh 5,32 m). Jumlah 7 × 2 = **14 modul**.
3. **Susunan mendatar** (sisi panjang modul 1,76 m searah lebar): sepanjang 7,8 m muat 4 modul (4 × 1,76 + 3 × 0,02 = 7,10 m; lima modul butuh 8,88 m). Sepanjang 3,8 m muat 3 modul (3 × 1,04 + 2 × 0,02 = 3,16 m; empat modul butuh 4,22 m). Jumlah 4 × 3 = **12 modul**.
4. **Bandingkan:** 14 > 12, jadi susunan tegak dipilih.
5. **Periksa jebakan:** luas 29,64 ÷ 1,8304 = 16,2, tetapi 16 modul tidak bisa dicapai. Bila batas aman tidak dikurangkan, susunan tegak memberi 8 × 2 = 16 modul pada atap 9,0 × 5,0 m, tetapi hasil itu melanggar batas aman dan tidak boleh dipakai.

Jawaban: **14 modul**, susunan tegak, dengan sisa ruang 0,40 m pada lebar dan 0,26 m pada tinggi bidang pasang.

Contoh 3 — Menghitung panjang kabel dari gambar skala 1:50

Pada Juli 2027, Sinta, teknisi di sebuah bengkel PLTS di Kota Pontianak, membaca denah atap sebuah sekolah dasar berskala 1:50 (Gambar 3.18). Jalur kabel utama dari kotak sambung ke titik turun terdiri dari tiga ruas lurus yang ia ukur di kertas: 5,2 cm, 12,0 cm, dan 1,1 cm. Dari titik turun, kabel masih turun 3,8 m dinding ke ruang inverter (tidak tergambar di denah). Ia menambahkan cadangan 8 % dari panjang total untuk lengkungan dan sambungan, dan kabel diperlukan untuk dua kutub (positif dan negatif) dengan panjang yang sama. Berapa meter kabel yang harus ia siapkan? *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. **Jumlah ruas di gambar:** 5,2 + 12,0 + 1,1 = 18,3 cm.
2. **Ke ukuran sebenarnya:** 18,3 × 50 = 915 cm = **9,15 m**.
3. **Tambah bagian tak tergambar:** 9,15 + 3,8 = **12,95 m**.
4. **Cadangan 8 % dari panjang total:** 12,95 × 1,08 = **13,986 m** per kutub.
5. **Dua kutub:** 13,986 × 2 = **27,972 m**.
6. **Kemasan:** dibulatkan ke atas menjadi **28 m**. Bila kabel hanya dijual kelipatan 5 m, yang dipesan 30 m.

Jawaban: **28 m** (atau 30 m bila dijual per kelipatan 5 m). Bandingkan kesalahan umum: memakai skala 1:100 membuat ruas di gambar terbaca 18,3 m dan hasil akhir (18,3 + 3,8) × 1,08 × 2 ≈ 47,7 m; lupa kabel turun memberi 9,15 × 1,08 × 2 ≈ 19,76 m; lupa cadangan memberi 12,95 × 2 = 25,9 m; cadangan hanya dari bagian di atap memberi (9,15 × 1,08 + 3,8)

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

× 2 ≈ 27,36 m; dan lupa dua kutub memberi 13,986 m.

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- **Urutan menggambar:** persiapan → skala dan tata letak → kerangka tipis (2H) → bentuk → tebalkan → ukuran dan catatan → etiket dan periksa. Tebalkan garis hanya setelah bentuk dan ukuran benar.
- **Memilih skala:** ukuran gambar = ukuran benda ÷ n; lebar **dan** tinggi harus muat; pilih skala **terbesar** dari deret standar yang muat.
- **Ukuran sebenarnya** = ukuran di gambar × n; pada 1:50, 1 cm di kertas = 0,5 m; selalu periksa satuan.
- **Batas aman:** bidang pasang = ukuran atap − 2 × batas aman (kedua sisi).
- **Penataan modul:** hitung per baris dan kolom, n × modul + (n − 1) × celah ≤ panjang bidang; coba tegak dan mendatar; ambil terbanyak; jangan membagi luas.
- **Panjang kabel:** jumlah ruas di gambar × n + bagian tak tergambar + cadangan dari panjang total; kalikan dua untuk dua kutub; bulatkan ke atas.

Gambar 3.19 merangkum hubungan antarkonsep itu.



Gambar 3.19 Peta konsep praktik menggambar teknik: langkah, skala dan kertas, batas aman, penataan modul, panjang kabel, dan jebakan khas. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal hitungan gambar:

1. **Tulis semua angka dengan namanya dan satuannya:** ukuran atap, batas aman, ukuran modul, skala, panjang di gambar, cadangan.
2. **Ubah semua ukuran ke satu satuan** (misalnya meter atau milimeter) sebelum menghitung.
3. **Hitung bidang pasang dulu** (kurangi batas aman di kedua sisi), baru hitung jumlah modul. Coba kedua orientasi.
4. **Untuk skala,** hitung ukuran gambar pada setiap pilihan, dari yang terbesar, lalu berhenti pada yang pertama muat di lebar dan tinggi.
5. **Untuk kabel,** jumlahkan semua ruas, kalikan skala, tambahkan bagian tak tergambar, lalu cadangan dari total.

Jebakan khas pada soal ini:

- **Skala "muat" tetapi bukan yang terbesar,** atau skala yang tingginya muat tetapi lebarnya tidak.
- **Batas aman diabaikan** atau hanya dikurangi sekali, bukan di kedua sisi.
- **Hanya satu orientasi modul dihitung.**
- **Jumlah modul dari luas** dibagi luas satu modul.
- **Cadangan hanya dari sebagian jalur,** atau cadangan terlupa.
- **Kabel yang turun** (tidak tergambar) tidak ditambahkan.
- **Satuan tertukar:** cm dibaca meter, atau skala 1:100 dipakai pada gambar 1:50.

● BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut meminta panjang kabel dari denah berskala, dengan bagian yang tidak tergambar dan cadangan. Bedah dengan urutan: tulis semua angka, ubah panjang gambar ke ukuran sebenarnya, tambahkan bagian yang tidak tergambar, hitung cadangan dari total, lalu cari satu langkah yang terlewat pada tiap pengecoh.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

►. Denah atap rumah Bu Ratna (2027) digambar dengan skala 1:100. Jalur kabel DC dari kotak sambung modul di atap sampai titik turun panjangnya 12,5 cm pada gambar. Dari titik turun, kabel masih turun 3 m ke inverter di garasi (bagian ini tidak tergambar di denah). Teknisi menambahkan cadangan 10% dari panjang total untuk lengkungan dan sambungan. Kabel diperlukan untuk satu kutub (positif); kutub negatif dihitung terpisah dengan panjang yang sama.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Panjang kabel minimum yang disiapkan untuk satu kutub adalah ....

A. 13,75 m
B. 15,50 m
C. 16,75 m
D. 17,05 m
E. 140,80 m

Pembahasan **Kunci: D**

Konsep: Panjang sebenarnya = panjang di gambar × angka skala. Bagian yang tidak tergambar ditambahkan, lalu cadangan dihitung dari panjang total.

Langkah:
1. 12,5 cm × 100 = 1.250 cm = 12,5 m.
2. Total = 12,5 + 3 = 15,5 m.
3. Dengan cadangan 10%: 15,5 × 1,1 = 17,05 m.

Analisis setiap opsi:
- **A.** ✗ Kabel turun 3 m tidak dihitung (12,5 × 1,1).
- **B.** ✗ Jebakan: cadangan 10% lupa ditambahkan.
- **C.** ✗ Jebakan: cadangan hanya dihitung dari bagian di atap (12,5 × 1,1 + 3).
- **D.** ✓ (12,5 + 3) × 1,1 = 17,05 m.
- **E.** ✗ Skala salah dikonversi: 12,5 cm dibaca 125 m, lalu (125 + 3) × 1,1.

Jawaban: D.

✎ LATIHAN

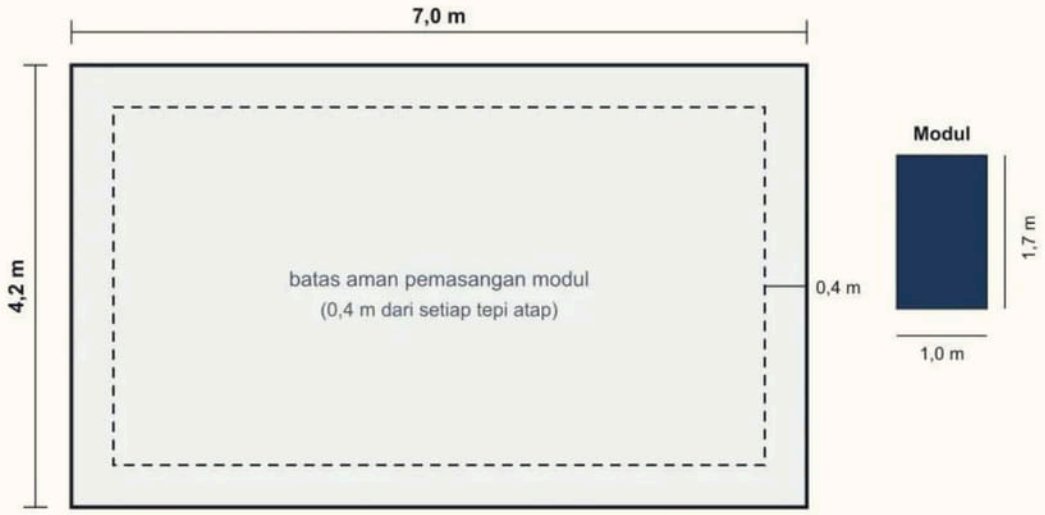
Kerjakan tanpa melihat kunci. Untuk setiap soal, tulis angka-angka dengan satuannya, hitung bidang pasang atau ukuran gambar lebih dulu, lalu periksa tiap pilihan terhadap hasilmu.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1. Yusuf diminta menggambar denah atap rumah pelanggan berukuran 8,4 m × 5,6 m untuk rencana tata letak modul (2027). Ia memakai kertas A4 mendatar; setelah dikurangi garis tepi dan kepala gambar, bidang gambar yang tersedia 267 mm × 180 mm. Pembimbing meminta memakai skala anjuran bengkel (1:20, 1:25, 1:50, 1:100, atau 1:200) dan memilih skala terbesar agar detail modul tetap jelas.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Skala yang paling tepat adalah ....

A. 1:50, karena denah menjadi 168 mm × 112 mm
B. 1:25, karena denah menjadi 336 mm × 224 mm
C. 1:100, karena denah menjadi 84 mm × 56 mm
D. 1:200, karena denah menjadi 42 mm × 28 mm
E. 1:20, karena denah menjadi 420 mm × 280 mm

2. Gambar menunjukkan denah atap datar sebuah toko dan ukuran modul yang akan dipasang (2027). Semua modul harus dipasang searah (semuanya tegak atau semuanya mendatar) di dalam batas aman, dan jarak antarmodul boleh diabaikan. Pemilik toko meminta jumlah modul sebanyak mungkin.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Jumlah modul terbanyak yang dapat dipasang adalah ....



A. 9 modul
B. 12 modul
C. 14 modul
D. 16 modul
E. 17 modul

Kunci singkat: 1. A 2. B

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

✔ PERIKSA DIRI

- Atap 12,0 m × 6,0 m digambar pada ruang gambar 300 × 200 mm. Dari skala 1:20, 1:50, 1:100, dan 1:200, skala mana yang terbesar yang masih muat? Tunjukkan hitungan lebar dan tingginya untuk setiap skala yang kamu coba.
- Mengapa jumlah modul pada atap tidak dapat dihitung dengan membagi luas bidang pasang dengan luas satu modul?
- **Yang harus kuingat:** bidang pasang = atap − 2 × batas aman; jumlah modul dihitung per baris dan kolom untuk tegak dan mendatar; skala terbesar yang muat di lebar dan tinggi; kabel = (ruas × n + bagian tak tergambar) × (1 + cadangan), dikali dua kutub.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 3.3: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktet&node=SMKTET-3.3

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 3.4 · Membaca gambar sistem instalasi dan simbol energi terbarukan

SMKTET-3.4

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu **membaca gambar sistem instalasi dan mengenali simbolnya**. Pada soal TKA SMK mapel ini, yang paling sering muncul adalah **diagram satu garis** PLTS (off-grid atau on-grid) lengkap dengan legendanya, gambar susunan modul, gambar potongan pembangkit mikrohidro, dan skema pembangkit lain. Kamu diminta menelusuri alur sambungan, menyebut fungsi tiap komponen, menjelaskan apa yang terjadi bila satu komponen terputus, atau menghitung tegangan dan arus susunan modul dari gambar.

Ciri khas soal ini adalah **semua jawaban ada di gambar**, tetapi hanya terbaca bila kamu telaten: mengikuti garis dari sumber sampai beban, membaca legenda, dan tidak mengandalkan ingatan tentang gambar lain. Pengecohnya biasanya satu komponen yang letaknya tertukar, satu terminal yang salah dibaca, atau satu perhitungan jumlah modul yang keliru.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan apa itu diagram satu garis dan cara membaca legendanya;
- mengenali simbol modul surya, sekring, sakelar pemisah, MCB, SPD, pembumian, pengendali pengisian, inverter, baterai, dan kWh meter;
- menelusuri alur dan fungsi komponen pada diagram PLTS off-grid dan on-grid;
- menghitung tegangan dan arus susunan modul seri dan paralel dari gambar;
- membaca gambar potongan PLTMH dan skema PLTB.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Pemasang PLTS tidak berangkat ke lapangan hanya dengan modul dan kabel. Ia membawa **gambar instalasi** yang memberi tahu komponen apa saja yang dipasang, dalam urutan apa, dan dengan pengaman apa. Gambar instalasi inilah yang dibaca oleh pemasang, pengawas, dan petugas yang memeriksa hasil kerja. Karena banyak orang membacanya, gambar memakai **simbol** yang disepakati, bukan gambar benda yang rumit. Sub bab ini mengajarkan cara membacanya.

1. Diagram satu garis

Diagram satu garis (*single line diagram*, SLD) adalah gambar yang menunjukkan hubungan listrik antar-komponen dengan **satu garis** untuk setiap jalur daya. Satu garis itu mewakili sepasang penghantar pada rangkaian arus searah (kutub positif dan negatif), atau seluruh

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

fasa pada rangkaian arus bolak-balik. Dengan cara ini gambar tetap ringkas walau instalasinya besar.

Aturan membaca diagram satu garis:

1. **Mulai dari sumber** (modul surya, generator) dan ikuti garis **sampai beban**. Arah energi umumnya dari kiri ke kanan.
2. **Setiap komponen punya simbol dan kode** (misalnya F1, Q1, INV). Kode itu dijelaskan pada **legenda**. Jangan menebak arti kode dari huruf pertamanya.
3. **Perhatikan titik percabangan** (titik tebal). Di sana satu jalur terbagi menjadi dua atau lebih, misalnya jalur baterai dan jalur inverter.
4. **Perhatikan letak pengaman** (sekring, MCB, SPD) terhadap komponen yang dilindungi.
5. **Diagram satu garis tidak menunjukkan ukuran atau letak fisik.** Jarak antar-gambar komponen tidak sama dengan jarak sebenarnya.

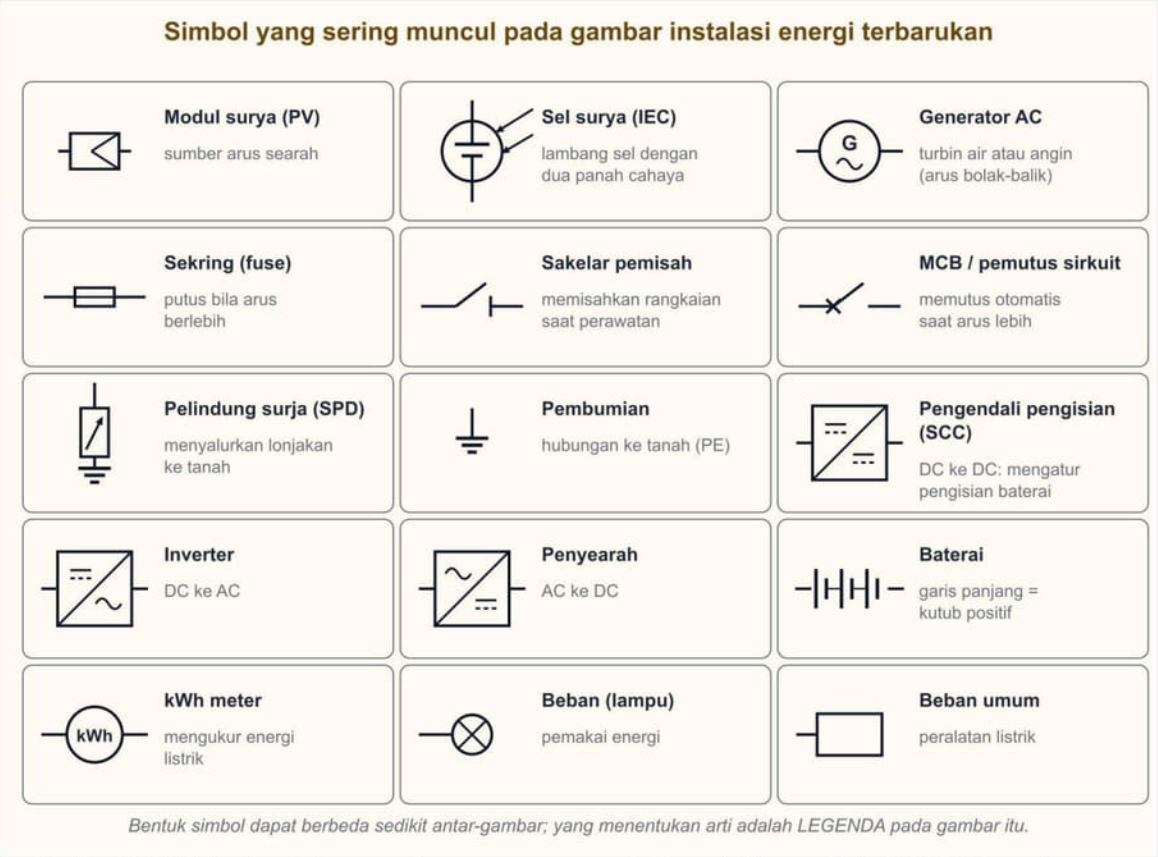
Persyaratan umum instalasi listrik di Indonesia mengacu pada PUIL (SNI 0225), dan simbol listrik pada gambar instalasi umumnya mengikuti standar internasional IEC 60617. Bentuk simbol bisa sedikit berbeda dari satu gambar ke gambar lain, dan produsen kadang menambahkan tanda sendiri. Karena itu **legenda selalu menjadi penentu arti**.

2. Simbol yang sering muncul

Gambar 3.20 merangkum simbol yang paling sering kamu temui pada gambar instalasi energi terbarukan. Pahami fungsi setiap komponen, karena soal biasanya menanyakan fungsinya, bukan sekadar bentuk simbolnya.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 3.20 Simbol modul surya, sel surya, generator, sekring, sakelar pemisah, MCB, SPD, pembumian, pengendali pengisian, inverter, penyearah, baterai, kWh meter, dan beban. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

- **Modul surya** (PV) adalah sumber arus searah. Pada simbol sel surya menurut IEC, ada dua panah masuk yang melambangkan cahaya.
- **Generator AC** dipakai pada PLTMH dan PLTB. Lingkaran bertanda G dengan gelombang (~) menunjukkan keluarannya arus bolak-balik.
- **Sekring** (*fuse*) berupa persegi panjang dengan garis di tengahnya. Sekring **putus** bila arus melebihi batas, sehingga kabel dan alat di belakangnya terlindung.
- **Sakelar pemisah** (*disconnector*) memisahkan rangkaian secara terlihat untuk perawatan. Bentuknya kontak dengan batang melintang. Sakelar pemisah dibuka dan ditutup menurut prosedur yang tertera pada alat, biasanya setelah beban dikurangi atau dimatikan.
- **MCB** (*miniature circuit breaker*) atau pemutus sirkuit adalah kontak bertanda silang. MCB **memutus otomatis** bila arus berlebih dan dapat dinyalakan kembali setelah masalahnya diatasi.
- **SPD** (*surge protective device*, pelindung surja) dipasang **cabang** ke pembumian. Fungsinya menyalurkan lonjakan tegangan (misalnya akibat sambaran petir di dekat bangunan) ke tanah agar tidak merusak inverter dan pengendali.
- **Pembumian** (*earth*, PE) adalah hubungan ke tanah, digambar tiga garis yang makin pendek. Rangka modul, rangka inverter, dan SPD dihubungkan ke pembumian.
- **Pengendali pengisian** (SCC) adalah konverter **DC ke DC**: persegi berdiagonal dengan

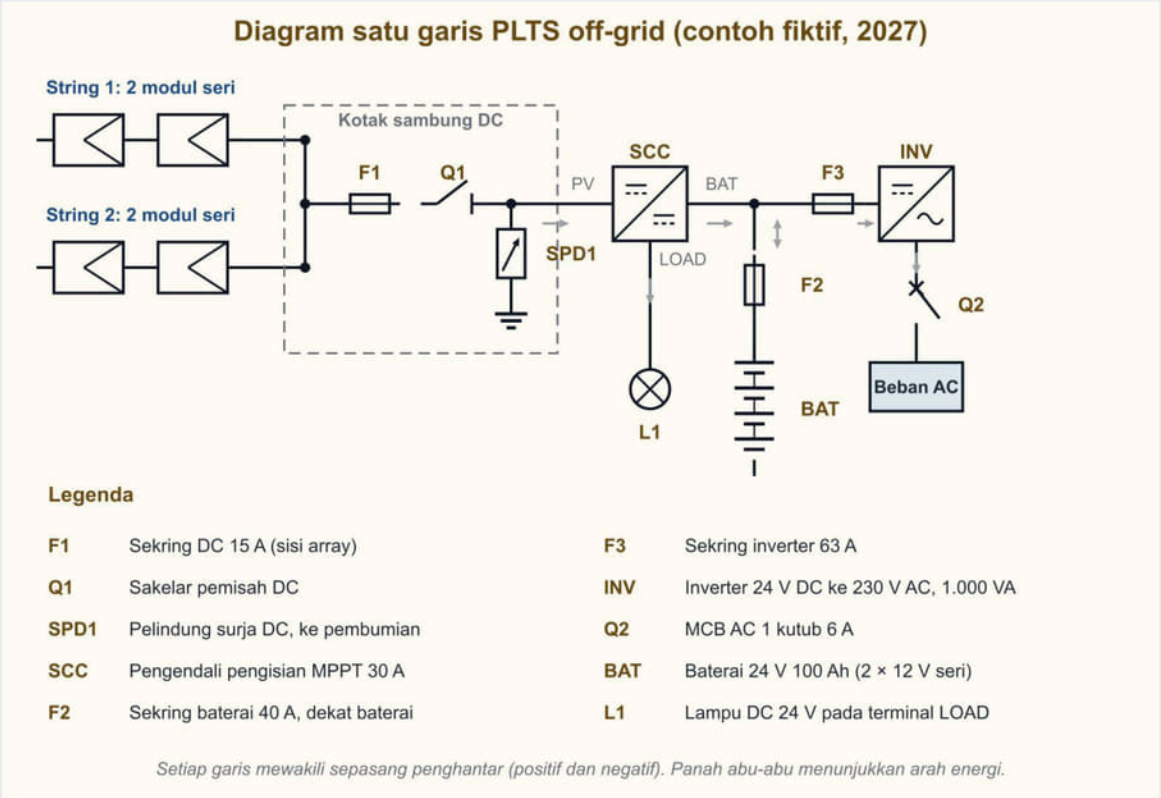
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

tanda arus searah di kedua sisi. Ia mengatur arus pengisian baterai.

- **Inverter** mengubah **DC menjadi AC**: persegi berdiagonal dengan tanda DC di satu sisi dan tanda gelombang (~) di sisi lain. **Penyearah** adalah kebalikannya, mengubah AC menjadi DC.
- **Baterai** digambar garis panjang dan pendek bergantian. Garis **panjang** adalah kutub **positif**.
- **kWh meter** mengukur energi listrik. Pada PLTS on-grid dipakai kWh meter **ekspor–impor** yang mencatat energi yang dikirim ke jaringan dan energi yang diambil dari jaringan.
- **Beban** digambar sebagai persegi panjang (umum) atau lingkaran bersilang (lampu).

3. Membaca diagram PLTS off-grid

PLTS off-grid tidak tersambung ke jaringan PLN. Energi dari modul disimpan di baterai dan dipakai kapan saja. Gambar 3.21 memperlihatkan diagram contoh: empat modul 100 Wp tersusun dua string, masing-masing dua modul seri; kedua string disambung paralel di kotak sambung. Ikuti garisnya dari kiri ke kanan.



Gambar 3.21 Diagram satu garis PLTS off-grid contoh: dua string, kotak sambung DC, SCC, baterai, inverter, dan dua jenis beban. Nama dan data adalah fiktif. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

1. **String 1 dan String 2** memberi arus searah. Dua modul seri dalam satu string menaikkan **tegangan**; dua string paralel menaikkan **arus**.
2. **Kotak sambung DC** menyatukan kedua string. Di dalamnya, jalur melewati **F1** (sekring), **Q1** (sakelar pemisah DC), dan cabang **SPD1** ke pembumian. Q1 dibuka bila array harus diputus dari sistem, misalnya saat perawatan. Namun array **tetap menghasilkan**

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

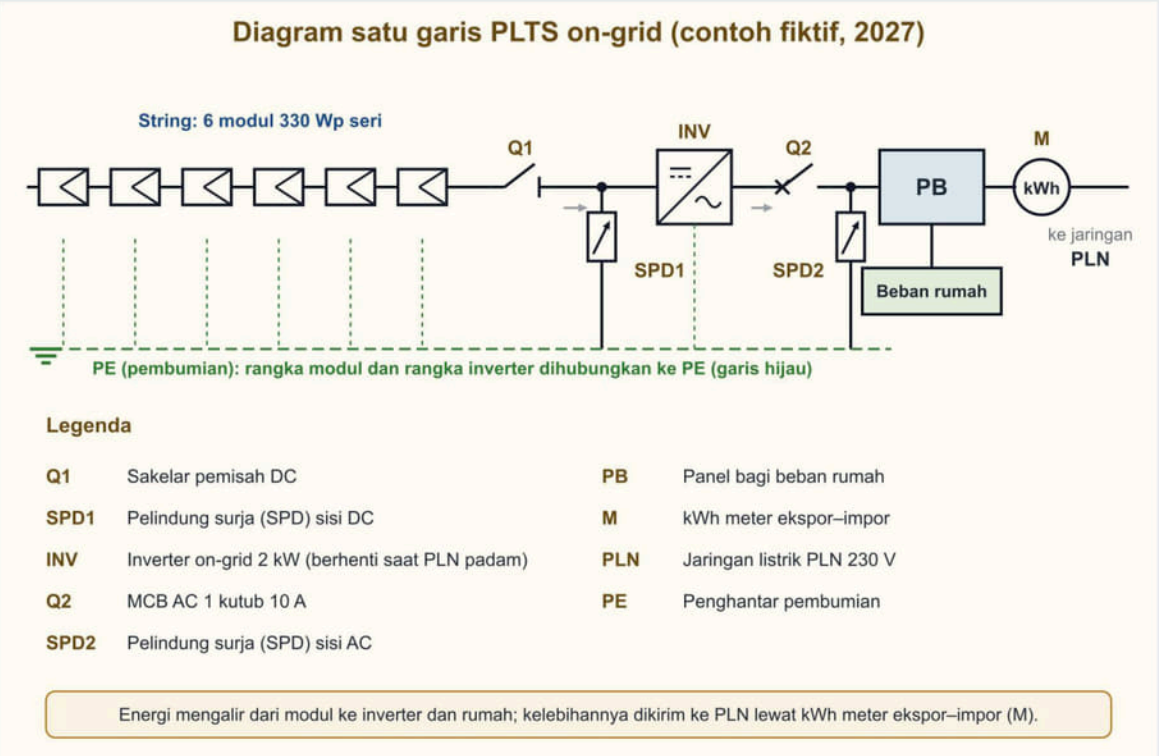
tegangan selama ada cahaya; membuka Q1 memutuskan jalurnya ke SCC, bukan memadamkan modul.

3. **SCC** menerima daya dari modul (terminal PV) dan mengisi baterai (terminal BAT). Terminal **LOAD** memberi daya ke beban DC (lampu L1) dan pada banyak SCC memutus beban itu bila tegangan baterai terlalu rendah, sehingga baterai tidak habis terkuras. Terminal LOAD bukan jalur pengisian.
4. **Titik percabangan** setelah SCC membagi jalur menjadi dua: cabang **baterai** (melalui **F2**, sekring baterai yang dipasang dekat baterai) dan cabang **inverter** (melalui **F3**).
5. **Inverter** mengubah DC 24 V menjadi AC 230 V. Dari inverter, jalur AC melewati **Q2** (MCB) lalu ke **Beban AC**.

Perhatikan bahwa **inverter mengambil daya dari jalur baterai** (titik percabangan), bukan dari terminal LOAD. Panah abu-abu pada gambar menunjukkan arah energi; pada cabang baterai panahnya dua arah karena baterai diisi saat siang dan memberi daya saat malam.

4. Membaca diagram PLTS on-grid

PLTS on-grid tersambung ke jaringan PLN dan **umumnya tanpa baterai**. Energi dipakai langsung oleh beban rumah, dan kelebihannya dikirim ke jaringan. Gambar 3.22 memperlihatkan diagram contoh: satu string berisi enam modul 330 Wp seri.



Gambar 3.22 Diagram satu garis PLTS on-grid contoh: string enam modul seri, sakelar pemisah DC, SPD, inverter, MCB AC, panel bagi, kWh meter ekspor–impor, dan pembumian. Nama dan data adalah fiktif. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

1. **String 6 modul seri** menghasilkan arus searah bertegangan tinggi.
2. **Q1** (sakelar pemisah DC) memisahkan array dari inverter.
3. **SPD1** melindungi sisi DC, dan **SPD2** melindungi sisi AC. Keduanya bercabang ke

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

pembumian (PE).

4. **INV** (inverter on-grid) mengubah DC menjadi AC yang **selaras dengan tegangan dan frekuensi jaringan**. Inverter on-grid **berhenti bekerja bila PLN padam**, sebagai pengaman bagi petugas yang mungkin memperbaiki jaringan (dibahas di sub bab 2.2).
5. **Q2** (MCB AC) melindungi kabel AC setelah inverter.
6. **PB** (panel bagi) membagi daya ke beban rumah, dan menyalurkan kelebihannya ke jaringan.
7. **M** (kWh meter ekspor–impor) berada di titik sambung ke jaringan, sehingga mencatat energi yang keluar maupun masuk.

Perbedaan utama dengan off-grid: **tidak ada baterai dan tidak ada SCC**, tetapi ada **kWh meter ekspor–impor** dan **jaringan PLN** sebagai ujung jalur. Garis **PE** hijau memperlihatkan bahwa rangka modul, rangka inverter, dan SPD dihubungkan ke pembumian.

5. Membaca susunan modul seri dan paralel dari gambar

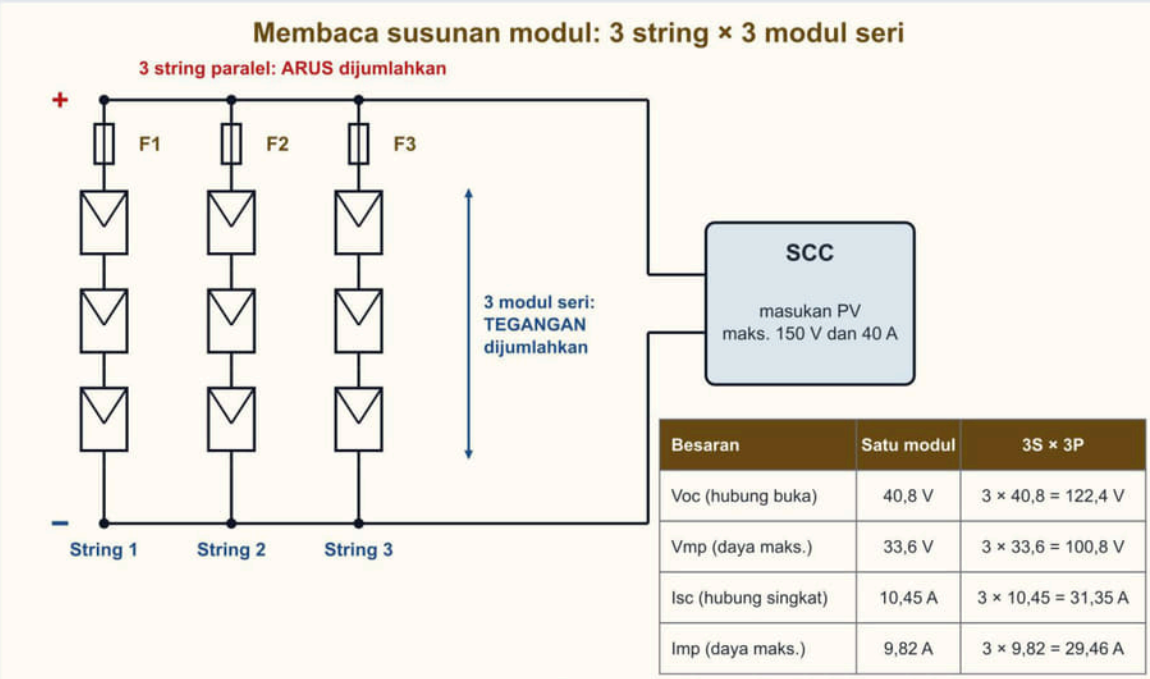
Pada gambar pengawatan, hubungan antar-modul menentukan tegangan dan arus. Aturannya:

- **Seri:** terminal positif satu modul disambung ke terminal negatif modul berikutnya. **Tegangan dijumlahkan, arus tetap sama.**
- **Paralel:** terminal positif disambung ke terminal positif dan negatif ke negatif. **Arus dijumlahkan, tegangan tetap sama.**

Sebuah susunan modul ditulis **S × P** (misalnya 3S × 3P: tiga modul seri dalam satu string dan tiga string paralel). Gambar 3.23 memperlihatkan susunan 3S × 3P dari sembilan modul 330 Wp yang masing-masing berdata Voc 40,8 V, Isc 10,45 A, Vmp 33,6 V, dan Imp 9,82 A. Setiap string diberi sekring sendiri (F1 sampai F3) sebelum bergabung di bus positif.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Besaran	Satu modul	3S × 3P
Voc (hubung buka)	40,8 V	3 × 40,8 = 122,4 V
Vmp (daya maks.)	33,6 V	3 × 33,6 = 100,8 V
Isc (hubung singkat)	10,45 A	3 × 10,45 = 31,35 A
Imp (daya maks.)	9,82 A	3 × 9,82 = 29,46 A

Gambar 3.23 Susunan sembilan modul: tiga string, masing-masing tiga modul seri, dihubungkan paralel ke SCC; tabel memuat nilai satu modul dan nilai susunan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Hitungannya: tegangan satu string = jumlah modul seri × tegangan satu modul. Arus susunan = jumlah string paralel × arus satu string. Jadi **Voc = 3 × 40,8 = 122,4 V**, **Vmp = 3 × 33,6 = 100,8 V**, **Isc = 3 × 10,45 = 31,35 A**, dan **Imp = 3 × 9,82 = 29,46 A**. Dua nilai berbeda dipakai untuk dua keperluan: **Voc dan Isc** (nilai maksimum, tanpa beban dan saat hubung singkat) dipakai untuk **memeriksa batas masukan** pengendali atau inverter, sedangkan **Vmp dan Imp** (nilai saat modul menghasilkan daya terbesar) dipakai untuk **daya kerja**: 100,8 × 29,46 ≈ 2.970 W, hampir sama dengan 9 × 330 = 2.970 Wp. Pada contoh, SCC punya batas masukan 150 V dan 40 A, jadi susunan itu aman: 122,4 V kurang dari 150 V dan 31,35 A kurang dari 40 A.

6. Membaca gambar potongan PLTMH

Gambar potongan menunjukkan bangunan seolah-olah dipotong dan dilihat dari samping. **Potongan memanjang** PLTMH memperlihatkan ketinggian tiap bagian, sehingga tinggi jatuh air dapat dibaca. Gambar 3.24 menunjukkan potongan memanjang yang disederhanakan (tidak berskala).

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 3.24 Potongan memanjang PLTMH skematik: bendung dan intake, saluran pembawa, bak pengendap, bak penenang, pipa pesat, rumah pembangkit, dan saluran buang, dengan ketinggian muka air dan sumbu turbin. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Bacalah mengikuti aliran air:

1. **Bendung dan intake** menaikkan muka air sungai dan menyadap sebagian air ke saluran.
2. **Saluran pembawa** mengalirkan air menuju bak penenang dengan landai, mengikuti kontur tanah.
3. **Bak pengendap** memperlambat air sehingga pasir dan lumpur mengendap. Tanpa bak ini, pasir ikut terbawa dan menggerus turbin.
4. **Bak penenang** (*forebay*) menenangkan air sebelum masuk pipa. Di sinilah muka air diukur sebagai titik teratas tinggi jatuh. Ada saringan agar sampah tidak masuk ke pipa.
5. **Pipa pesat** menghantar air dengan curam ke turbin dan harus kuat menahan tekanan.
6. **Rumah pembangkit** melindungi turbin dan generator.
7. **Saluran buang** mengembalikan air ke sungai.

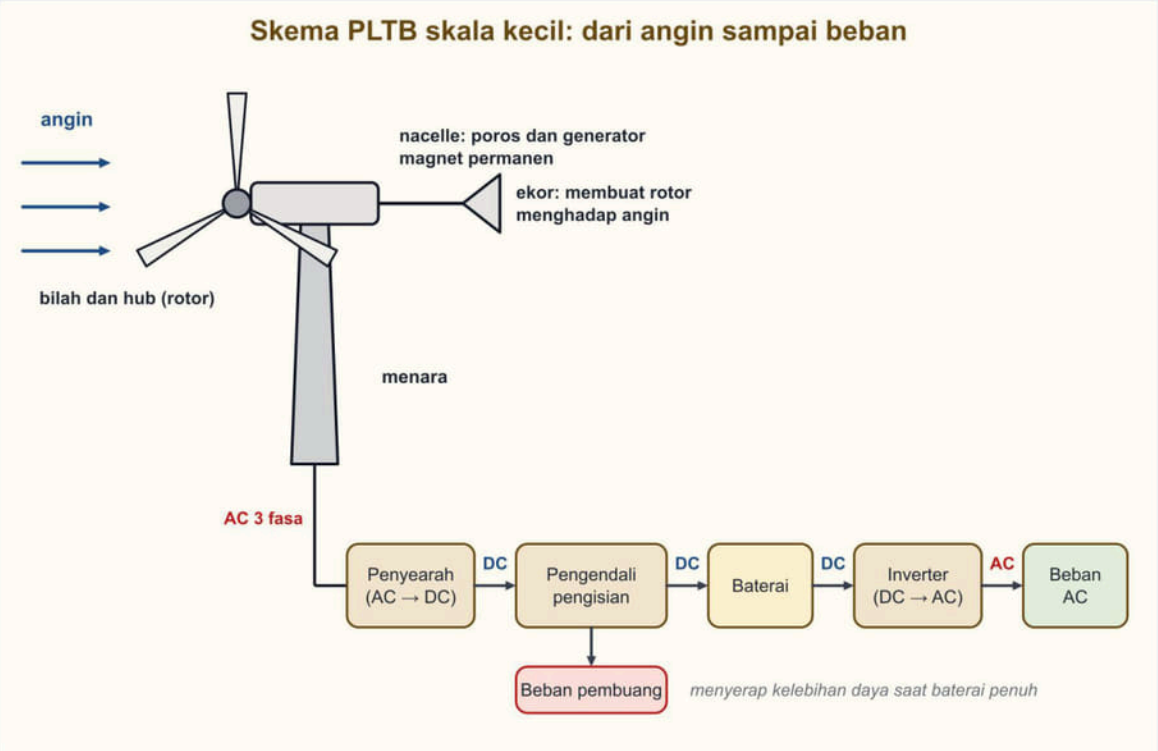
Tinggi jatuh kotor adalah beda ketinggian antara **muka air di bak penenang** dan **sumbu turbin**. Pada Gambar 3.24, muka air El. +472,0 m dan sumbu turbin El. +452,5 m, sehingga tinggi jatuh kotor = 472,0 − 452,5 = **19,5 m**. Tulisan "El." berarti elevasi, yaitu ketinggian di atas permukaan acuan (misalnya permukaan laut). Tinggi jatuh menentukan daya pembangkit; penghitungannya dibahas di sub bab 4.2.

7. Membaca skema PLTB

PLTB (pembangkit listrik tenaga bayu, tenaga angin) skala kecil bekerja sebagai berikut (Gambar 3.25). **Bilah dan hub** (rotor) berputar oleh angin. **Nacelle** di puncak menara memuat poros dan generator magnet permanen yang menghasilkan arus bolak-balik. **Ekor** membuat rotor selalu menghadap angin. Kabel turun melalui menara ke **penyearah** yang mengubah AC menjadi DC, lalu ke **pengendali pengisian** yang mengatur pengisian **baterai**. **Inverter** mengubah DC baterai menjadi AC untuk beban. Bila baterai penuh dan angin masih kuat, kelebihan daya dialihkan ke **beban pembuang**.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 3.25 Skema PLTB skala kecil: rotor, nacelle, ekor, menara, penyearah, pengendali pengisian, baterai, inverter, beban, dan beban pembuang. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Perhatikan jenis arus pada tiap segmen: **AC** dari generator ke penyearah, **DC** dari penyearah sampai inverter, dan **AC** lagi dari inverter ke beban. Generator angin tidak bisa langsung mengisi baterai karena keluarannya AC dan tegangannya berubah-ubah mengikuti kecepatan angin.

Ringkasan bagian ini. Diagram satu garis: satu garis = sepasang penghantar; ikuti dari sumber ke beban; legenda menentukan arti. Simbol: sekring, pemisah, MCB, SPD (cabang ke PE), SCC (DC ke DC), inverter (DC ke AC), baterai (garis panjang = positif), kWh meter. Off-grid: modul → SCC → baterai dan inverter → beban; terminal LOAD untuk beban DC. On-grid: modul → inverter → panel bagi → kWh meter ekspor–impor → PLN; tanpa baterai. Seri: tegangan dijumlah; paralel: arus dijumlah; Voc dan Isc untuk batas, Vmp dan Imp untuk daya. PLTMH: tinggi jatuh kotor = muka air bak penenang − sumbu turbin.

Contoh 1 — Menelusuri alur dan fungsi komponen pada diagram off-grid

Pada Maret 2027, Bu Lestari, pengelola sebuah posyandu desa di Kabupaten Pangkep, menerima gambar instalasi PLTS off-grid seperti pada Gambar 3.21. Ia ingin tahu tiga hal: (a) apa yang tetap berfungsi bila Q1 dibuka pada siang hari; (b) apa yang mati bila sekring F3 putus; dan (c) mengapa lampu L1 disambung ke terminal LOAD SCC, bukan langsung ke baterai. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. **Telusuri (a).** Q1 berada di kotak sambung, di antara array dan SCC. Bila Q1 dibuka, **jalur modul ke SCC terputus**, sehingga baterai tidak lagi terisi. Baterai, inverter, dan kedua beban tetap berfungsi karena mengambil daya dari baterai. Modul sendiri tetap menghasilkan tegangan selama ada cahaya, jadi bagian di sisi modul tidak boleh

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

dianggap aman hanya karena Q1 terbuka.

2. **Telusuri (b).** F3 berada di antara titik percabangan baterai dan inverter. Bila F3 putus, **inverter kehilangan daya**, sehingga **Beban AC mati**. Lampu DC L1 (dari terminal LOAD) dan pengisian baterai tetap berjalan.
3. **Telusuri (c).** Terminal LOAD mengatur beban DC dan pada banyak SCC memutusnya bila tegangan baterai turun terlalu rendah, sehingga baterai tidak terkuras habis. Bila lampu disambung langsung ke baterai, pelindung pengosongan berlebih itu hilang.

Jawaban: (a) pengisian baterai berhenti, beban tetap menyala dari baterai; (b) Beban AC mati, lampu DC tetap menyala; (c) agar baterai terlindung dari pengosongan berlebih oleh SCC.

Contoh 2 — Menghitung tegangan dan arus susunan dari gambar

Pada Mei 2027, Yoga, siswa PKL di sebuah bengkel PLTS di Kota Singkawang, memeriksa gambar pengawatan sembilan modul seperti Gambar 3.23. Data satu modul: Voc 40,8 V, Isc 10,45 A, Vmp 33,6 V, Imp 9,82 A. Batas masukan SCC 150 V dan 40 A. Yoga diminta menentukan (a) Voc dan Isc susunan, (b) Vmp dan Imp susunan, (c) apakah susunan aman bagi SCC, dan (d) arus susunan bila konektor antar-modul pada string 3 terlepas. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. **Baca susunan:** tiga modul sebaris dihubungkan seri (satu string), dan tiga string dihubungkan paralel. Jadi susunannya 3S × 3P.
2. **(a)** Voc = 3 × 40,8 = **122,4 V**; Isc = 3 × 10,45 = **31,35 A**.
3. **(b)** Vmp = 3 × 33,6 = **100,8 V**; Imp = 3 × 9,82 = **29,46 A**. Daya kerja = 100,8 × 29,46 ≈ 2.970 W.
4. **(c)** Batas tegangan diperiksa dengan Voc: 122,4 V < 150 V. Batas arus diperiksa dengan Isc: 31,35 A < 40 A. **Aman.**
5. **(d)** Bila satu string terputus, tinggal dua string yang bekerja: Isc = 2 × 10,45 = **20,9 A** dan Imp = 2 × 9,82 = **19,64 A**; tegangan tiap string tetap 122,4 V (Voc) atau 100,8 V (Vmp).
6. **Periksa kesalahan umum:** menganggap sembilan modul seri memberi 9 × 40,8 = 367,2 V (jauh melebihi 150 V), atau semua paralel memberi 9 × 10,45 = 94,05 A.

Jawaban: (a) 122,4 V dan 31,35 A; (b) 100,8 V dan 29,46 A; (c) aman; (d) 20,9 A (Isc) dan 19,64 A (Imp) dengan tegangan tidak berubah.

Contoh 3 — Membaca potongan PLTMH

Pada Agustus 2027, Dedi, teknisi sebuah koperasi desa di Kabupaten Tana Toraja, membaca gambar potongan memanjang PLTMH seperti Gambar 3.24. Dari gambar ia ingin menjawab: (a) berapa tinggi jatuh kotor; (b) bagian mana yang mencegah pasir masuk ke pipa; dan (c) urutan aliran air dari sungai sampai kembali ke sungai. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. **(a)** Muka air bak penenang El. +472,0 m dan sumbu turbin El. +452,5 m. Tinggi jatuh kotor = 472,0 − 452,5 = **19,5 m**.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. **(b)** Pasir diendapkan di **bak pengendap**, yang terletak di saluran pembawa sebelum bak penenang. Saringan di bak penenang menahan sampah, bukan pasir halus.
3. **(c)** Urutan: sungai → bendung dan intake → saluran pembawa → bak pengendap → bak penenang → pipa pesat → turbin dan generator di rumah pembangkit → saluran buang → sungai.

Jawaban: (a) 19,5 m; (b) bak pengendap; (c) seperti urutan di atas. Ingat bahwa gambar potongan ini skematik: panjang pipa dan jarak antar-bagian tidak boleh diukur dengan penggaris dari gambar.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

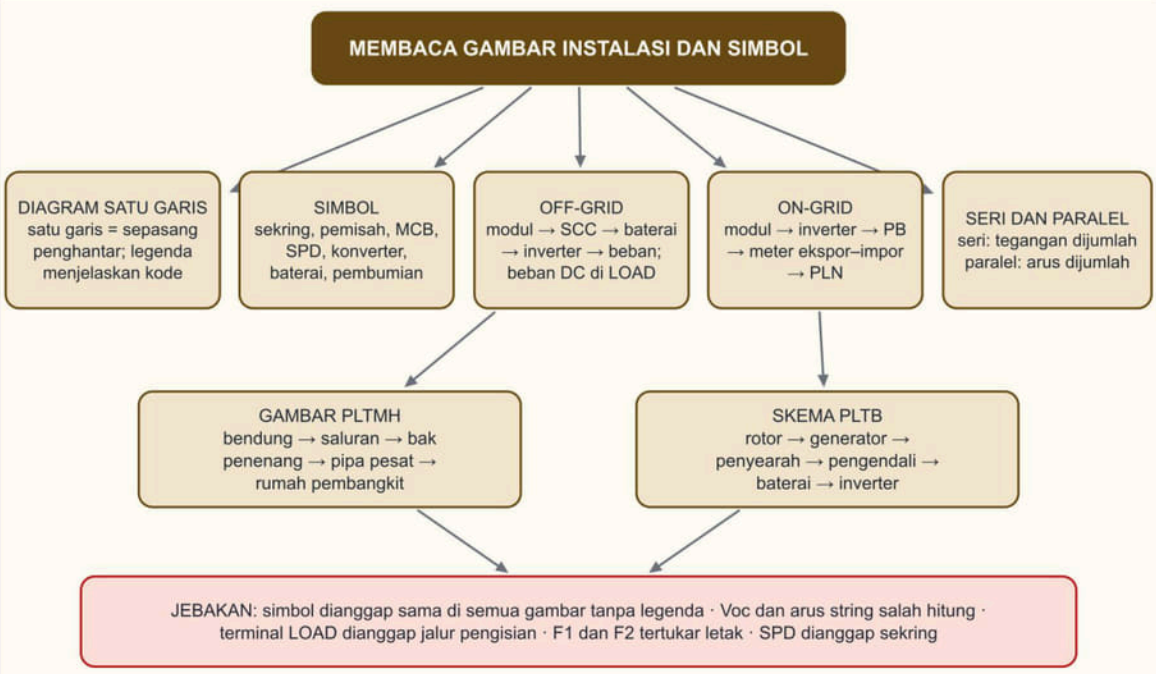
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- **Diagram satu garis:** satu garis = sepasang penghantar; ikuti dari sumber ke beban; **legenda** menentukan arti kode dan simbol.
- **Simbol:** sekring (persegi panjang bergaris tengah), sakelar pemisah, MCB (tanda silang), SPD (cabang ke pembumian), SCC (DC ke DC), inverter (DC ke AC), baterai (garis panjang = positif), kWh meter.
- **Off-grid:** modul → SCC → baterai dan inverter → beban; terminal **LOAD** untuk beban DC dengan pelindung pengosongan; inverter mengambil daya dari jalur baterai.
- **On-grid:** modul → inverter → panel bagi → kWh meter ekspor–impor → PLN; tanpa baterai; inverter berhenti bila PLN padam.
- **Seri dan paralel:** seri menjumlah tegangan, paralel menjumlah arus; Voc dan Isc untuk batas masukan, Vmp dan Imp untuk daya kerja.
- **PLTMH:** sungai → intake → saluran → bak pengendap → bak penenang → pipa pesat → turbin → saluran buang; tinggi jatuh kotor = muka air bak penenang – sumbu turbin.
- **PLTB:** rotor → generator (AC) → penyearah → pengendali → baterai → inverter → beban.

Gambar 3.26 merangkum hubungan antarkonsep itu.



Gambar 3.26 Peta konsep membaca gambar sistem instalasi dan simbol: diagram satu garis, simbol, off-grid, on-grid, seri–paralel, PLTMH, PLTB, dan jebakan khas. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal gambar instalasi:

1. **Baca legenda dulu,** lalu cari setiap kode pada gambar.
2. **Telusuri dari sumber ke beban,** tandai titik percabangan, dan catat komponen di tiap jalur.
3. **Untuk pertanyaan "apa yang terjadi bila X putus",** tentukan komponen mana yang berada **hilir** (sesudah) X pada jalur itu; hanya itu yang kehilangan daya.
4. **Untuk susunan modul,** tulis dulu S dan P dari gambar, lalu hitung tegangan dengan jumlah seri dan arus dengan jumlah paralel. Pilih Voc atau Vmp menurut pertanyaan.
5. **Periksa pernyataan** terhadap gambar: letak sekring, asal jalur beban, jumlah modul per string.

Jebakan khas pada soal ini:

- **Simbol dianggap sama di semua gambar** tanpa membaca legenda.
- **Voc dan arus string salah hitung:** semua modul dijumlah sebagai seri, atau jumlah string tidak dihitung.
- **Terminal LOAD SCC dianggap cabang pengisian,** atau inverter dianggap mengambil daya dari terminal LOAD.
- **Sekring pada dua tempat tertukar** (misalnya sekring string dengan sekring baterai).
- **SPD dianggap sekring,** padahal SPD adalah cabang ke pembumian.
- **PLTS on-grid dianggap tetap menyala saat PLN padam,** atau dianggap memakai baterai.
- **Gambar potongan diukur dengan penggaris,** padahal skematik.

● BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut meminta kamu membaca skema PLTS on-grid dan legendanya, lalu menilai pernyataan tentang letak komponen dan fungsinya. Bedah dengan urutan: baca legenda, telusuri alur dari string sampai jaringan, tandai sisi DC dan sisi AC dengan inverter sebagai pembatas, lalu cocokkan tiap pernyataan.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

►. Skema rencana PLTS on-grid rumah makan (2027) dituliskan sebagai alur berurutan: String modul → F1 → Q1 → INV → Q2 → F2 → panel rumah makan → M → jaringan PLN. Legendanya sebagai berikut.

Kode	Keterangan
F1	Pelindung surja (SPD) DC 1.000 V
Q1	Sakelar pemisah DC 1.000 V 32 A
INV	Inverter on-grid 5 kW
Q2	MCB AC 2 kutub 32 A
F2	Pelindung surja (SPD) AC 275 V
M	kWh meter ekspor-impor

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)

Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Q1 berada di sisi DC sehingga dibuka untuk memisahkan string dari inverter saat perawatan.	○	○
F2 melindungi kabel string modul di atap dari tegangan lebih akibat sambaran petir.	○	○
Meter M dapat mencatat energi yang dikirim ke jaringan PLN karena terletak di antara panel dan jaringan.	○	○

Pembahasan **Kunci: 1B 2S 3B**

Konsep: Membaca gambar instalasi: alur menunjukkan urutan sambungan; legenda menjelaskan kode. Komponen sebelum inverter berada di sisi DC, sesudahnya di sisi AC. SPD dipasang di kedua sisi; kWh meter ekspor-impor berada di titik sambung ke jaringan.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1 → Benar.** Q1 terletak antara string (DC) dan inverter.

• **Pernyataan 2 → Salah.** Jebakan: F2 adalah SPD AC yang terletak setelah inverter; pelindung sisi string adalah F1.

• **Pernyataan 3 → Benar.** kWh meter ekspor-impor di titik sambung dengan jaringan mencatat energi masuk dan keluar.

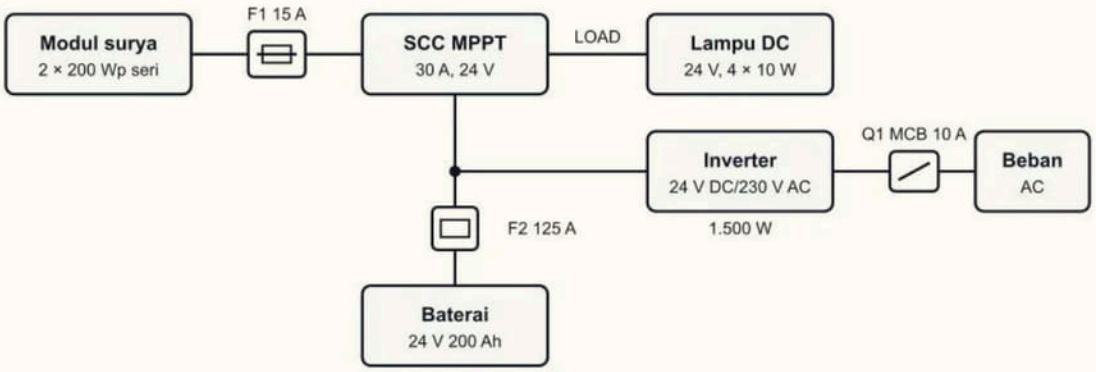
Jawaban: Benar, Salah, Benar.

✎ LATIHAN

Kerjakan tanpa melihat kunci. Untuk setiap soal, baca legenda atau keterangan gambar dulu, lalu telusuri alur sebelum menilai pernyataan.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1. Wahyu menerima diagram satu garis PLTS off-grid untuk balai pertemuan kelompok tani seperti pada gambar (2027). Sebelum memasang, ia memeriksa alur sambungan dan pengaman pada diagram, sekaligus menyusun langkah perawatan baterai.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pernyataan yang sesuai dengan diagram tersebut adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)



Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Sekring F1 terpasang di antara baterai dan inverter sehingga melindungi kabel inverter dari arus lebih.

☐ B. Inverter mengambil daya dari jalur baterai melalui sekring F2, bukan dari terminal LOAD SCC.

☐ C. Tegangan masukan SCC sekitar sama dengan tegangan satu modul karena modul dipasang paralel.

☐ D. Lampu DC terlindung dari pengosongan baterai berlebih karena tersambung ke terminal LOAD SCC.

☐ E. Arus pengisian dari SCC ke baterai melewati sekring F2.

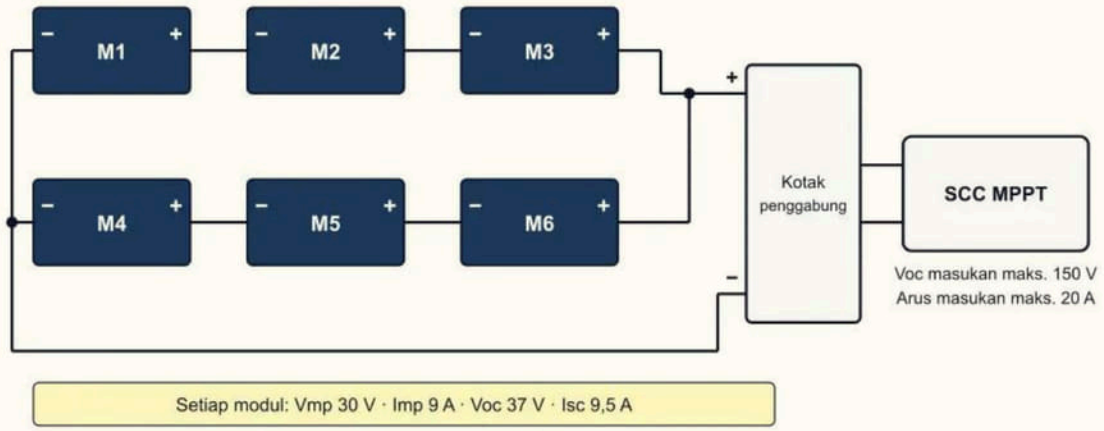
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. Gambar menunjukkan pengawatan enam modul surya ke SCC pada PLTS kandang ayam milik Pak Imam (2027), lengkap dengan data modul dan batas masukan SCC. Sebelum menyalakan sistem, siswa PKL diminta memeriksa susunan modul dan kesesuaiannya dengan SCC.

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)

Pernyataan yang tepat berdasarkan gambar adalah ....

(Jawaban benar lebih dari satu.)



Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Tegangan rangkaian terbuka masukan SCC sekitar 222 V sehingga melebihi batas SCC.

☐ B. Pada daya maksimum, tegangan masukan SCC sekitar 90 V.

☐ C. Pada daya maksimum, arus masukan SCC sekitar 18 A.

☐ D. Bila konektor antara M5 dan M6 terlepas, string M1–M3 tetap mengalirkan arus ke SCC.

☐ E. Menambah satu string lagi berisi tiga modul yang sama masih di bawah batas arus SCC.

Kunci singkat: 1. B, D, E 2. B, C, D

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

✔ PERIKSA DIRI

- Pada Gambar 3.21, inverter terhubung ke titik percabangan setelah SCC, bukan ke terminal LOAD. Apa akibatnya bagi beban AC bila SCC rusak dan terminal LOAD tidak berfungsi?
- Empat modul masing-masing Voc 21,6 V dan Isc 5,95 A dihubungkan 2S × 2P. Berapa Voc dan Isc susunannya?
- **Yang harus kuingat:** baca legenda, ikuti garis dari sumber ke beban, seri menjumlah tegangan dan paralel menjumlah arus, Voc dan Isc untuk batas masukan, tinggi jatuh kotor = muka air bak penenang − sumbu turbin.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 3.4: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktet&node=SMKTET-3.4

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Kuis Akhir Bab 3

SMKTET-KB3

Jumlah soal: 25 **Waktu anjuran:** 60 menit

Kerjakan sendiri dan berwaktu. Setelah selesai, cocokkan dengan kunci di Bagian D, isi tabel skor, lalu lihat anjuran di bawahnya.

Kerjakan Kuis Bab 3 di LMS

Skor dan progresmu tersimpan di LMS.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktet&node=SMKTET-KB3

1. Ayu menggambar denah rumah pembangkit mikrohidro pada kertas A3 secara manual (2027). Ia memiliki penggaris T, segitiga, jangka, mal lingkaran berdiameter 2–30 mm, mal lengkung, dan mal huruf. Pekerjaannya:

Kode	Pekerjaan
P	18 lingkaran penanda baut, diameter 6 mm, semuanya harus sama
Q	1 lingkaran roda turbin, diameter 140 mm
R	1 garis tepi saluran buang yang berbelok landai dan bukan bagian lingkaran
S	10 garis dinding tegak lurus terhadap garis dinding mendatar

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)

Pasangan pekerjaan dan alat yang paling tepat adalah ....

A. P mal lingkaran 6 mm; Q jangka dibuka 70 mm; R mal lengkung; S segitiga di atas bilah penggaris T

B. P jangka dibuka 3 mm; Q jangka dibuka 140 mm; R mal lengkung; S segitiga di atas bilah penggaris T

C. P mal lingkaran 6 mm; Q jangka dibuka 140 mm; R mal lingkaran; S segitiga di atas bilah penggaris T

D. P mal lingkaran 6 mm; Q jangka dibuka 70 mm; R penggaris T; S segitiga ditempelkan pada tepi meja

E. P jangka dibuka 3 mm; Q jangka dibuka 70 mm; R mal lengkung; S segitiga ditempelkan pada tepi meja

2. Farhan, siswa PKL di bengkel PLTS, menggambar tampak samping rangka dudukan modul secara manual di meja gambar (2027). Garis miring rangka harus membentuk sudut 15° terhadap garis mendatar. Peralatan yang ada: penggaris T, satu segitiga 45°–45°–90°, dan satu segitiga 30°–60°–90°. Busur derajat sedang dipinjam orang lain.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Cara yang paling tepat untuk menarik garis miring 15° adalah ....

A. Menarik garis di sisi miring segitiga 30°–60°–90° yang sudut 30°-nya berada pada bilah penggaris T
B. Menyusun segitiga 45° dan segitiga 30°–60° pada bilah penggaris T sehingga kedua sudutnya dijumlahkan
C. Menyusun dua segitiga 45° pada bilah penggaris T lalu menarik garis di sisi miring keduanya
D. Menyusun segitiga 45° dan segitiga 30°–60° pada bilah penggaris T sehingga sudutnya dikurangkan
E. Menarik garis di sisi miring segitiga 45° lalu menggesernya sedikit sampai kemiringannya tampak 15°

3. Vina, siswa kelas XI SMK, baru mulai menggambar denah instalasi surya secara manual di meja gambar (2027). Pembimbing mencatat lima kebiasaan Vina dan memintanya menilai mana yang sudah benar.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Kebiasaan yang sudah benar adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Garis tepi benda ditarik dengan mistar skala karena tepinya lurus dan sudah bertanda ukuran.
☐ B. Kertas disejajarkan dengan bilah penggaris T lebih dulu, lalu ditahan selotip kertas di empat sudut.
☐ C. Garis tegak ditarik di sisi segitiga yang alasnya bertumpu pada bilah penggaris T.
☐ D. Garis tegak ditarik dengan menempelkan segitiga pada tepi samping meja karena tepi meja pasti siku.
☐ E. Sisa penghapus disapu dengan kuas pembersih agar minyak dari tangan tidak berpindah ke gambar.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

4. Ilham, siswa PKL di konsultan PLTS kecil (2027), membuat gambar akhir denah PLTS sebuah sekolah. Gambar itu akan digandakan menjadi 10 salinan dengan mesin cetak gambar yang menyinari gambar dengan cahaya, sehingga gambar tidak perlu dibuat ulang. Ilham harus memilih media gambar.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Media yang paling tepat adalah ....

A. Kertas gambar putih agak tebal, karena tidak mudah sobek ketika garis dihapus
B. Kertas milimeter berpetak, karena petaknya membantu menarik garis sejajar dan mengukur
C. Kertas HVS biasa, karena murah dan mudah dijilid bersama dokumen proyek lainnya
D. Karton manila tebal, karena kaku sehingga gambar tidak mudah terlipat saat dikirim
E. Kertas kalkir, karena tembus cahaya sehingga gambarnya dapat disinari dan digandakan

5. Zahra, siswa PKL di bengkel PLTS (2027), menggambar detail konektor kabel DC dengan skala 5:1 supaya bagian kecilnya terbaca jelas. Pada gambar, panjang konektor terukur 90 mm. Pembimbing meminta ukuran sebenarnya ditulis pada daftar bahan dalam satuan sentimeter.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Panjang sebenarnya konektor yang harus ditulis adalah ....

A. 0,18 cm
B. 1,8 cm
C. 9 cm
D. 18 cm
E. 45 cm

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

6. Konsultan di luar negeri mengirim gambar tiga pandangan sebuah pelat dudukan pengendali pengisian ke bengkel Ridwan (2027). Etiket tidak mencantumkan simbol proyeksi dan pandangan tidak diberi nama. Pada lembar gambar, satu pandangan berada tepat di bawah pandangan depan dan satu pandangan lain berada di sebelah kanan pandangan depan. Bengkel Ridwan terbiasa dengan proyeksi sudut ketiga (Amerika), dan lubang besar pada pandangan di bawah pandangan depan ia kerjakan pada sisi bawah pelat, padahal gambar dibuat dengan proyeksi Eropa (sudut pertama).
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pernyataan yang sesuai dengan kasus tersebut adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Pada proyeksi Eropa, pandangan di bawah pandangan depan adalah pandangan atas, sehingga lubang itu seharusnya di sisi atas pelat.

☐ B. Pandangan di sebelah kanan pandangan depan pada proyeksi Eropa adalah pandangan samping kanan.

☐ C. Letak pandangan pada lembar sudah cukup bagi tukang untuk mengetahui sistem proyeksi tanpa simbol atau nama pandangan.

☐ D. Pada proyeksi Amerika, pandangan di bawah pandangan depan adalah pandangan bawah, sehingga bengkel membaca lubang itu di sisi bawah.

☐ E. Simbol proyeksi pada etiket, atau nama pada setiap pandangan, mencegah salah tafsir seperti ini.

7. Lutfi menerima gambar kerja dudukan bank baterai dari konsultan PLTS (2027). Etiket gambar berisi:

Bagian etiket	Isi
Judul	Dudukan bank baterai
Skala	1:5
Satuan ukuran	cm
Ukuran panjang dudukan	86 (pada garis ukur)
Kertas	A3

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Panjang sebenarnya dudukan dan panjang garis ukur tersebut pada kertas adalah ....

A. 86 mm dan 17,2 mm
B. 86 cm dan 17,2 mm
C. 86 cm dan 172 mm
D. 430 cm dan 86 cm
E. 860 cm dan 172 mm

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

8. Taufik menggambar denah atap sekolah untuk rencana PLTS secara manual (2027). Ia menulis empat langkah dengan urutan acak: (P) menebalkan garis tepi atap dan modul dengan pensil HB; (Q) menarik kerangka denah dengan garis tipis pensil 2H; (R) memilih skala dan ukuran kertas berdasarkan ukuran atap; (S) memeriksa bentuk dan ukuran kerangka terhadap data ukuran atap.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Urutan langkah yang benar adalah ....

A. Q – R – S – P
B. R – Q – P – S
C. R – S – Q – P
D. R – Q – S – P
E. Q – S – R – P

9. Sulaiman menggambar tampak depan tiang dudukan turbin angin kecil pada kertas A3 (2027). Pembimbing memeriksa jenis dan tebal garis yang ia pakai. Arman menarik garis bantu ukuran dengan pena yang sama tebal dengan garis tepi; memakai pena 0,7 mm untuk garis tepi dan pena 0,35 mm untuk garis ukur; serta menggambar garis sumbu tiang dengan garis putus-putus yang sama dengan garis tepi tersembunyi.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Garis bantu ukuran sebaiknya tebal menerus seperti garis tepi benda agar jelas terbaca dari garis ukur.	○	○
Pasangan pena 0,7 mm untuk garis tepi dan 0,35 mm untuk garis ukur sah karena perbandingan tebalnya 2 : 1 dan keduanya termasuk deret standar.	○	○
Garis sumbu tiang boleh digambar putus-putus biasa karena fungsinya sama dengan garis tepi tersembunyi.	○	○

10. Gambar kerja tampak samping dudukan modul di atap sekolah (2027) memberi ukuran: tinggi kaki depan 500 mm, tinggi kaki belakang 1.100 mm, dan jarak mendatar antarkaki 800 mm. Eka akan memotong satu pipa rusuk atas yang menghubungkan puncak kaki depan dan puncak kaki belakang, diukur sepanjang sumbu pipa tanpa sambungan.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Panjang pipa rusuk atas yang harus dipotong adalah ....

A. 800 mm
B. 1.000 mm
C. 1.100 mm
D. 1.300 mm
E. 1.400 mm

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

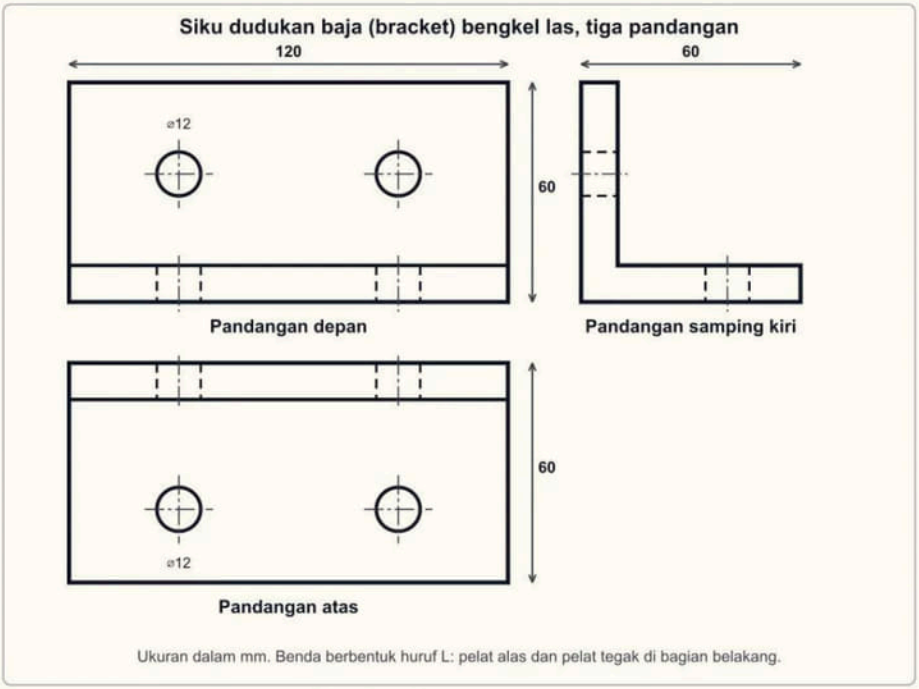
11. Melati, siswa PKL di toko percetakan gambar (2027), menerima gambar denah PLTS kantor desa berukuran A2 (420 mm × 594 mm). Mesin cetak milik pelanggan hanya mencetak kertas A4 (210 mm × 297 mm). Gambar akan dipecah menjadi potongan sebesar A4 tanpa mengubah skala dan tanpa bagian yang tumpang tindih.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Banyak lembar A4 yang diperlukan adalah ....

A. 2 lembar
B. 3 lembar
C. 4 lembar
D. 6 lembar
E. 8 lembar

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

12. Gambar menunjukkan tiga pandangan sebuah siku dudukan baja (bentuk huruf L) yang akan dibuat bengkel las untuk rangka PLTS pompa air (2027). Gita, siswa PKL, diminta menafsirkan gambar sebelum menandai lubang yang akan dibor.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pernyataan yang sesuai dengan gambar adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)



Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Dua lingkaran pada pandangan depan adalah lubang pada pelat tegak yang tembus dari depan ke belakang.

☐ B. Garis putus-putus pendek di bagian bawah pandangan depan adalah garis sumbu lubang pada pelat alas.

☐ C. Susunan tiga pandangan itu mengikuti proyeksi Eropa (sudut pertama) karena pandangan atas di bawah pandangan depan.

☐ D. Garis putus-putus tegak pada pandangan samping kiri adalah lubang pelat alas yang tidak terlihat dari samping.

☐ E. Dua lingkaran pada pandangan atas adalah lubang pada pelat tegak yang tembus dari depan ke belakang.

13. Putri, siswa PKL di konsultan PLTS (2027), menggambar denah titik lampu jalan di kertas A3. Pembimbing menemukan tiga cacat: (1) semua garis mendatar saling sejajar, tetapi miring terhadap tepi bawah kertas; (2) 25 lingkaran titik lampu yang direncanakan berdiameter 8 mm ternyata bergaris tengah antara 7,6 mm dan 8,4 mm; (3) garis tepi bangunan tampak abu-abu tipis, tidak setegas garis lain. Fakta: kepala penggaris T selalu rapat pada tepi meja; kertas hanya ditahan selotip kertas; Putri membuat setiap lingkaran dengan jangka yang bukaannya disetel ulang untuk tiap lingkaran; semua garis, termasuk garis tepi, ia tarik dengan pensil 2H.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Perbaikan yang paling tepat untuk ketiga cacat tersebut adalah ....

A. Merapatkan kepala penggaris T ke tepi meja; memakai mal lingkaran 8 mm; menebalkan garis tepi dengan pensil HB
B. Mensejajarkan sisi bawah kertas dengan bilah; mempertajam jarum jangka dan tetap memakai jangka; menebalkan garis tepi dengan HB
C. Mensejajarkan sisi bawah kertas dengan bilah sebelum diselotip; memakai mal lingkaran 8 mm; menebalkan garis tepi dengan HB
D. Mensejajarkan sisi bawah kertas dengan bilah; memakai mal lingkaran 8 mm; menekan pensil 2H lebih kuat pada garis tepi
E. Merapatkan kepala penggaris T ke tepi meja; mempertajam jarum jangka; menekan pensil 2H lebih kuat pada garis tepi

14. Reza menggambar denah atap gudang koperasi berukuran 10.000 mm × 6.250 mm dengan skala 1:25 secara mendatar (2027). Bengkel menyediakan bidang gambar (setelah dikurangi garis tepi dan etiket) sebagai berikut:

Kertas	Ukuran kertas (mm)	Bidang gambar tersedia (mm)
A4	297 × 210	267 × 180
A3	420 × 297	390 × 257
A2	594 × 420	564 × 390
A1	841 × 594	811 × 564

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Kertas terkecil yang dapat dipakai beserta alasannya adalah ....

A. A2, karena lebar gambar 400 mm melebihi bidang A3 (390 mm) dan baru muat pada bidang A2
B. A3, karena gambar 400 mm × 250 mm lebih kecil daripada ukuran kertas A3 (420 mm × 297 mm)
C. A3, karena selisih 10 mm pada lebar dapat diatasi dengan memutar kertas menjadi tegak
D. A4, karena gambar dapat diputar menjadi tegak sehingga muat pada bidang gambar A4
E. A1, karena bidang gambar A1 yang jauh lebih luas menjamin gambar tidak terpotong

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

15. Hilman membaca diagram satu garis lampu jalan surya 12 V di Dusun Ujung Karang (2027). Legenda diagram:

Kode	Keterangan
M1	Modul surya 100 Wp, 12 V
C1	Pengendali pengisian 20 A
B1	Baterai 12 V, 100 Ah
F1	Sekering 10 A
L1	Lampu LED 12 V, 30 W

Alur yang tergambar: M1 → C1 (terminal modul); C1 (terminal baterai) → B1; B1 → F1 → L1.

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)

Pernyataan yang sesuai dengan diagram adalah ....

(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Sekering F1 melindungi kabel antara baterai B1 dan lampu L1 dari arus berlebih.

☐ B. Pengendali C1 meneruskan listrik dari modul M1 langsung ke lampu L1 tanpa melewati baterai B1.

☐ C. Modul M1 tersambung ke lampu L1 tanpa melewati pengendali C1 maupun baterai B1 terlebih dahulu.

☐ D. Arus lampu L1 sebesar 30 W ÷ 12 V = 2,5 A, lebih kecil daripada batas sekering F1 (10 A).

☐ E. Sekering F1 terpasang pada jalur modul M1 menuju pengendali C1, bukan pada jalur lampu L1.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

16. Cindy (2027) menyiapkan gambar tata letak PLTS pada atap datar bengkel kayu. Pada atap ada tangki air setinggi 1,2 m di sudut kanan, tepi atap memiliki pagar rendah, dan satu-satunya tangga turun berada di sisi kiri. Pembimbing memeriksa keputusan Cindy sebelum gambar ditandatangani.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Keputusan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Modul ditempatkan di luar daerah bayangan tangki pada jam produksi utama, meskipun ruang dekat tangki masih kosong.
☐ B. Batas aman dari tepi dikurangi pada sisi berpagar karena pagar rendah sudah mencegah jatuh dan menahan angin.
☐ C. Kotak sambung dan titik turun kabel diletakkan dekat tangga agar kabel DC sependek mungkin dan teknisi tidak berjalan jauh di atap.
☐ D. Jalur perawatan antarbaris tidak digambar karena teknisi dapat berjalan di atas modul yang kuat.
☐ E. Panjang kabel dihitung dari gambar berskala, lalu ditambah bagian yang turun dan cadangan untuk lengkungan dan sambungan.

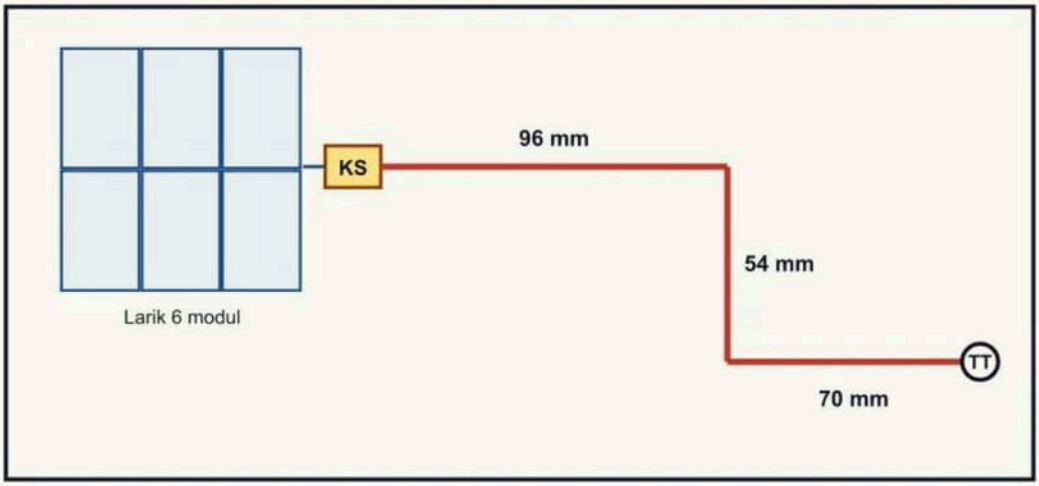
17. Atap datar sebuah bengkel di Dusun Mata Air berukuran 7.800 mm × 5.000 mm (2027). Modul berukuran 1.134 mm × 1.762 mm dipasang searah (semuanya tegak atau semuanya mendatar). Syarat pemasangan: batas aman 500 mm dari setiap tepi atap; jarak antarmodul dalam satu baris 20 mm; jalur perawatan selebar 600 mm di antara dua baris yang berdampingan. Umar diminta menghitung jumlah modul terbanyak.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Jumlah modul terbanyak yang dapat dipasang adalah ....

A. 5 modul
B. 6 modul
C. 9 modul
D. 10 modul
E. 12 modul

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

18. Gambar menunjukkan denah atap gudang koperasi di Desa Rangkas dengan jalur kabel DC dari kotak sambung (KS) sampai titik turun (TT) (2027). Dari TT, kabel turun 3,2 m ke inverter dan bagian itu tidak tergambar. Kabel DC dipasang untuk dua kutub (positif dan negatif) dengan panjang jalur yang sama. Teknisi menambahkan cadangan 8 % dari panjang satu kutub untuk lengkungan dan sambungan, dan kabel dijual per meter utuh. *(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Panjang kabel minimum yang harus dibeli untuk kedua kutub adalah ....

Denah atap gudang koperasi, Desa Rangkas (skala 1:50)



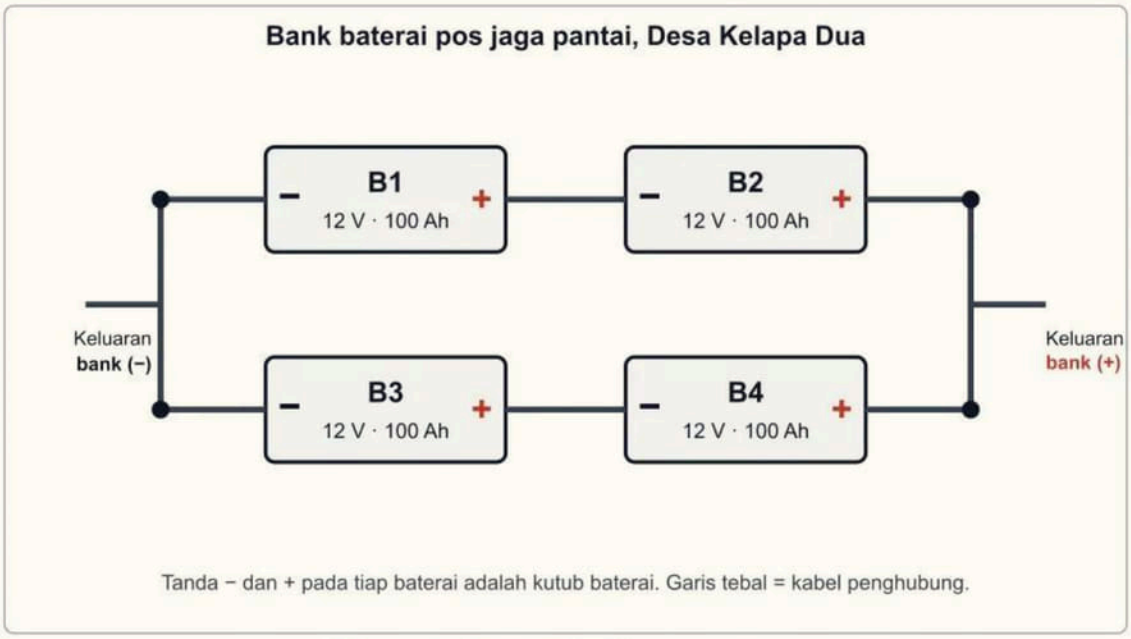
KS = kotak sambung modul; TT = titik turun kabel menuju inverter di ruang bawah (turun 3,2 m, tidak tergambar)
Garis merah = jalur kabel DC. Angka pada jalur = panjang jalur pada gambar (mm), bukan panjang sebenarnya.
Skala gambar 1:50.

A. 16 m
B. 24 m
C. 29 m
D. 30,7 m
E. 31 m

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

19. Gambar menunjukkan susunan empat baterai identik pada bank baterai PLTS pos jaga di Desa Kelapa Dua (2027). Ayu, siswa PKL, diminta membaca gambar untuk menentukan tegangan keluaran bank dan energi nominal yang dapat disimpan bank.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tegangan keluaran dan energi nominal bank baterai tersebut adalah ....



A. 12 V dan 4.800 Wh
B. 24 V dan 2.400 Wh
C. 24 V dan 9.600 Wh
D. 24 V dan 4.800 Wh
E. 48 V dan 4.800 Wh

20. Maya menggambar denah atap rumah berukuran 9 m × 6 m dengan skala 1:50 (2027). Modul yang akan dipasang berukuran 1,0 m × 1,7 m. Ia menyusun tiga pernyataan tentang gambar tersebut.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

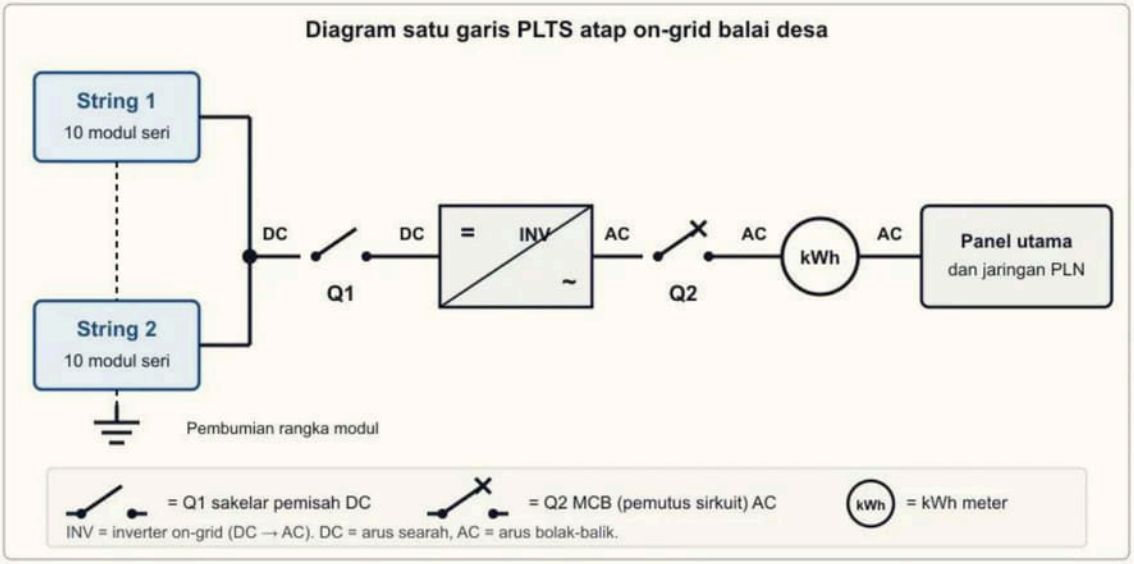
Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Atap tergambar berukuran 18 cm × 12 cm pada kertas.	○	○
Luas atap pada gambar 216 cm^2, sehingga luas atap sebenarnya 216 × 50 = 10.800 cm^2 (1,08 m^2).	○	○
Satu modul tergambar berukuran 20 mm × 34 mm.	○	○

21. Gambar menunjukkan diagram satu garis PLTS atap on-grid balai desa (2027). Wisnu, teknisi pemasang, akan mengganti kipas pendingin inverter pada pukul 11.00 saat

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

matahari terik. Ia harus memisahkan inverter dari semua sumber listrik, lalu menyebutkan bagian yang masih bertegangan.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tindakan dan pernyataan yang tepat adalah ....



A. Cukup membuka Q2, karena inverter berhenti dan kabel DC dari kedua string menjadi tidak bertegangan
B. Hanya membuka Q1, karena inverter sudah terpisah dari string maupun dari jaringan AC
C. Membuka Q1 dan Q2, dan seluruh kabel DC aman disentuh karena Q1 sudah dibuka
D. Membuka Q2 dan melepas kWh meter, karena kWh meter yang menyambungkan inverter ke jaringan
E. Membuka Q1 dan Q2, tetapi kabel dari string sampai Q1 tetap bertegangan DC

22. Diagram satu garis PLTS pompa air kebun di Desa Sidomulyo (2027) tertulis berurutan: modul surya M → sekering F → sakelar Q → pompa air DC PM. Rangka modul dihubungkan ke elektroda pembumian E. Tidak ada baterai, pengendali, maupun inverter. Lina, siswa PKL, menafsirkan diagram tersebut.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Bila sakelar Q dibuka pada siang hari, kabel antara modul M dan sakelar Q tidak lagi bertegangan.	○	○
Sekering F pada diagram melindungi pompa dan kabel dari sambaran petir.	○	○
Elektroda E yang dihubungkan ke rangka modul menyalurkan arus bocor ke tanah agar rangka logam tidak bertegangan berbahaya.	○	○

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

23. Diagram satu garis PLTS 24 V kandang ayam di Desa Bukit Rawa (2027) tertulis berurutan: modul M1–M4 → sekering F1 → pengendali pengisian C1 → baterai B1. Dari B1 bercabang dua: (a) B1 → sekering F2 → kipas kandang DC K1; (b) B1 → sekering F3 → inverter INV → lampu AC L1. Nova, siswa PKL, mendapati kipas K1 mati sedangkan lampu L1 menyala normal. Hasil ukur: tegangan B1 25,4 V; tegangan pada terminal F2 sisi baterai 25,4 V; tegangan pada terminal F2 sisi kipas 0 V.

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)

Kesimpulan yang tepat adalah ....

(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Pengendali C1 menjadi penyebab, karena C1 berada di jalur menuju kipas dan inverter.

☐ B. Sekering F2 terbuka; tegangan penuh pada sisi baterai dan nol pada sisi kipas menunjukkan jalur terputus tepat di F2.

☐ C. Inverter INV bukan penyebab, karena lampu AC yang dilayani INV masih menyala.

☐ D. Sekering F3 perlu diperiksa lebih dulu, karena F3 berada pada jalur menuju kipas.

☐ E. Baterai B1 kosong, karena kipas mati dan tegangan baterai hanya 25,4 V.

24. Lukman menggambar diagram satu garis PLTS kandang itik 24 V (off-grid) untuk dikerjakan teknisi (2027). Gambar hanya memuat satu alur: modul M1 → pengendali pengisian C1 → baterai B1 → inverter INV → lampu AC. Kabel B1 ke INV berarus besar, baterai dapat mengalirkan arus hubung singkat sangat besar, dan rangka modul berbahan logam dipasang di atap terbuka. Pembimbing meminta Lukman menambahkan dua kelengkapan yang paling diperlukan agar gambar dapat dipakai untuk pemasangan yang aman.

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)

Dua kelengkapan yang paling tepat ditambahkan adalah ....

A. Sekering pada jalur baterai B1 ke inverter INV dan pembumian rangka modul logam

B. kWh meter ekspor–impor pada keluaran inverter dan pembumian rangka modul

C. Sekering pada jalur B1 ke INV dan kWh meter ekspor–impor pada keluaran inverter

D. Baterai kedua yang diparalel dengan B1 dan sekering pada jalur B1 ke INV

E. Modul kedua yang diparalel dengan M1 dan kWh meter ekspor–impor pada keluaran inverter

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

25. Pompa air tambak milik kelompok pembudidaya di Desa Bukit Harapan (2027) memakai enam modul identik yang dirangkai menjadi dua string paralel; tiap string berisi tiga modul seri (susunan 3S2P). Seluruh string disambung ke satu pengendali bertegangan masukan maksimum 150 V. Data satu modul:

Besaran	Nilai
Tegangan daya maksimum (Vmp)	30 V
Arus daya maksimum (Imp)	10 A
Tegangan rangkaian terbuka (Voc)	37 V
Arus hubung singkat (Isc)	10,8 A

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pernyataan yang tepat tentang rangkaian itu adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Pada daya maksimum, arus masukan pengendali sekitar 10 A karena dua string paralel memakai arus yang sama.
☐ B. Pada daya maksimum, tegangan masukan pengendali sekitar 90 V.
☐ C. Daya maksimum rangkaian sekitar 2.398 W karena memakai Voc dan Isc (6 × 37 V × 10,8 A).
☐ D. Daya maksimum rangkaian sekitar 1.800 W, dihitung dari 90 V × 20 A.
☐ E. Tegangan rangkaian terbuka masukan 3 × 37 V = 111 V, masih di bawah batas masukan 150 V.

Tabel skor dan anjuran

Sub bab / subtopik	Nomor soal	Benar	Jika kurang separuh benar
Sub bab 3.1 · Macam-macam peralatan gambar	1, 2, 3, 4, 13	___ / 5	Ulangi hlm. 192
Sub bab 3.2 · Standardisasi dalam pembuatan gambar	5, 6, 7, 9, 11, 12	___ / 6	Ulangi hlm. 205
Sub bab 3.3 · Praktik menggambar teknik	8, 10, 14, 16, 17, 18, 20	___ / 7	Ulangi hlm. 222
Sub bab 3.4 · Membaca gambar sistem instalasi dan simbol energi terbarukan	15, 19, 21, 22, 23, 24, 25	___ / 7	Ulangi hlm. 235

Skor 70 % atau lebih: lanjut ke bab berikutnya. Skor 50–69 %: ulangi sub bab pada tabel yang kurang dari separuh benar. Skor di bawah 50 %: baca ulang bab ini dari awal. (Angka ini anjuran belajar, bukan prediksi nilai TKA.)

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Bab 4 · Konsep Dasar dan Perhitungan Konversi Energi Terbarukan

SMKTET-B4

Setelah mempelajari bab ini, kamu dapat:

- menghitung energi, daya, dan efisiensi serta memilih langkah konservasi energi yang paling berpengaruh
- menghitung daya dan energi pembangkit hidro dari tinggi jatuh dan debit
- menghitung kebutuhan modul, baterai, dan susunan seri–paralel pada PLTS
- menghitung daya turbin angin dan membandingkan dua lokasi atau dua turbin
- menghitung energi dari biomassa dan menentukan kecukupan bahan
- menganalisis kecukupan energi hasil konversi terhadap kebutuhan beban

Peta bab

Sub bab	Judul
4.1	Konservasi energi
4.2	Perhitungan dasar konversi energi hidro
4.3	Perhitungan dasar konversi energi surya
4.4	Perhitungan dasar konversi energi bayu
4.5	Perhitungan dasar konversi energi biomassa
4.6	Analisis kecukupan energi hasil konversi terhadap kebutuhan beban

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Bab 4 di LMS

Buka seluruh latihan bab ini di LMS.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktet&node=SMKTET-B4

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 4.1 · Konservasi energi

SMKTET-4.1

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi menempatkan **konservasi energi** sebagai pintu masuk elemen "konsep dasar dan perhitungan konversi energi". Soal TKA SMK Teknik Energi Terbarukan pada sub bab ini hampir selalu berupa kasus lapangan kecil: sebuah kantor, warung, kantin, atau bengkel yang listriknya berasal dari PLTS atau pembangkit kecil. Kamu diminta menghitung energi harian beban, membandingkan alat lama dengan alat baru, atau memilih langkah penghematan yang paling berpengaruh. Hitungannya hanya perkalian, pembagian, dan penjumlahan. Yang diuji adalah ketelitian satuan dan keberanian memilih ukuran yang tepat: **energi (Wh), bukan daya (W)**.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- membedakan daya dan energi serta memakai satuan W, kW, Wh, kWh, J, dan MJ dengan benar;
- menghitung energi dengan $E = P \times t$ dan menghitung efisiensi dengan $\eta = \text{keluaran} \div \text{masukan}$;
- menyusun audit energi sederhana: mendaftar beban, menghitung Wh harian, dan mengurutkannya;
- memilih langkah penghematan berdasarkan Wh yang dihemat, bukan berdasarkan daya terbesar atau jam terlama;
- membandingkan alat lama dengan alat baru dan menghubungkan penghematan di sisi beban dengan ukuran PLTS.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Bayangkan sebuah sekolah di pulau kecil yang memakai PLTS. Setiap sore baterainya sudah setengah kosong, padahal modul surya baru saja dibersihkan. Ada dua jalan keluar. Jalan pertama: menambah modul dan baterai, yang mahal dan perlu waktu. Jalan kedua: memeriksa **ke mana energi itu pergi**, lalu menghentikan pemborosannya. Jalan kedua inilah yang disebut **konservasi energi**. Menurut Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi, konservasi energi adalah upaya yang dilakukan secara sistematis, terencana, dan terpadu untuk melestarikan sumber daya energi dan meningkatkan efisiensi pemakaiannya. Dalam bahasa kerja sehari-hari: pakai energi seperlunya dan pakai dengan alat yang boros sesedikit mungkin. Pada pembangkit energi terbarukan, hemat di sisi beban hampir selalu lebih murah daripada menambah sisi produksi.

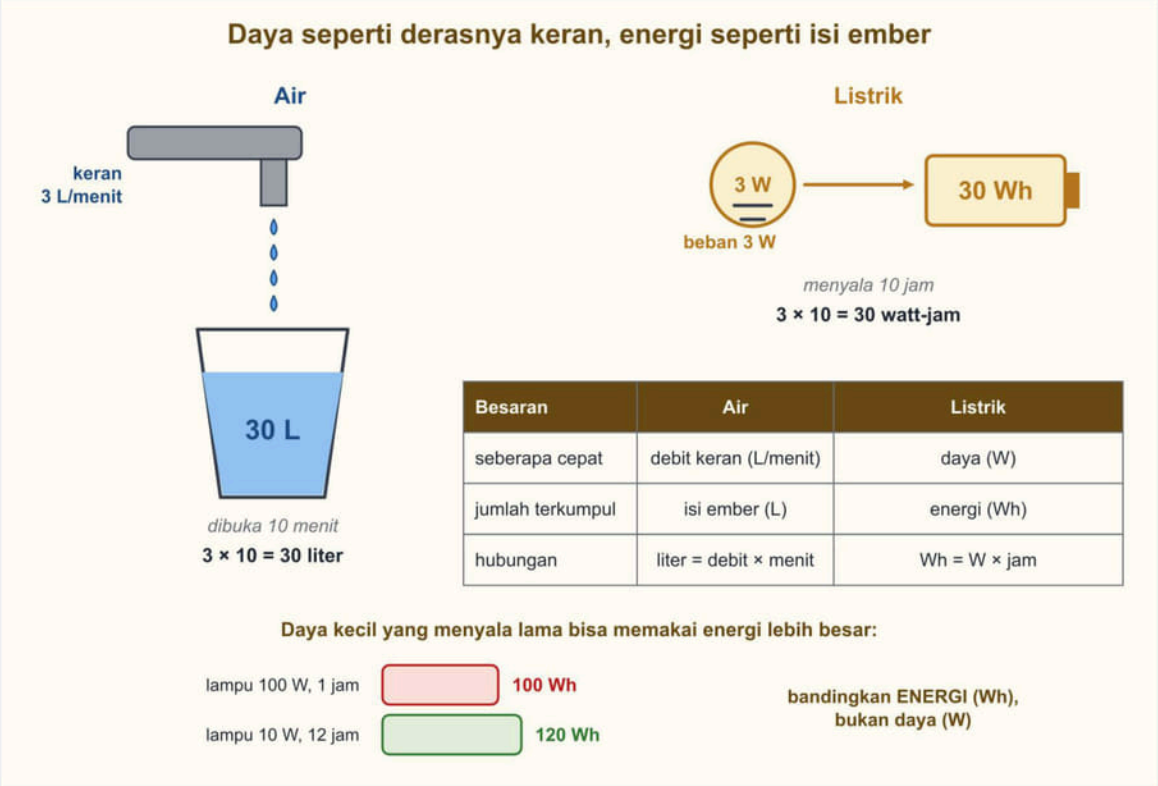
1. Daya dan energi: keran dan ember

Dua kata ini sering tertukar, padahal artinya berbeda. **Daya** adalah seberapa cepat energi

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

dipakai atau dihasilkan pada saat tertentu. Satuannya watt (W). **Energi** adalah jumlah total yang sudah dipakai atau dihasilkan dalam suatu lama waktu. Satuannya watt-jam (Wh) atau kilowatt-jam (kWh).

Pakailah perumpamaan air. Daya adalah **derasnya air dari keran** (liter per menit). Energi adalah **air yang sudah terkumpul di ember** (liter). Keran deras yang dibuka sebentar bisa mengisi ember lebih sedikit daripada keran kecil yang dibuka lama. Lampu 100 W yang menyala 1 jam memakai 100 Wh; lampu 10 W yang menyala 12 jam memakai 120 Wh. Lampu kedua berdaya sepuluh kali lebih kecil, tetapi energinya justru lebih besar. Lihat Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Daya (W) diibaratkan debit keran dan energi (Wh) diibaratkan isi ember: keran 3 L/menit yang dibuka 10 menit mengisi 30 L, sama seperti beban 3 W yang menyala 10 jam memakai 30 Wh. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Inilah alasan buku ini terus mengulang satu kebiasaan: **bila diminta membandingkan pemakaian atau penghematan, bandingkan energi (Wh), jangan bandingkan daya (W).**

2. Satuan energi dan daya serta cara mengubahnya

Satu **watt** berarti satu joule energi tiap detik (1 W = 1 J/s). Joule (J) adalah satuan energi dalam sistem satuan internasional, tetapi nilainya sangat kecil untuk keperluan listrik. Karena itu dipakai satuan yang lebih besar. Penurunan hubungan satuan itu sederhana. Beban 1 W yang menyala 1 jam (3.600 detik) memakai 1 W × 3.600 s = 3.600 J, yaitu **1 Wh = 3.600 J**. Beban 1.000 W yang menyala 1 jam memakai 1.000 Wh = 1 kWh = 3.600.000 J = 3.600 kJ = **3,6 MJ**. Dari sini lahir hubungan yang akan terus dipakai di Bab 4: **1 kWh = 3,6 MJ**.

Besaran	Satuan	Hubungan
daya	watt (W), kilowatt (kW)	1 kW = 1.000 W

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

energi listrik	watt-jam (Wh), kilowatt-jam (kWh)	1 kWh = 1.000 Wh
energi umum	joule (J), kilojoule (kJ), megajoule (MJ)	1 MJ = 1.000 kJ = 1.000.000 J
jembatan antarsatuan	joule dan watt-jam	1 Wh = 3.600 J; 1 kWh = 3,6 MJ

Dua kesalahan satuan sering muncul. Pertama, menulis kW padahal maksudnya kWh, atau sebaliknya. Ingatlah bahwa kW adalah "kecepatan", kWh adalah "jumlah". Kedua, lupa mengubah menit menjadi jam ketika waktu diberikan dalam satuan lain. Bila alat bekerja 90 menit, waktunya 1,5 jam. Satu lagi yang perlu dicermati: meteran listrik rumah mencatat energi dalam kWh, bukan dalam kW.

3. Menghitung energi: E = P × t

Rumus dasarnya adalah

$$E = P \times t$$

dengan E energi (Wh), P daya (W), dan t lama pemakaian (jam). Rumus ini berasal langsung dari definisi di atas: daya adalah energi per waktu, sehingga energi adalah daya dikali waktu. Bila ada banyak alat sejenis, kalikan juga dengan jumlahnya: $E = n \times P \times t$. Kipas 45 W sebanyak 3 buah yang menyala 8 jam memakai $3 \times 45 \times 8 = 1.080$ Wh.

Satu hal yang perlu dipahami: **waktu yang dipakai adalah lama alat benar-benar bekerja pada daya itu.** Kulkas, dispenser, dan setrika tidak menarik daya sepanjang hari. Kulkas yang bertuliskan 150 W memakai daya itu hanya saat kompresornya berputar, misalnya 10 jam dalam sehari. Energinya 150 W × 10 jam = 1.500 Wh, bukan 150 W × 24 jam. Karena itulah soal biasanya memberi "lama kompresor bekerja per hari", bukan lama kulkas dicolokkan.

Ada pula **beban siaga** (*standby*): alat yang tampak mati tetapi masih menarik daya kecil, misalnya pengisi daya yang dibiarkan terpasang atau komputer yang hanya "tidur". Daya siaga kecil, tetapi menyala 24 jam. Lima pengisi daya yang masing-masing menarik 3 W saat tidak mengisi memakai $5 \times 3 \times 24 = 360$ Wh sehari. Angka itu setara satu lampu LED 12 W yang menyala 30 jam.

4. Efisiensi: berapa bagian yang sampai ke tujuan

Tidak ada alat yang mengubah seluruh energi masukan menjadi energi yang berguna. Sebagian berubah menjadi panas atau bunyi. **Efisiensi** (huruf Yunani η, dibaca "eta") menyatakan bagian energi masukan yang menjadi energi berguna:

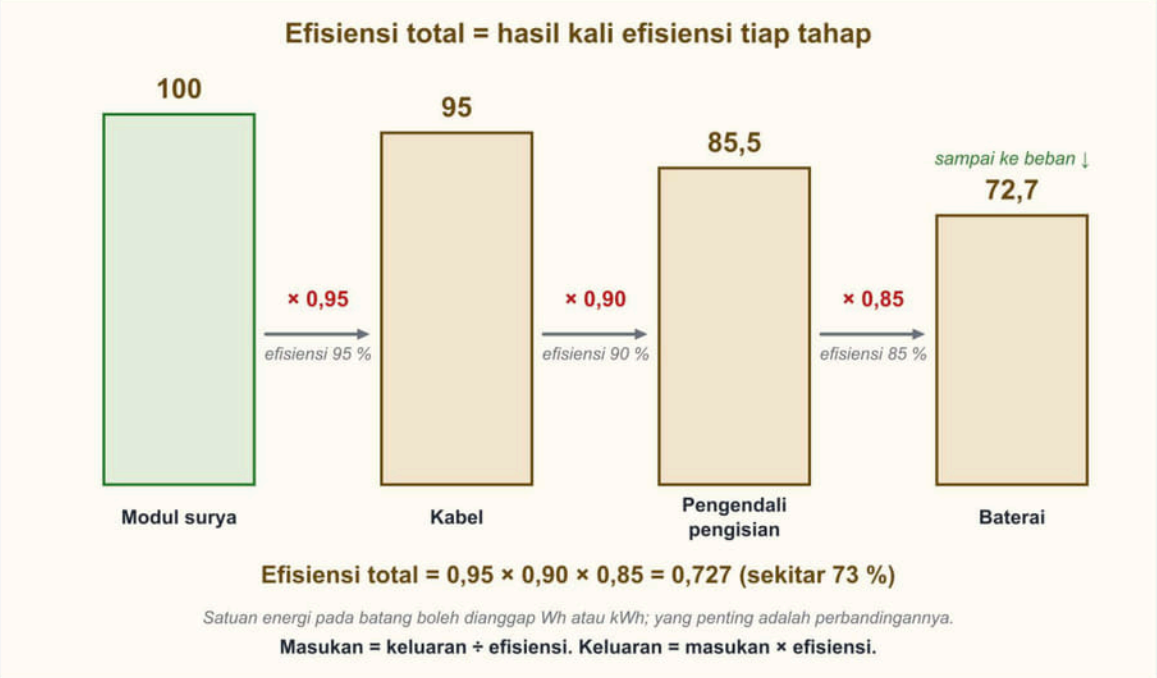
$$\eta = \frac{\text{energi (atau daya) keluaran berguna}}{\text{energi (atau daya) masukan}}$$

Efisiensi boleh ditulis sebagai pecahan (0,4) atau persen (40 %). Dari rumus itu: $\text{masukan} = \text{keluaran} \div \eta$ dan $\text{keluaran} = \text{masukan} \times \eta$. Perhatikan perbedaannya. Bila sebuah pompa harus menghasilkan daya aliran air 80 W dan efisiensinya 40 %, daya listrik yang harus diberikan adalah $80 \div 0{,}4 = 200$ W, **dibagi**, bukan dikali. Pompa lain yang efisiensinya 65 % hanya memerlukan $80 \div 0{,}65 \approx 123$ W untuk hasil yang sama. Itulah inti alat hemat

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

energi: **hasil yang sama dengan masukan yang lebih kecil.**

Bila energi melewati beberapa tahap berurutan, efisiensi totalnya adalah **hasil kali** efisiensi tiap tahap. Contoh pada PLTS: kabel 95 %, pengendali pengisian 90 %, baterai 85 %. Dari 100 satuan energi modul yang tersalur, yang sampai ke beban hanya $100 \times 0{,}95 \times 0{,}90 \times 0{,}85 = 72{,}7$ satuan, atau efisiensi total sekitar 73 %. Gambar 4.2 memperlihatkan "tangga" yang menurun ini. Efisiensi total seperti inilah yang di sub bab 4.3 disebut efisiensi sistem.



Gambar 4.2 Energi 100 satuan dari modul surya berkurang di kabel (95 %), pengendali pengisian (90 %), dan baterai (85 %) sehingga yang sampai ke beban 72,7 satuan; efisiensi total = 0,95 × 0,90 × 0,85 = 0,727. Angka efisiensi dipakai sebagai contoh hitung. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

5. Audit energi sederhana

Sebelum menghemat, kamu perlu tahu **di mana energi dipakai**. Kegiatan memeriksanya disebut **audit energi**. Untuk bangunan kecil, auditnya cukup sederhana dan bisa dikerjakan siswa SMK dengan alat tulis, meteran, dan lembar data alat.

1. **Daftar semua beban** di ruangan atau bangunan: jenis alat, jumlah, dan daya tiap alat (dibaca dari label alat atau diukur).
2. **Catat lama pemakaian** tiap alat dalam sehari. Untuk alat yang bekerja bergantian (kulkas, dispenser, pompa), catat lama kerjanya, bukan lama terpasang.
3. **Hitung energi harian** tiap beban dengan $E = n \times P \times t$, lalu jumlahkan menjadi energi harian total.
4. **Urutkan** dari Wh terbesar dan hitung persentasenya terhadap total.
5. **Cari peluang hemat** pada beban yang besar: ganti dengan yang efisien, kurangi lama pakai, matikan yang tidak perlu.
6. **Hitung penghematan** tiap usulan dalam Wh per hari, lalu pilih yang terbesar atau yang paling mungkin dikerjakan.
7. **Periksa ulang** setelah usulan dijalankan: bandingkan data sebelum dan sesudah.

Gambar 4.3 memperlihatkan contoh lembar audit yang sudah terisi. Perhatikan bahwa urutan terbesar ditentukan oleh kolom energi, bukan kolom daya: laptop berdaya kecil (40 W) justru menempati urutan teratas karena jumlahnya banyak dan lama pakainya panjang.

Lembar audit beban: ruang guru (data fiktif)

Beban	Jumlah	Daya (W)	Jam	Energi (Wh)	Bagian
Lampu LED	8	12	10	960	22,1 %
Kipas dinding	3	45	8	1.080	24,9 %
Laptop	5	40	6	**1.200**	**27,7 %**
Dispenser (pemanas bekerja)	1	350	3	1.050	24,2 %
Printer	1	30	1,5	45	1,0 %
Total				**4.335**	**100 %**

Energi = jumlah × daya × jam kerja

Dispenser: pakai lama elemen pemanas bekerja (3 jam), bukan 24 jam.

Urutan teratas = laptop (1.200 Wh), walau dayanya hanya 40 W.

Daya terbesar (dispenser 350 W) berada di urutan ketiga menurut energi.

1 kWh = 3,6 MJ → 4.335 Wh = 4,335 kWh = 15,6 MJ per hari

Gambar 4.3 Lembar audit beban sebuah ruang guru (data fiktif): energi total 4.335 Wh per hari; beban terbesar adalah laptop (1.200 Wh), bukan dispenser yang dayanya paling tinggi (350 W). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

6. Langkah penghematan dan cara menilainya

Ada empat kelompok langkah penghematan.

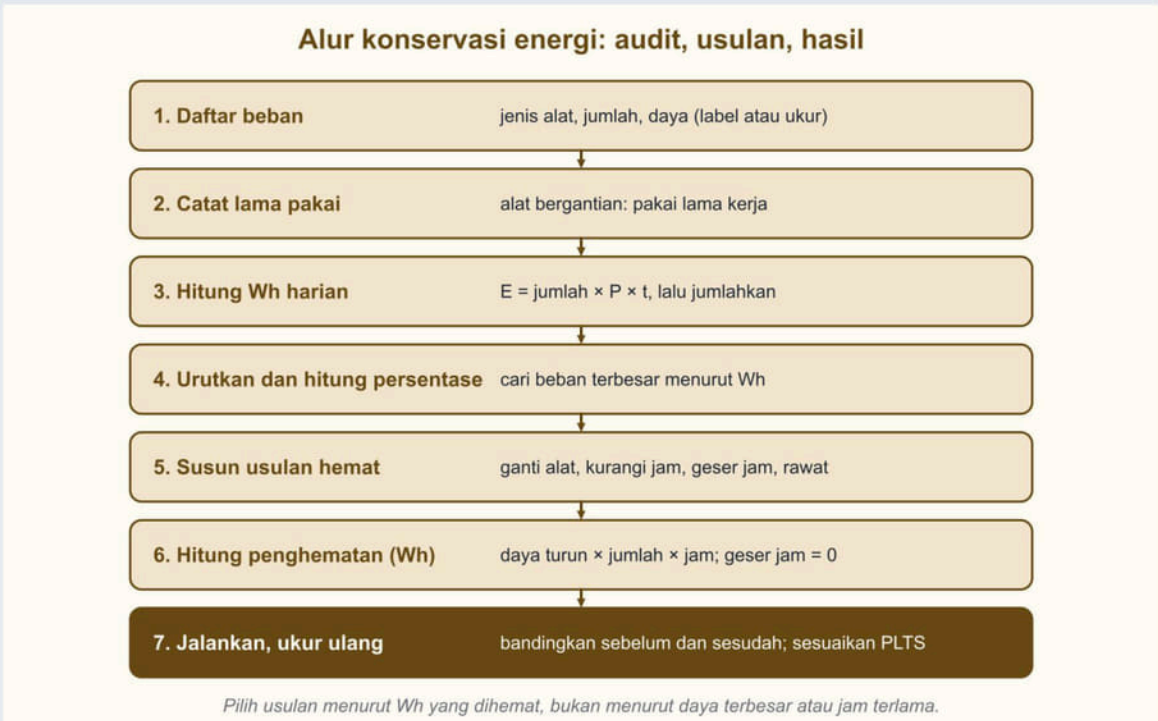
- **Mengganti alat dengan yang lebih efisien**, misalnya lampu pijar atau lampu neon diganti LED, kipas lama diganti kipas bermotor efisien, kulkas lama diganti yang lebih hemat. Penghematannya adalah selisih daya dikali lama pakai: $\Delta E = (P_{lama} - P_{baru}) \times t$.
- **Mengurangi lama pemakaian yang tidak perlu**, misalnya mematikan lampu di ruang kosong, mencabut pengisi daya, mematikan penghangat bila nasi sudah habis.
- **Menggeser jam pakai** beban yang bisa ditunda, misalnya menyalakan pompa air siang hari saat PLTS berproduksi. Menggeser jam **tidak mengurangi energi total** (Wh tetap sama), tetapi membuat energi diambil langsung dari modul dan bukan dari baterai, sehingga baterai tidak terkuras malam hari. Jadi geser jam dihitung 0 Wh hemat, namun bermanfaat bagi baterai.
- **Merawat peralatan dan instalasi**, misalnya membersihkan modul dan filter, mengencangkan sambungan kabel, dan memperbaiki bocoran, karena alat yang terawat memakai energi lebih kecil untuk hasil yang sama.

Yang tidak boleh dilupakan: konservasi energi tidak boleh merusak fungsi. Mematikan kulkas penyimpan makanan agar baterai lega memang menghemat Wh, tetapi isinya bisa rusak. Langkah yang baik menghemat energi **tanpa** mengorbankan fungsi beban yang penting.

Cara menentukan langkah yang paling berpengaruh hanya satu: **hitung Wh yang dihemat tiap usulan, lalu pilih yang terbesar.** Penghematan = (penurunan daya) × (jumlah alat) × (jam pakai). Penurunan daya terbesar belum tentu menghasilkan Wh terbesar bila jam pakainya sedikit, dan jam pakai terlama belum tentu terbesar bila penurunan dayanya hanya beberapa watt. Alur kerja lengkapnya ada di Gambar 4.4.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 4.4 Alur konservasi energi: daftar beban, hitung Wh harian, urutkan, buat usulan, hitung penghematan Wh, jalankan, lalu ukur ulang. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

7. Hubungan hemat di sisi beban dengan ukuran PLTS

Setiap Wh yang dihemat di sisi beban mengurangi energi yang harus dihasilkan modul. Pada sub bab 4.3 kamu akan belajar bahwa kebutuhan modul adalah $Wp = E \div (PSH \times \eta)$. Karena itu penghematan ΔE langsung menurunkan modul yang diperlukan sebesar $\Delta E \div (PSH \times \eta)$. Contoh: menghemat 1.000 Wh sehari pada sistem dengan PSH 4 jam dan efisiensi 0,75 mengurangi kebutuhan modul sebesar $1.000 \div (4 \times 0{,}75) \approx 333$ Wp. Itu sebabnya audit energi selalu dikerjakan **sebelum** menghitung PLTS: ukuran sistem yang dihitung dari beban boros akan membuang modul dan baterai.

Contoh 1 — Energi harian sebuah ruang guru

Pada Februari 2027, siswa SMK di Kabupaten Barito Utara mengaudit ruang guru yang listriknya dari PLTS atap. Data hasil pencatatan: 8 lampu LED 12 W menyala 10 jam; 3 kipas dinding 45 W menyala 8 jam; 5 laptop 40 W dipakai 6 jam; 1 dispenser 350 W yang elemen pemanasnya bekerja total 3 jam; 1 printer 30 W menyala 1,5 jam. Hitung energi harian total dalam Wh, kWh, dan MJ.

1. Lampu: $8 \times 12 \times 10 = 960$ Wh.
2. Kipas: $3 \times 45 \times 8 = 1.080$ Wh.
3. Laptop: $5 \times 40 \times 6 = 1.200$ Wh.
4. Dispenser: $350 \times 3 = 1.050$ Wh (waktu yang dipakai adalah lama elemen bekerja, bukan 24 jam).
5. Printer: $30 \times 1{,}5 = 45$ Wh.
6. Total: $960 + 1.080 + 1.200 + 1.050 + 45 = 4.335$ Wh $= 4{,}335$ kWh.
7. Dalam MJ: $4{,}335 \times 3{,}6 = 15{,}606$ MJ, kira-kira 15,6 MJ.

Jawaban: **4.335 Wh (4,335 kWh, sekitar 15,6 MJ) per hari.** Beban terbesar adalah laptop (27,7 %), bukan dispenser, walaupun dispenser memiliki daya tertinggi. Kesalahan umum: memakai 350 W × 24 jam untuk dispenser akan menambah 7.350 Wh dan membuat total terlihat hampir tiga kali lebih besar. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

Contoh 2 — Memilih langkah hemat dengan Wh terbesar

Pada Juli 2027, sebuah rumah makan di desa wisata Kabupaten Banyuwangi menimbang lima usulan penghematan. Pengelola hanya bisa menjalankan satu usulan lebih dahulu dan memilih yang menghemat energi harian terbesar.

Usulan	Perubahan	Jam per hari
P	12 lampu pijar 40 W diganti LED 9 W	6
Q	AC dinaikkan setelannya, daya turun 250 W	5
R	mesin penggiling bumbu 1.500 W diganti yang 600 W, daya turun 900 W	1
S	8 komputer kasir dimatikan, bukan dibiarkan siaga; daya turun 4 W tiap komputer	14
T	pompa 400 W dipindah jamnya dari malam ke siang	2

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1. P: penurunan daya per lampu $40 - 9 = 31$ W; untuk 12 lampu $12 \times 31 = 372$ W; energi $372 \times 6 = 2.232$ Wh.
2. Q: $250 \times 5 = 1.250$ Wh.
3. R: $900 \times 1 = 900$ Wh.
4. S: $8 \times 4 = 32$ W; $32 \times 14 = 448$ Wh.
5. T: energi total tidak berubah, hanya waktunya yang bergeser, sehingga penghematan 0 Wh (manfaatnya: beban tidak diambil dari baterai malam).
6. Terbesar: P dengan **2.232 Wh**.

Jawaban: **usulan P.** Usulan R memiliki penurunan daya terbesar (900 W) tetapi hanya 1 jam sehingga 900 Wh; usulan S memiliki jam terlama (14 jam) tetapi penurunan dayanya kecil sehingga 448 Wh. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

Contoh 3 — Pompa lama dan pompa baru, lalu pengaruhnya pada modul

Pada Mei 2027, sebuah kelompok pembudidaya ikan di Kabupaten Sigi memakai pompa sirkulasi kolam yang harus menghasilkan daya aliran air 80 W selama 24 jam. Pompa lama berefisiensi 40 %, pompa baru 65 %. Sistem PLTS kelompok memiliki jam matahari puncak 4,5 jam dan efisiensi sistem 0,75. Hitung (a) daya listrik tiap pompa, (b) penghematan Wh per hari dan kWh per 30 hari, serta (c) berapa Wp modul yang tidak lagi diperlukan.

1. Daya masuk pompa lama: $80 \div 0{,}40 = 200$ W.
2. Daya masuk pompa baru: $80 \div 0{,}65 = 123{,}1$ W.
3. Selisih daya: $200 - 123{,}1 = 76{,}9$ W.
4. Penghematan per hari: $76{,}9 \times 24 = 1.846$ Wh $= 1{,}85$ kWh.
5. Per 30 hari: $1{,}846 \times 30 = 55{,}4$ kWh (sekitar 199,4 MJ).
6. Modul yang tidak diperlukan: $1.846 \div (4{,}5 \times 0{,}75) = 1.846 \div 3{,}375 = 547$ Wp.

Jawaban: pompa lama 200 W dan pompa baru 123,1 W; hemat **1.846 Wh per hari (55,4 kWh per 30 hari)**; modul yang bisa dikurangi sekitar **547 Wp**. Perhatikan bahwa efisiensi **membagi** keluaran untuk mendapat masukan; bila dikali (80 × 0,40 = 32 W), hasilnya tidak masuk akal, sebab masukan tidak mungkin lebih kecil daripada keluaran. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

Ringkasan bagian ini

Daya (W) menyatakan kecepatan, energi (Wh) menyatakan jumlah. $E = n \times P \times t$ dengan t lama alat benar-benar bekerja. $1\ \text{Wh} = 3.600$ J dan $1\ \text{kWh} = 3{,}6$ MJ. Efisiensi η = keluaran ÷ masukan; masukan = keluaran ÷ η; efisiensi beberapa tahap dikalikan. Audit energi: daftar beban, hitung Wh, urutkan, usulkan, hitung penghematan, ukur ulang. Langkah hemat dinilai dengan **Wh yang dihemat**, dan hemat di beban langsung memperkecil kebutuhan modul dan baterai.

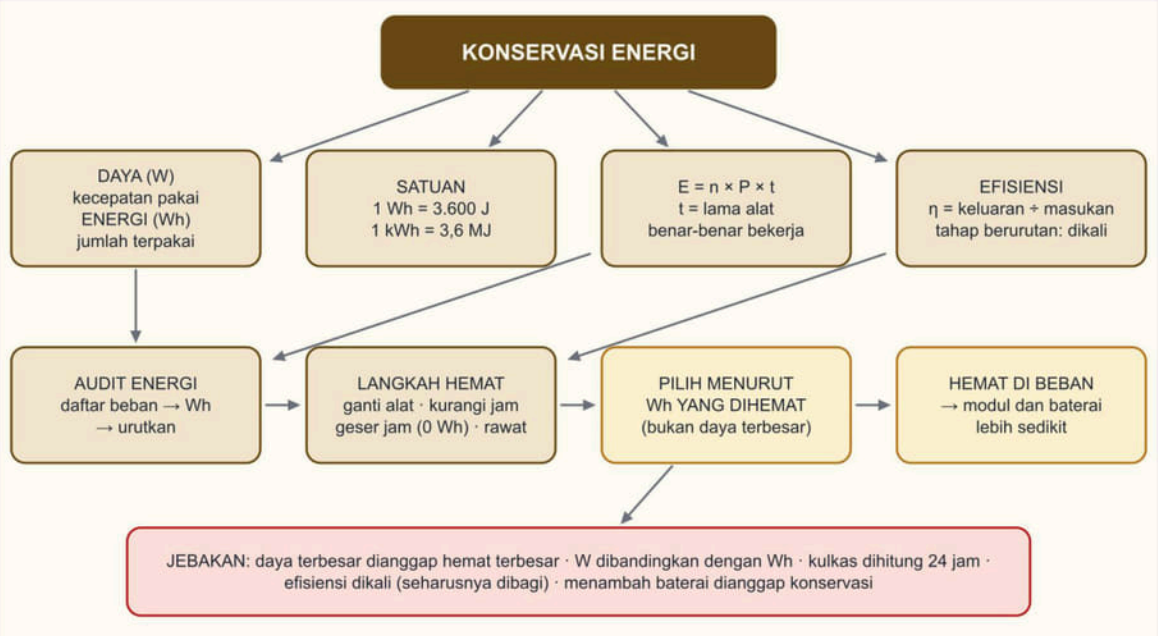
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- **Daya (W)** = kecepatan pemakaian saat itu; **energi (Wh, kWh)** = jumlah dalam suatu lama waktu.
- $E = n \times P \times t$, dengan t = lama alat benar-benar bekerja (kompresor, elemen pemanas), bukan lama terpasang.
- **1 Wh = 3.600 J; 1 kWh = 3,6 MJ.**
- **Efisiensi η = keluaran ÷ masukan**; untuk mendapat masukan, keluaran dibagi η; beberapa tahap berurutan dikalikan.
- **Audit energi:** daftar beban → Wh harian → urutkan → usulan → hitung penghematan → ukur ulang.
- **Langkah hemat dinilai dengan Wh**, bukan daya terbesar atau jam terlama; geser jam pakai = 0 Wh tetapi menyelamatkan baterai.
- **Hemat di beban** mengurangi modul dan baterai yang dibutuhkan.

Gambar 4.5 merangkum hubungan konsep-konsep ini.



Gambar 4.5 Peta konsep konservasi energi: daya dan energi, satuan, efisiensi, audit energi, langkah hemat, dan pengaruhnya pada ukuran PLTS, beserta jebakan yang sering muncul. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal konservasi energi:

1. **Tulis daya dan lama pakai tiap beban** dengan satuannya. Ubah menit menjadi jam, dan kW menjadi W (atau sebaliknya) sebelum mengalikan.
2. **Hitung energi tiap beban** dengan $n \times P \times t$. Untuk alat yang bekerja bergantian, pakai lama kerjanya.
3. **Hitung penghematan, bukan daya.** Untuk usulan "ganti alat": $(P_{lama} - P_{baru}) \times n \times t$. Untuk usulan "kurangi jam": $P \times n \times \Delta t$. Untuk usulan "geser jam": 0 Wh.
4. **Bandingkan dengan satuan yang sama** (semuanya Wh atau semuanya kWh), lalu pilih yang terbesar.
5. **Periksa fungsi:** buang opsi yang mematikan beban penting atau menambah penyimpanan tanpa mengurangi pemakaian.

Jebakan khas pada soal ini:

- **Daya terbesar dianggap penghematan terbesar** (opsi yang menyebut "paling besar penurunan dayanya").
- **Jam pakai terlama dianggap paling boros** padahal dayanya kecil.
- **Daya dan energi dibandingkan langsung** (W dengan Wh, atau W alat dengan Wp modul).
- **Alat berdaya lebih besar tetapi dipakai sebentar dianggap boros**, padahal energinya bisa lebih kecil.
- **Menambah baterai dianggap konservasi.** Baterai hanya menyimpan; konservasi mengurangi pemakaian.
- **Kulkas dihitung 24 jam** walau kompresornya hanya bekerja sebagian hari.
- **Penghematan per alat dikira penghematan seluruh kelompok** (lupa mengalikan dengan jumlah alat).

Contoh salah tafsir: pada usulan "mengganti 10 lampu 40 W dengan LED 9 W yang menyala 5 jam", siswa menulis 31 × 5 = 155 Wh. Yang benar: $10 \times 31 \times 5 = 1.550$ Wh. Kesalahannya ada pada satu kata: "10 lampu".

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menyajikan beberapa usulan penghematan lengkap dengan perubahan daya dan jam pakai, lalu meminta usulan yang menghemat energi harian terbesar. Bedahlah dengan urutan: hitung Wh tiap usulan satu per satu, bandingkan, lalu baca tiap opsi dan cari opsi yang memakai alasan "daya terbesar", "jam terlama", atau "biaya", sebab itulah pola pengecohnya.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

►. Siswa SMK membantu audit energi sederhana di kantor desa (2027). Mereka menyusun usulan langkah penghematan berikut.

Usulan	Perubahan daya	Jam per hari
P: 20 lampu TL 36 W diganti LED 18 W	turun 18 W per lampu	8
Q: suhu AC dinaikkan dari 20 °C ke 25 °C	turun 300 W	7
R: 6 komputer dimatikan, bukan dibiarkan siaga	turun 5 W per komputer	16
S: pompa air diberi pelampung otomatis	turun 400 W	2

Anggaran desa hanya untuk satu usulan pertama, dan kepala desa memilih yang penghematan energi hariannya terbesar.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Usulan yang dipilih adalah ....

A. S, karena penurunan dayanya paling besar, yaitu 400 W
B. R, karena jam pemakaiannya paling lama, yaitu 16 jam
C. Q, karena penghematannya 2.100 Wh per hari
D. S, karena penghematannya 800 Wh dan biayanya paling murah
E. P, karena penghematannya 2.880 Wh per hari

Pembahasan **Kunci: E**

Konsep: Penghematan energi = penurunan daya × lama pemakaian. Langkah dengan penurunan daya terbesar belum tentu menghemat energi paling banyak bila jam pemakaiannya singkat.

Langkah:
1. P: 20 × 18 W × 8 j = 2.880 Wh.
2. Q: 300 W × 7 j = 2.100 Wh.
3. R: 6 × 5 W × 16 j = 480 Wh.
4. S: 400 W × 2 j = 800 Wh.
5. Terbesar: P (2.880 Wh).

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Jebakan: daya terbesar, tetapi hanya 2 jam sehingga 800 Wh.
• **B.** ✗ Jam terlama, tetapi daya yang dihemat kecil: 480 Wh.
• **C.** ✗ Jebakan: 2.100 Wh tampak terbesar bila penghematan P salah dihitung per lampu (18 × 8 = 144 Wh) atau untuk sebagian lampu saja; P untuk 20 lampu = 2.880 Wh.
• **D.** ✗ Biaya tidak ada dalam data, dan dasar pemilihan kepala desa adalah penghematan energi terbesar.
• **E.** ✓ 20 × 18 W × 8 jam = 2.880 Wh, terbesar di antara keempat usulan.

Jawaban: E.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

✎ LATIHAN

Kerjakan tanpa melihat kunci. Untuk tiap soal, tulis dulu Wh tiap beban atau tiap usulan, baru memilih jawaban.

1. Kantin SMK (2027) memakai PLTS off-grid dengan baterai yang sering kosong menjelang subuh. Semua lampu sudah LED. Data beban:

Beban	Daya	Jam pakai sekarang
Lemari pendingin minuman	120 W	24 jam
Pompa air pengisi toren	250 W	19.00–20.00
Blender	300 W	10.00–12.00 (tidak terus-menerus)
Penanak nasi (penghangat)	60 W	06.00–20.00

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)

Langkah konservasi energi yang tepat untuk mengurangi kosongnya baterai adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

- ☐ A. Memindahkan jam pompa air ke siang hari saat modul berproduksi dan mengisi toren sampai penuh.
- ☐ B. Mematikan lemari pendingin pada malam hari agar baterai tidak terkuras.
- ☐ C. Mengganti blender dengan blender berdaya lebih besar agar waktu pakainya lebih singkat.
- ☐ D. Menambah satu baterai lagi agar lemari pendingin tetap menyala sampai pagi.
- ☐ E. Mematikan penghangat penanak nasi setelah nasi habis dan memanaskan ulang saat diperlukan.

2. Warung Bu Tini di pulau kecil (2027) memakai PLTS off-grid. Ia membandingkan kulkas lama dengan kulkas baru berteknologi inverter berdasarkan pengukuran teknisi.

Data	Kulkas lama	Kulkas baru
Daya saat kompresor bekerja	150 W	90 W
Lama kompresor bekerja per hari	12 jam	10 jam

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)

Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Penghematan energi hanya ditentukan selisih daya, yaitu 60 W × 24 jam = 1.440 Wh per hari.	○	○
Energi harian kulkas baru 900 Wh, setengah dari energi kulkas lama.	○	○
Dalam 30 hari, penggantian kulkas menghemat sekitar 27 kWh.	○	○

Kunci singkat: 1. A, E 2. 1S 2B 3B

✔ PERIKSA DIRI

- Sebuah lampu 10 W menyala 12 jam dan sebuah lampu 100 W menyala 1 jam. Mana yang memakai energi lebih besar, dan mengapa membandingkan 10 W dengan 100 W saja tidak cukup?
- Pompa air harus menghasilkan daya aliran 60 W dengan efisiensi 50 %. Mengapa daya listrik yang dibutuhkan 120 W, bukan 30 W?
- **Yang harus kuingat:** $E = n \times P \times t$; 1 kWh = 3,6 MJ; η = keluaran ÷ masukan; langkah hemat dinilai dengan **Wh yang dihemat**.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 4.1: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktet&node=SMKTET-4.1

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 4.2 · Perhitungan dasar konversi energi hidro

SMKTET-4.2

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu menghitung daya dan energi pembangkit hidro dengan rumus dasar dan asumsi sederhana. Soal TKA SMK Teknik Energi Terbarukan untuk sub bab ini hampir selalu berbentuk kasus calon lokasi PLTMH sebuah dusun: ada data debit, ada elevasi atau tinggi jatuh, ada efisiensi, lalu kamu diminta menghitung daya listrik, membandingkan beberapa lokasi, atau menilai akibat perubahan debit dan tinggi jatuh. Di sinilah jebakan satuan paling sering muncul: liter per detik yang dipakai seolah meter kubik per detik, tinggi jatuh kotor yang dipakai padahal soal memberi yang efektif, dan efisiensi yang lupa dikalikan.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan dari mana rumus daya hidro berasal (energi potensial air yang jatuh tiap detik);
- membedakan tinggi jatuh kotor dan tinggi jatuh efektif serta menentukan tinggi jatuh dari data elevasi dan rugi pipa;
- mengubah debit dari liter per detik ke meter kubik per detik;
- menghitung daya air dan daya listrik dengan $P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot \eta$ serta energi hariannya;
- membandingkan beberapa lokasi dan memperkirakan akibat perubahan debit atau tinggi jatuh.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Air yang mengalir dari tempat tinggi ke tempat rendah dapat memutar turbin. Itulah dasar pembangkit listrik tenaga hidro, mulai dari PLTA besar di bendungan sampai PLTMH (pembangkit listrik tenaga mikrohidro) dan piko hidro berdaya beberapa kilowatt yang menerangi dusun di pegunungan. Berapa listrik yang bisa dihasilkan? Jawabannya ditentukan oleh dua hal saja: **seberapa banyak air yang mengalir** (debit) dan **seberapa tinggi air itu jatuh** (tinggi jatuh). Bagian ini menurunkan rumusnya langkah demi langkah supaya kamu tahu mengapa tiap angka ada di sana, bukan sekadar menghafal.

1. Dari energi potensial ke daya: penurunan rumus

Pada pelajaran fisika, benda bermassa m yang berada pada ketinggian H memiliki **energi potensial** $E_p = m \cdot g \cdot H$, dengan g percepatan gravitasi. Bila benda itu jatuh setinggi H, energi sebesar itulah yang dilepaskan. Sekarang terapkan pada air yang terus mengalir.

1. **Debit** Q adalah volume air yang lewat tiap detik, satuannya meter kubik per detik (m^3/s).

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

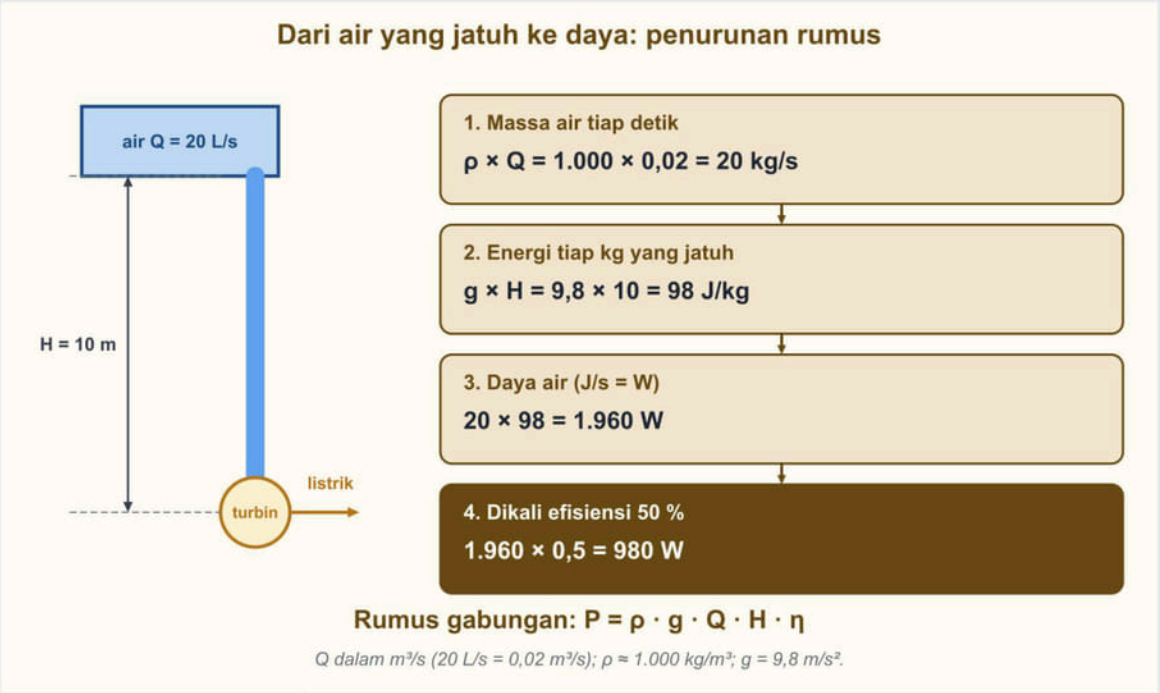
2. **Massa jenis air** ρ sekitar 1.000 kg/m^3: satu meter kubik air bermassa kira-kira 1.000 kg. Maka **massa air yang lewat tiap detik** adalah $\rho \cdot Q$ (kg/s).
3. Tiap kilogram air yang jatuh setinggi H melepaskan energi $g \cdot H$ (joule per kilogram).
4. **Energi yang dilepaskan tiap detik** = massa tiap detik × energi tiap kilogram = $\rho \cdot Q \cdot g \cdot H$ (joule per detik).
5. Joule per detik adalah watt. Jadi **daya air** adalah

$$P_{air} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

Daya air ini adalah daya yang tersedia pada air yang jatuh. Tidak semuanya menjadi listrik: sebagian hilang karena gesekan, percikan, dan kerugian di turbin dan generator. Bagian yang sampai menjadi listrik dinyatakan oleh **efisiensi total** η (lihat sub bab 4.1), sehingga

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot \eta$$

Gambar 4.6 memperlihatkan seluruh langkah itu pada satu contoh: air 20 L/s yang jatuh 10 m.



Gambar 4.6 Air 20 L/s (0,02 m^3/s) berarti massa 20 kg tiap detik; tiap kilogram yang jatuh 10 m melepaskan 98 J; maka daya air = 20 × 98 = 1.960 W. Dengan efisiensi total 50 %, daya listrik 980 W. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Nilai yang dipakai. Massa jenis air tawar sekitar 1.000 kg/m^3 (nilai maksimumnya 999,97 kg/m^3 pada suhu 4 °C; selisihnya kecil sehingga 1.000 dipakai untuk hitungan teknik). Percepatan gravitasi standar adalah 9,80665 m/s^2, sehingga dibulatkan menjadi **9,8 m/s^2** atau, untuk menyederhanakan hitungan, **10 m/s^2**. Soal TKA selalu menyebut nilai g yang harus dipakai; pakailah persis nilai itu. Bedanya kecil, hanya sekitar 2 %: dengan 9,8 hasilnya 2 % lebih kecil daripada dengan 10. Karena $\rho \cdot g = 1.000 \times 9{,}8 = 9.800$, rumus sering ditulis ringkas bila daya dalam kilowatt dan Q dalam m^3/s:

$$P\ (\text{kW}) \approx 9{,}8 \times Q \times H \times \eta$$

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Contohnya, 1 m^3/s yang jatuh 1 m menghasilkan daya air 9,8 kW sebelum efisiensi.

Efisiensi total η adalah hasil kali efisiensi pipa (bila belum dimasukkan ke tinggi jatuh), turbin, generator, dan penyalur. Pedoman perencanaan awal PLTMH yang umum dipakai: sekitar 50 % (0,5) untuk sistem kecil dan 60–70 % untuk sistem yang lebih besar. Di soal, nilai efisiensi selalu diberikan; kamu tidak diminta menebaknya.

2. Debit dan satuannya

Debit sungai diukur dengan berbagai cara (dibahas di sub bab 5.2) dan sering dilaporkan dalam **liter per detik** (L/s) karena angkanya lebih nyaman. Sebuah sungai kecil mungkin berdebit 35 L/s. Tetapi rumus daya memerlukan **meter kubik per detik**. Satu meter kubik sama dengan 1.000 liter, jadi

$$Q\ (\mathrm{m^3/s}) = \frac{Q\ (\mathrm{L/s})}{1.000}$$

Debit 35 L/s berarti 0,035 m^3/s; debit 120 L/s berarti 0,12 m^3/s. Bila kamu memasukkan 35 sebagai Q padahal maksudnya 35 L/s, hasilnya **seribu kali** terlalu besar. Cara memeriksa: daya PLTMH dusun biasanya beberapa kilowatt sampai puluhan kilowatt. Hasil jutaan watt hampir pasti salah satuan.

3. Tinggi jatuh kotor dan tinggi jatuh efektif

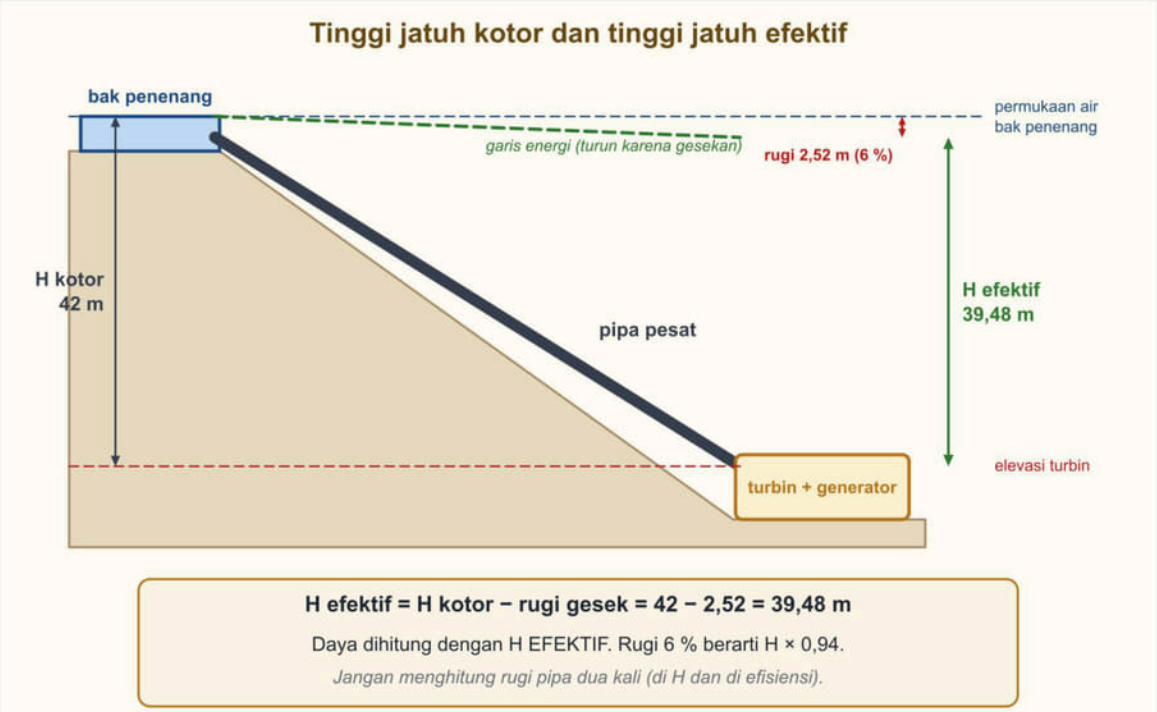
Tinggi jatuh kotor (*gross head*) adalah beda tinggi antara permukaan air di bak penenang (tempat air dikumpulkan sebelum masuk pipa pesat) dan turbin. Nilainya didapat dari survei, misalnya dengan waterpass dan selang air, atau dari selisih elevasi: bila elevasi permukaan air di bak penenang 312 m dan elevasi turbin 276 m, tinggi jatuh kotornya 36 m.

Air tidak jatuh bebas, melainkan mengalir di dalam pipa pesat. Selama mengalir, ia bergesekan dengan dinding pipa dan membentur belokan, saringan, dan katup. Gesekan itu memakan sebagian tinggi jatuh. Tinggi jatuh yang benar-benar tersisa untuk memutar turbin disebut **tinggi jatuh efektif** (*net head*):

$$H_{efektif} = H_{kotor} - \text{rugi gesek (dalam meter)}$$

Pipa yang lebih panjang, lebih sempit, atau lebih kasar memberi rugi gesek lebih besar. Di soal, rugi itu dapat diberikan dengan tiga cara: langsung dalam meter ("rugi gesek 2,5 m"), sebagai persen dari tinggi jatuh kotor ("rugi 6 %" artinya $H_{efektif} = H_{kotor} \times 0{,}94$), atau soal langsung memberi tinggi jatuh efektif. **Pakailah H efektif dalam rumus daya.** Bila soal hanya memberi tinggi jatuh kotor dan tidak menyebut rugi, maka itulah H yang dipakai. Jangan menghitung rugi pipa dua kali: kalau rugi sudah mengurangi H, jangan lagi memasukkannya ke dalam efisiensi.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 4.7 Potongan memanjang PLTMH: tinggi jatuh kotor 42 m adalah selisih elevasi permukaan air di bak penenang dan turbin; rugi gesek pipa pesat 6 % (2,52 m) menyisakan tinggi jatuh efektif 39,48 m yang dipakai untuk menghitung daya. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Lihat Gambar 4.7. Garis air di sepanjang pipa pesat tidak datar tetapi menurun lebih landai daripada garis tinggi jatuh kotor, dan selisih antara keduanya itulah rugi gesek.

4. Daya sebanding dengan debit dan tinggi jatuh

Pada rumus $P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot \eta$, Q dan H hanya dikalikan, tanpa pangkat. Akibatnya **daya berbanding lurus dengan debit dan berbanding lurus dengan tinggi jatuh**:

- debit menjadi dua kali (tinggi jatuh tetap) → daya dua kali;
- debit menjadi setengah → daya setengah (bukan seperempat);
- tinggi jatuh menjadi 1,5 kali → daya 1,5 kali;
- debit dan tinggi jatuh sama-sama naik 2 kali → daya 4 kali.

Karena itulah dua lokasi dapat dibandingkan hanya dari hasil kali $Q \times H$ (selama η sama). Lokasi berdebit besar tetapi tinggi jatuh kecil bisa kalah dari lokasi berdebit kecil dengan tinggi jatuh besar. Di pegunungan, tinggi jatuh besar dengan debit kecil adalah pola umum; di dataran, debit besar dengan tinggi jatuh kecil.

Perubahan musim memengaruhi debit. Di kemarau, debit sungai turun sehingga daya pembangkit juga turun dengan perbandingan yang sama. Itu sebabnya perencana memakai debit kemarau sebagai patokan daya yang bisa diandalkan sepanjang tahun.

5. Dari daya ke energi

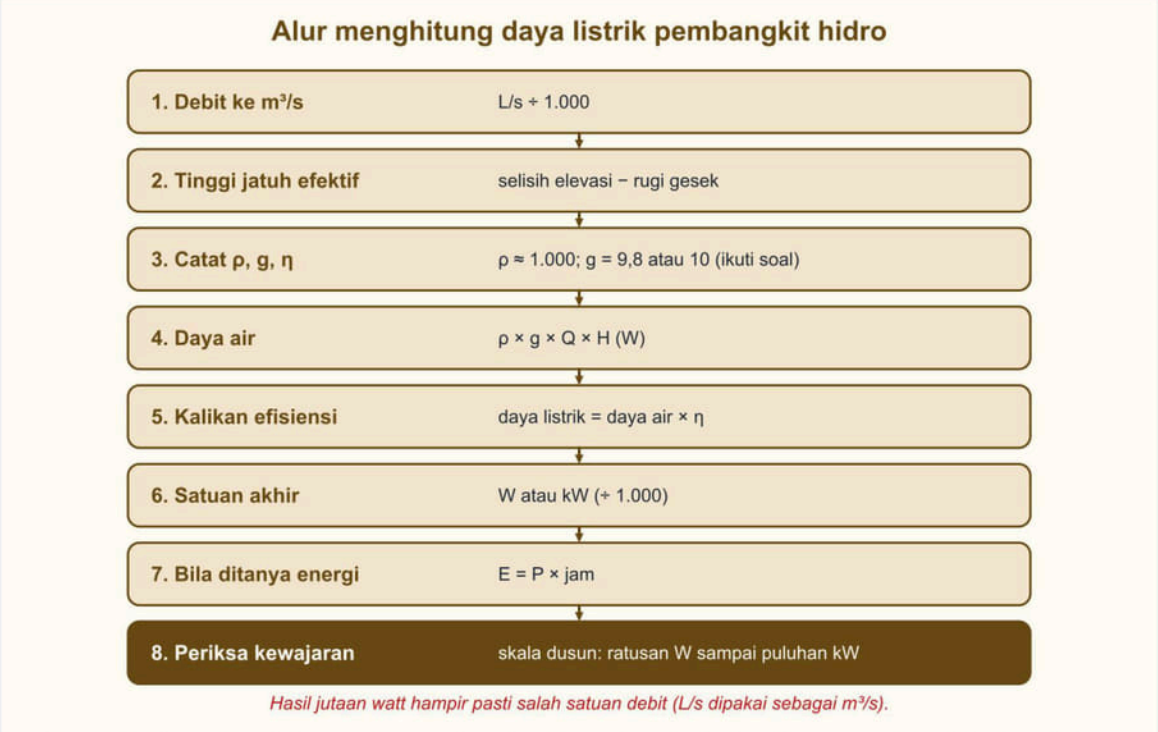
Daya adalah kecepatan, energi adalah jumlah (sub bab 4.1). Pembangkit hidro yang berdaya P watt dan berjalan t jam membangkitkan $E = P \times t$ Wh. PLTMH tanpa baterai hanya bisa menyalurkan energi pada saat dipakai; yang tidak terpakai terbuang melalui beban

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

penyeimbang. PLTMH dengan daya 6,8 kW yang berjalan terus 24 jam dapat membangkitkan paling banyak $6{,}8 \times 24 = 163$ kWh per hari, tetapi energi yang benar-benar terpakai ditentukan oleh beban desa.

6. Alur hitung yang rapi

Agar tidak ada yang terlewat, kerjakan hitungan hidro dengan urutan tetap, seperti pada Gambar 4.8: (1) ubah debit ke m^3/s; (2) tentukan tinggi jatuh efektif; (3) catat ρ, g, dan η yang diberikan; (4) hitung daya air; (5) kalikan efisiensi menjadi daya listrik; (6) ubah ke kW bila perlu; (7) bila ditanya energi, kalikan dengan jam; (8) periksa kewajaran (ratusan watt sampai puluhan kilowatt untuk skala dusun).



Gambar 4.8 Delapan langkah menghitung daya listrik pembangkit hidro, dari mengubah debit ke m^3/s sampai memeriksa kewajaran hasil. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

7. Membalik rumus: berapa tinggi jatuh atau debit yang dibutuhkan

Kadang yang ditanyakan bukan daya, melainkan **syarat** untuk mencapai suatu daya: berapa tinggi jatuh minimal, atau berapa debit minimal. Rumusnya cukup dibalik dengan aturan aljabar biasa. Karena $P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot \eta$ adalah hasil kali, maka tiap faktor dapat dicari dengan membagi daya dengan faktor-faktor lainnya:

$$H = \frac{P}{\rho \cdot g \cdot Q \cdot \eta} \qquad \text{dan} \qquad Q = \frac{P}{\rho \cdot g \cdot H \cdot \eta}$$

Perhatikan bahwa efisiensi sekarang berada di pembagi: daya listrik yang diminta harus **dibagi** efisiensi supaya kita tahu daya air yang diperlukan, sama seperti prinsip masukan = keluaran ÷ η di sub bab 4.1. Setelah Q didapat dalam m³/s, kalikan 1.000 untuk mengembalikannya ke L/s. Bila hasilnya berupa jumlah unit (misalnya jumlah turbin), bulatkan ke atas.

Hubungan tinggi jatuh dengan tekanan juga berguna di lapangan. Air yang diam di dasar kolom setinggi H menekan dengan tekanan $\rho \cdot g \cdot H$, sehingga satu bar (100.000 pascal) kira-kira setara dengan kolom air setinggi 10 meter ($100.000 \div (1.000 \times 9{,}8) = 10{,}2$ m). Karena itu manometer yang dipasang pada pipa pesat di dekat turbin, saat katup tertutup dan air diam, menunjukkan tekanan yang setara dengan tinggi jatuh kotor; cara ukurnya dibahas pada sub bab 5.2.

Contoh 1 — Daya listrik satu lokasi dari data survei

Pada Maret 2027, tim survei SMK mengukur calon lokasi PLTMH di Dusun Karang Sari. Debit sungai 35 L/s. Elevasi permukaan air bak penenang 312 m dan elevasi turbin 276 m. Efisiensi total 55 %. Gunakan $\rho = 1.000$ kg/m³ dan $g = 9{,}8$ m/s². Hitung daya air, daya listrik, dan energi maksimum per hari.

1. Debit: $35 \div 1.000 = 0{,}035$ m³/s.
2. Tinggi jatuh: $312 - 276 = 36$ m (soal tidak menyebut rugi pipa, jadi 36 m dipakai).
3. Daya air: $1.000 \times 9{,}8 \times 0{,}035 \times 36 = 12.348$ W.
4. Daya listrik: $12.348 \times 0{,}55 = 6.791$ W, kira-kira **6,8 kW**.
5. Energi maksimum sehari: $6{,}791 \times 24 = 163$ kWh.
6. Periksa dengan rumus ringkas: $9{,}8 \times 0{,}035 \times 36 \times 0{,}55 = 6{,}79$ kW. Sama.

Jawaban: **daya air 12,3 kW; daya listrik 6,8 kW; energi paling banyak 163 kWh per hari.** Kesalahan umum: memakai debit 35 (bukan 0,035) menghasilkan 6.791.400 W; lupa mengalikan efisiensi membuat daya air 12,3 kW dikira daya listrik. Bila soal memberi $g = 10$, hasilnya 6.930 W (6,9 kW). *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

Contoh 2 — Tinggi jatuh efektif dari rugi gesek

Pada Juni 2027, bengkel SMK merencanakan piko hidro untuk sebuah balai desa. Tinggi jatuh kotor 42 m. Pipa pesat memiliki rugi gesek 6 % dari tinggi jatuh kotor. Debit 60 L/s. Efisiensi turbin–generator 62 %. Gunakan $\rho = 1.000$ kg/m³ dan $g = 9{,}8$ m/s². Hitung tinggi jatuh efektif dan daya listrik, lalu bandingkan dengan hasil bila rugi pipa diabaikan.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1. Rugi gesek: $42 \times 0{,}06 = 2{,}52$ m.
2. Tinggi jatuh efektif: $42 - 2{,}52 = 39{,}48$ m (sama dengan $42 \times 0{,}94$).
3. Debit: $60 \div 1.000 = 0{,}06$ m³/s.
4. Daya listrik: $1.000 \times 9{,}8 \times 0{,}06 \times 39{,}48 \times 0{,}62 = 14.393$ W, kira-kira **14,4 kW**.
5. Bila rugi pipa diabaikan (memakai 42 m): $1.000 \times 9{,}8 \times 0{,}06 \times 42 \times 0{,}62 = 15.312$ W, yaitu 15,3 kW.
6. Selisih: $15.312 - 14.393 = 919$ W, kira-kira 6 % terlalu besar.

Jawaban: **tinggi jatuh efektif 39,48 m dan daya listrik 14,4 kW.** Mengabaikan rugi gesek membuat perkiraan daya 0,9 kW lebih besar daripada kenyataan, dan balai desa bisa kekurangan daya. Jebakan lain: mengalikan lagi dengan 0,94 (14,4 × 0,94 = 13,5 kW) menghitung rugi pipa dua kali. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

Contoh 3 — Memilih lokasi dengan syarat daya minimum

Pada Agustus 2027, sebuah dusun memerlukan daya listrik minimal 8 kW dari PLTMH. Tim survei mengukur empat calon lokasi dan mencatat tinggi jatuh kotor serta rugi gesek pipa pesat sebagai persen dari tinggi jatuh kotor. Efisiensi turbin–generator tiap lokasi dianggap 55 %. Gunakan $\rho = 1.000$ kg/m³ dan $g = 9{,}8$ m/s².

Lokasi	Debit (L/s)	Tinggi jatuh kotor (m)	Rugi gesek pipa
A	90	16	12 %
C	25	60	8 %
D	120	10	5 %
E	32	52	10 %

Kerjakan satu per satu. Gunakan rumus ringkas $P\,(\text{kW}) = 9{,}8 \times Q \times H_{efektif} \times \eta$ dengan Q dalam m³/s.

1. A: $H_{efektif} = 16 \times 0{,}88 = 14{,}08$ m; $9{,}8 \times 0{,}09 \times 14{,}08 \times 0{,}55 = 6{,}83$ kW.
2. C: $H_{efektif} = 60 \times 0{,}92 = 55{,}2$ m; $9{,}8 \times 0{,}025 \times 55{,}2 \times 0{,}55 = 7{,}44$ kW.
3. D: $H_{efektif} = 10 \times 0{,}95 = 9{,}5$ m; $9{,}8 \times 0{,}12 \times 9{,}5 \times 0{,}55 = 6{,}14$ kW.
4. E: $H_{efektif} = 52 \times 0{,}90 = 46{,}8$ m; $9{,}8 \times 0{,}032 \times 46{,}8 \times 0{,}55 = 8{,}07$ kW.
5. Hanya E yang mencapai 8 kW.

Jawaban: **lokasi E, dengan daya listrik sekitar 8,07 kW.** Lokasi D berdebit terbesar tetapi tinggi jatuhnya kecil sehingga hanya 6,14 kW. Perhatikan lokasi C: bila rugi gesek diabaikan (memakai 60 m), dayanya tampak 8,09 kW dan seolah memenuhi syarat; setelah rugi dihitung, tinggal 7,44 kW. Inilah alasan tinggi jatuh efektif, bukan kotor, yang dipakai. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

Contoh 4 — Debit kemarau dan kebutuhan malam hari

Pembangkit pada Contoh 1 (6,79 kW) menyalurkan listrik ke dusun yang memerlukan 5,0 kW

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

pada pukul 18.00–22.00, tanpa baterai. Pada puncak kemarau, debit turun menjadi 60 % dari debit biasa, sedangkan tinggi jatuh dan efisiensi tetap. Apakah kebutuhan malam masih terpenuhi?

1. Daya sebanding dengan debit, sehingga daya kemarau $= 6{,}79 \times 0{,}6 = 4{,}07$ kW.
2. Bandingkan dengan kebutuhan: $4{,}07 < 5{,}0$ kW.
3. Kekurangan: $5{,}0 - 4{,}07 = 0{,}93$ kW.

Jawaban: **belum terpenuhi.** Daya kemarau 4,07 kW kurang 0,93 kW dari kebutuhan malam. Penurunan debit sebesar 40 % menurunkan daya sebesar 40 % pula (bukan 64 %, yang akan terjadi bila daya dianggap sebanding dengan kuadrat debit). Solusinya dibahas di sub bab 4.6: kurangi atau geser beban. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

Contoh 5 — Membalik rumus: tinggi jatuh dan debit minimal

Pada November 2027, tim SMK menargetkan daya listrik 3,5 kW dari piko hidro untuk sebuah stasiun pembibitan hutan desa. Efisiensi total 55 %, $\rho = 1.000$ kg/m³, $g = 9{,}8$ m/s². (a) Bila debit tetap 30 L/s, berapa tinggi jatuh efektif minimal? (b) Bila tinggi jatuh efektif hanya 15 m, berapa debit minimal dalam L/s?

1. (a) Debit: $30 \div 1.000 = 0{,}03$ m³/s.
2. (a) $H = 3.500 \div (1.000 \times 9{,}8 \times 0{,}03 \times 0{,}55) = 3.500 \div 161{,}7 = 21{,}6$ m.
3. (b) $Q = 3.500 \div (1.000 \times 9{,}8 \times 15 \times 0{,}55) = 3.500 \div 80.850 = 0{,}0433$ m³/s.
4. (b) Dalam liter per detik: $0{,}0433 \times 1.000 = 43{,}3$ L/s.
5. Periksa: $1.000 \times 9{,}8 \times 0{,}03 \times 21{,}6 \times 0{,}55 = 3.493$ W, hasil (a) benar (selisih karena pembulatan).

Jawaban: **(a) tinggi jatuh efektif minimal sekitar 21,6 m; (b) debit minimal sekitar 43,3 L/s.** Kesalahan umum: mengalikan efisiensi alih-alih membaginya (hasil H hanya sekitar 6,5 m), atau lupa mengubah L/s sehingga debit tampak 0,0433 L/s. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

Ringkasan bagian ini

Daya air $= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$ berasal dari energi potensial air yang jatuh tiap detik; daya listrik = daya air $\times \eta$. Ubah debit dari L/s ke m³/s (÷ 1.000). Pakai tinggi jatuh efektif = kotor − rugi gesek. Daya berbanding lurus dengan Q dan H (bukan kuadrat). Bandingkan lokasi dari hasil kali $Q \times H$, tetapi pastikan yang dibandingkan daya listrik. Energi $= P \times t$.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- $P_{air} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$ dari energi potensial air per detik; $P = P_{air} \times \eta$.
- $\rho \approx$ **1.000 kg/m³;** g **= 9,8 atau 10 m/s²** (pakai yang diberikan soal). Ringkas: $P\,(\text{kW}) \approx 9{,}8 \times Q \times H \times \eta$.
- Q **dalam m³/s:** L/s ÷ 1.000.
- H **efektif =** H **kotor – rugi gesek;** jangan menghitung rugi dua kali.
- **Daya ∝** Q **dan ∝** H (lurus, tanpa pangkat).
- **Efisiensi dikalikan,** daya air bukan daya listrik. Bila rumus dibalik untuk mencari H atau Q yang dibutuhkan, efisiensi berada di pembagi.
- **Energi =** $P \times t$**;** PLTMH tanpa baterai: daya harus cukup saat beban menyala.

Gambar 4.9 merangkum konsep dan jebakannya.



Gambar 4.9 Peta konsep perhitungan dasar hidro: dari debit dan tinggi jatuh ke daya air, efisiensi, daya listrik, energi, dan perbandingan lokasi, beserta jebakan yang sering muncul. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal hitungan hidro:

1. **Tulis semua data dengan satuannya**, lalu ubah debit L/s menjadi m^3/s sebelum menyentuh rumus.
2. **Tentukan tinggi jatuh yang dipakai:** selisih elevasi, lalu kurangi rugi gesek bila diberikan. Pakai nilai efektif bila soal menyebutnya.
3. **Hitung daya air, lalu kalikan η.** Bila yang ditanya daya listrik, jangan berhenti di daya air.
4. **Bandingkan lokasi** dengan daya listrik yang sudah dihitung penuh, bukan debit atau tinggi jatuh saja.
5. **Cek kewajaran dan satuan akhir** (W atau kW), lalu pilih jawaban.

Jebakan khas pada soal ini:

- **Tinggi jatuh kotor dipakai** padahal soal memberi atau menyiratkan yang efektif.
- **Debit L/s dipakai sebagai m^3/s** (jawaban seribu kali terlalu besar).
- **Efisiensi dilupakan** (daya air dikira daya listrik) atau **dihitung dua kali**.
- **Lokasi berdebit terbesar dianggap terbaik**, padahal tinggi jatuhnya kecil.
- **Daya dianggap sebanding dengan kuadrat debit** ("debit setengah → daya seperempat").
- **g yang dipakai tidak sama dengan yang diminta soal** (selisih kecil tetapi menggeser pilihan jawaban yang berdekatan).
- **Selisih elevasi dikurangkan salah** (misalnya 245 − 225 dihitung 15).

Contoh salah tafsir: soal memberi elevasi bak penenang 245 m, elevasi turbin 225 m, debit 50 L/s, efisiensi 60 %. Siswa menulis $H = 245$ m (elevasi bak, bukan selisih) sehingga daya terlihat 12 kali lebih besar. Yang dipakai adalah selisih elevasi, yaitu tinggi jatuh, bukan ketinggian dari permukaan laut.

● BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut meminta daya listrik PLTMH dari data elevasi dan debit dalam liter per detik. Bedahlah dengan alur Gambar 4.8: ubah debit, hitung tinggi jatuh dari dua elevasi, kalikan semua faktor, lalu cocokkan dengan pilihan. Catat bahwa tiap pilihan yang salah dapat dijelaskan oleh satu langkah yang dilewati atau dihitung dua kali.

►. Tim survei SMK mengukur calon lokasi PLTMH di Desa Talang Baru (2027). Debit rencana 50 liter per detik. Elevasi permukaan air bak penenang 245 m dan elevasi turbin di rumah pembangkit 225 m. Efisiensi total turbin–generator diperkirakan 60%. Gunakan massa jenis air 1.000 kg/m^3 dan g = 10 m/s^2. Hasil hitungan akan dipakai untuk menentukan jumlah rumah yang dapat dilayani.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)

Perkiraan daya listrik keluaran PLTMH tersebut adalah ....

A. 3,6 kW
B. 4,5 kW
C. 5,0 kW
D. 6,0 kW
E. 10,0 kW

Pembahasan **Kunci: D**

Konsep: Daya listrik PLTMH: $P = \rho \times g \times Q \times H \times \eta$, dengan Q dalam m^3/s dan H tinggi jatuh (selisih elevasi) dalam meter.

Langkah:

1. $Q = 50\ L/s = 0{,}05\ m^3/s$.
2. $H = 245 - 225 = 20\ m$.
3. $P = 1.000 \times 10 \times 0{,}05 \times 20 \times 0{,}6 = 6.000\ W = 6{,}0\ kW$.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Efisiensi 60% dikalikan dua kali (10 kW × 0,6 × 0,6).
- **B.** ✗ Hitungan memakai tinggi 15 m (salah kurang), bukan 20 m.
- **C.** ✗ Daya dihitung dengan efisiensi 50%, bukan 60%.
- **D.** ✓ 1.000 × 10 × 0,05 × 20 × 0,6 = 6.000 W.
- **E.** ✗ Jebakan: 10 kW adalah daya air sebelum dikalikan efisiensi.

Jawaban: D.

✎ LATIHAN

Kerjakan tanpa melihat kunci. Tulis tiap langkah sesuai alur Gambar 4.8 dan periksa satuan debit lebih dulu.

1. PLTMH pondok pesantren di kaki bukit (2027) memiliki debit 100 liter per detik, tinggi jatuh efektif 8 m, dan efisiensi total 50%. Gunakan ρ air = 1.000 kg/m^3 dan g = 10 m/s^2. Pengurus berencana memindahkan rumah pembangkit lebih ke bawah sehingga tinggi jatuh efektif menjadi 12 m dengan debit yang sama. Pada kemarau, debit diperkirakan turun setengahnya.

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)

Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Daya listrik saat ini sekitar 4 kW.	○	○
Setelah rumah pembangkit dipindah, daya listrik menjadi sekitar 6 kW.	○	○
Pada kemarau dengan tinggi jatuh 8 m, daya listrik turun menjadi sekitar seperempatnya, yaitu 1 kW.	○	○

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. Tim survei SMK memeriksa empat calon lokasi PLTMH untuk dusun yang membutuhkan daya listrik minimal 15 kW (2027). Efisiensi total turbin–generator 60%, ρ air 1.000 kg/m³, dan g = 10 m/s².

Lokasi	Debit (m³/s)	Tinggi jatuh (m)
P	0,08	25
Q	0,15	15
R	0,05	60
S	0,20	10

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)

Lokasi yang memenuhi kebutuhan adalah ....

A. Lokasi S, karena debitnya paling besar
B. Lokasi R, karena dayanya sekitar 18 kW
C. Lokasi Q, karena dayanya sekitar 22,5 kW
D. Lokasi P, karena dayanya sekitar 20 kW
E. Tidak ada lokasi yang mencapai 15 kW

Kunci singkat: 1. 1B 2B 3S 2. B

✔ PERIKSA DIRI

- Debit sungai 80 L/s dimasukkan sebagai $Q = 80$ ke rumus daya. Mengapa hasilnya salah, dan berapa kali lipat kesalahannya?
- Debit turun menjadi setengah pada musim kemarau. Berapa bagian daya yang tersisa, dan mengapa bukan seperempat?
- **Yang harus kuingat:** $P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot \eta$ dengan Q dalam m³/s dan H efektif; daya $\propto Q$ dan $\propto H$.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 4.2: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktet&node=SMKTET-4.2

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 4.3 · Perhitungan dasar konversi energi surya

SMKTET-4.3

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu menghitung dasar-dasar konversi energi surya: berapa energi yang dihasilkan modul, berapa modul dan baterai yang diperlukan untuk suatu beban, dan bagaimana tegangan serta arus bila modul disusun seri dan paralel. Soal TKA SMK Teknik Energi Terbarukan di sub bab ini berupa kasus lampu jalan, toko, kantin, atau pos kesehatan yang memakai PLTS, lengkap dengan beban harian, jam matahari puncak, efisiensi sistem, tegangan baterai, dan kadang label modul. Kesalahan yang paling sering ditemukan bukan pada hitungannya, melainkan pada **arah operasi**: efisiensi dikali padahal seharusnya membagi, tegangan 12 V dipakai di sistem 24 V, dan nilai tegangan atau arus saat daya maksimum tertukar dengan nilai batas.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan arti Wp, kondisi uji standar, dan jam matahari puncak (PSH);
- menghitung energi harian modul dengan $E = Wp \times PSH \times \eta$ dan membalikkannya untuk mencari Wp yang diperlukan;
- menentukan jumlah modul dari kebutuhan Wh, dibulatkan ke atas;
- menghitung kapasitas baterai dengan $Ah = Wh \div (V \times DoD)$ dan memperhitungkan hari otonomi;
- menentukan tegangan dan arus susunan modul seri dan paralel, serta membedakan V_{mp}, I_{mp} dari V_{oc}, I_{sc}.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Modul surya mengubah cahaya matahari menjadi listrik arus searah (DC). Besarnya listrik itu berubah sepanjang hari mengikuti terik matahari, dan angka yang tertera pada modul hanya berlaku pada kondisi tertentu. Karena itu, untuk merencanakan PLTS kita perlu "alat tukar" yang menerjemahkan keadaan cuaca sebenarnya menjadi energi yang bisa dihitung. Alat tukar itu adalah jam matahari puncak. Bagian ini menjelaskan satu per satu: label modul, jam matahari puncak, rumus energi harian, cara menentukan jumlah modul dan baterai, serta cara membaca susunan seri dan paralel.

1. Wp dan kondisi uji standar

Pada label modul tertulis misalnya **330 Wp**. Wp berarti *watt-peak*, daya puncak: daya maksimum modul pada **kondisi uji standar** (*Standard Test Conditions*, STC). Kondisi uji standar ditetapkan agar semua modul di dunia diuji dengan cara yang sama: radiasi 1.000 W/m² pada permukaan modul, suhu sel 25 °C, dan spektrum cahaya matahari acuan yang disebut AM 1,5.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sebagian sumber menuliskan suhu itu sebagai suhu modul; yang penting, 25 °C jauh lebih rendah daripada suhu modul di atap tropis pada siang terik.

Akibatnya, **Wp adalah daya di laboratorium, bukan daya sepanjang hari.** Modul 330 Wp tidak menghasilkan 330 W terus-menerus. Pagi dan sore hari radiasinya jauh di bawah 1.000 W/m², siang hari modul menjadi panas sehingga tegangannya turun, dan debu atau bayangan mengurangi cahaya yang masuk. Karena itulah dalam perhitungan selalu ada dua koreksi: PSH (cahaya yang sebenarnya) dan efisiensi sistem (rugi-rugi).

Label modul memuat pula empat besaran listrik yang akan terus kita pakai:

Besaran	Arti	Kapan dipakai
P_{max} (Wp)	daya maksimum pada STC	menghitung kapasitas dan jumlah modul
V_{mp}	tegangan saat modul bekerja pada daya maksimum	menghitung tegangan dan daya kerja
I_{mp}	arus saat modul bekerja pada daya maksimum	menghitung arus dan daya kerja
V_{oc}	tegangan terbuka (*open circuit*): tegangan bila modul tidak dibebani	batas tegangan masukan pengendali, keselamatan
I_{sc}	arus hubung singkat (*short circuit*): arus bila kutub modul dihubungkan langsung	batas arus, pemilihan pengaman

Daya maksimum didapat dari $P_{max} = V_{mp} \times I_{mp}$. Hasil kali $V_{oc} \times I_{sc}$ **bukan** daya yang bisa diambil, sebab kedua nilai itu tidak terjadi bersamaan: saat tegangan sama dengan V_{oc} arus nol, dan saat arus sama dengan I_{sc} tegangan nol. V_{oc} selalu lebih besar daripada V_{mp} dan I_{sc} selalu sedikit lebih besar daripada I_{mp}.

2. Jam matahari puncak (PSH)

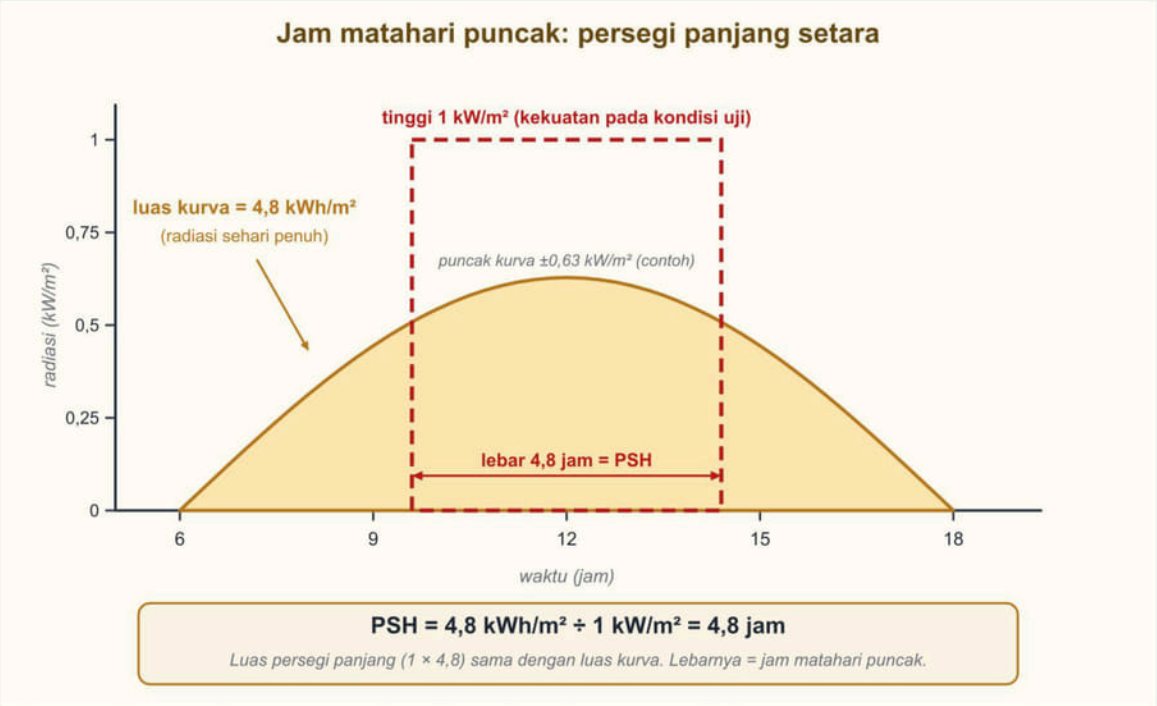
Radiasi matahari yang sampai ke permukaan datar berubah sepanjang hari: kecil di pagi hari, mencapai puncak sekitar tengah hari, lalu turun lagi. Energi radiasi seluruh hari dinyatakan dalam kWh per meter persegi per hari (kWh/m²/hari). Ukuran ini sama saja dengan luas daerah di bawah kurva radiasi pada Gambar 4.10.

Jam matahari puncak (*peak sun hours*, PSH) adalah ukuran penyederhana: energi radiasi sehari yang sama, tetapi dibayangkan datang dengan kekuatan tetap 1.000 W/m² (1 kW/m²), yaitu kekuatan pada kondisi uji standar. Lama penyinaran "setara" itulah PSH:

$$PSH = \frac{\text{energi radiasi harian } (\text{kWh/m}^2)}{1\ \text{kW/m}^2}$$

Karena pembaginya 1, **angka PSH sama dengan angka kWh/m²/hari**. Radiasi 4,8 kWh/m²/hari berarti PSH 4,8 jam. Menurut Kementerian ESDM, rata-rata radiasi matahari di Indonesia kira-kira 4,8 kWh/m²/hari; nilai di tiap lokasi berbeda sehingga soal selalu memberikan PSH-nya, biasanya antara 4 dan 5 jam.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 4.10 Kurva radiasi sepanjang hari (digambar sebagai contoh) dan persegi panjang setara dengan tinggi 1 kW/m² dan lebar 4,8 jam: luasnya sama, yaitu 4,8 kWh/m². Lebar persegi panjang itulah jam matahari puncak. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Jadi PSH bukan lama matahari bersinar (misalnya 11 jam dari terbit sampai terbenam), melainkan jumlah jam bila matahari dianggap bersinar sekuat kondisi uji. Itu sebabnya PSH selalu jauh lebih kecil daripada lama siang.

PSH berubah menurut lokasi dan musim: hari berawan atau musim hujan memberi radiasi lebih kecil daripada hari cerah. Untuk sistem yang harus tetap melayani beban sepanjang tahun, perencana memakai PSH **bulan yang paling rendah**, bukan rata-rata tahunan, sehingga sistem tidak kekurangan energi pada musim yang paling berawan. Soal TKA biasanya memberi satu angka PSH sehingga kamu tinggal memakainya, tetapi bila diberi beberapa angka, pilihlah yang sesuai dengan pertanyaan ("pada musim paling sulit" berarti angka terendah). Besaran lain yang menurunkan produksi nyata, yaitu suhu modul yang panas, debu, dan bayangan, sudah dimasukkan ke dalam efisiensi sistem pada bagian berikut, bukan ke dalam PSH.

3. Energi harian modul

Modul berdaya puncak Wp yang menyala "setara" PSH jam menghasilkan energi ideal $Wp \times PSH$ (Wh). Namun tidak semua energi itu sampai ke beban: ada rugi pada kabel, pengendali pengisian, baterai (pengisian dan pengosongan), inverter, suhu modul yang panas, dan debu di permukaan. Rugi-rugi itu dirangkum dalam **efisiensi sistem** η (sub bab 4.1: efisiensi tiap tahap dikalikan; mis. $0{,}95 \times 0{,}90 \times 0{,}85 \approx 0{,}73$). Sehingga energi yang benar-benar tersedia di beban adalah

$$E = Wp \times PSH \times \eta$$

Contoh: 250 Wp, PSH 4,5 jam, efisiensi sistem 0,75: $E = 250 \times 4{,}5 \times 0{,}75 = 843{,}75$ Wh sehari. Tanpa efisiensi, hasilnya 1.125 Wh; selisih 281 Wh itu hilang di sepanjang jalan.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

4. Menentukan Wp dan jumlah modul dari kebutuhan

Sekarang arahnya dibalik. Kita sudah tahu kebutuhan energi beban harian E_{beban} dan ingin tahu berapa Wp modul yang diperlukan. Energi yang sampai beban harus paling sedikit sama dengan kebutuhan: $Wp \times PSH \times \eta \geq E_{beban}$. Dengan menyelesaikan untuk Wp:

$$Wp = \frac{E_{beban}}{PSH \times \eta}$$

Perhatikan: efisiensi **membagi**. Alasannya: modul harus menghasilkan **lebih banyak** daripada kebutuhan, supaya setelah dikurangi rugi-rugi masih tersisa sebanyak kebutuhan. Bila efisiensi 0,75, modul harus menghasilkan $1 \div 0{,}75 = 1{,}33$ kali kebutuhan. Itulah sebabnya cara "tambah saja 25 % untuk rugi" memberi hasil kurang: menambah 25 % (× 1,25) lebih kecil daripada dibagi 0,75 (× 1,333). Selisih kecil ini cukup untuk menggeser jawaban ke pilihan pengecoh.

Setelah Wp total diketahui, **jumlah modul** $= Wp$ total $\div$ Wp per modul, dan hasilnya **dibulatkan ke atas**, karena modul dijual utuh dan membulatkan ke bawah berarti energi kurang. Sebagai pemeriksaan, hitung ulang produksi dengan jumlah modul yang dipilih dan pastikan tidak lebih kecil daripada kebutuhan.

5. Menentukan kapasitas baterai

PLTS off-grid memerlukan baterai agar beban malam dan hari mendung tetap terlayani. Kapasitas baterai dinyatakan dalam **ampere-jam (Ah)**, sedangkan beban dalam watt-jam. Penghubungnya adalah tegangan: $Wh = V \times Ah$, sehingga $Ah = Wh \div V$. Tiga hal ditambahkan.

1. **Tegangan sistem** V (12 V, 24 V, atau 48 V) adalah tegangan bank baterai, bukan tegangan satu baterai yang kebetulan dipegang. Energi yang sama pada tegangan lebih tinggi memerlukan Ah lebih sedikit: 1.000 Wh pada 12 V = 83,3 Ah, pada 24 V = 41,7 Ah.
2. **Kedalaman pengosongan (*depth of discharge*, DoD)** adalah bagian kapasitas yang boleh dipakai. Baterai tidak boleh dikosongkan habis tiap hari karena umurnya cepat berkurang. Baterai timbal-asam umumnya dibatasi sekitar 50 % (DoD 0,5), sedangkan baterai litium besi fosfat ($LiFePO_4$) umumnya dapat dipakai sekitar 80 % atau lebih. Karena hanya sebagian kapasitas yang boleh dipakai, kapasitas baterai harus **lebih besar**: kapasitas = energi yang diambil ÷ DoD. Itulah mengapa DoD **membagi**, bukan mengalikan.
3. **Hari otonomi** adalah jumlah hari baterai harus sanggup melayani beban tanpa tambahan dari modul (cuaca mendung berturut-turut). Kalikan energi beban dengan jumlah hari otonomi.

Dari sini:

$$Ah = \frac{Wh \times \text{hari otonomi}}{V \times DoD}$$

Rumus pokoknya, $Ah = Wh \div (V \times DoD)$, adalah kasus hari otonomi satu. Ini adalah rumus dasar; soal yang memerlukan faktor lain (misalnya efisiensi baterai) akan menyebutnya. Satu pertalian lagi berguna di lapangan: arus yang ditarik beban dari baterai adalah $I = P \div V$.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Lampu 40 W pada sistem 12 V menarik $40 \div 12 = 3{,}33$ A, tetapi pada sistem 24 V hanya $40 \div 24 = 1{,}67$ A. Karena arus lebih kecil, kabel dapat lebih tipis dan rugi pada kabel lebih kecil; itulah alasan sistem yang lebih besar memakai tegangan lebih tinggi. Baterai disusun dengan aturan yang sama seperti modul: **seri menambah tegangan, paralel menambah kapasitas Ah**. Dua baterai 12 V 100 Ah disusun seri menjadi 24 V 100 Ah; dua pasang yang diparalel menjadi 24 V 200 Ah.

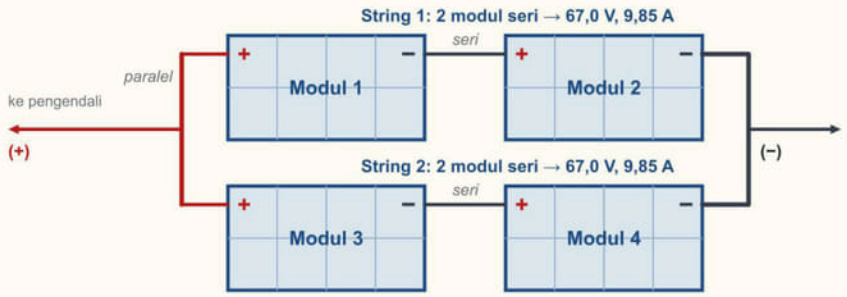
6. Modul seri dan paralel

Satu modul jarang cukup. Beberapa modul disambung agar tegangan atau arusnya sesuai dengan pengendali pengisian dan baterai. Aturannya sama seperti pada baterai.

- **Seri** (kutub plus satu modul disambung ke kutub minus modul berikutnya): **tegangan dijumlahkan, arus tetap sama**. Dua modul V_{mp} 33,5 V disambung seri memberi 67 V pada arus yang sama dengan satu modul.
- **Paralel** (semua plus disambung ke plus, semua minus ke minus): **arus dijumlahkan, tegangan tetap sama**. Dua string disambung paralel memberi arus dua kali pada tegangan yang sama.
- Satu **string** adalah modul-modul yang disusun seri; beberapa string kemudian diparalel. Susunan "2S2P" berarti 2 modul seri, 2 string paralel, jadi 4 modul.

Daya kerja susunan adalah jumlah daya semua modul, dan sama dengan hasil kali tegangan kerja susunan dan arus kerja susunan. Pakailah V_{mp} **dan** I_{mp} bila yang ditanya adalah tegangan, arus, atau daya saat modul bekerja pada daya maksimum. Pakailah V_{oc} **dan** I_{sc} hanya untuk batas: V_{oc} string tidak boleh melebihi batas tegangan masukan pengendali (suhu modul yang rendah, misalnya pagi hari, membuat tegangan modul lebih tinggi), dan arus hubung singkat total menentukan pemilihan sekering dan pengaman. Gambar 4.11 memperlihatkan susunan 2S2P lengkap dengan kedua kelompok angka itu.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Besaran	Satu modul	Susunan 2S2P	Aturan
Vmp (kerja)	33,5 V	**67,0 V**	seri: dijumlahkan
Imp (kerja)	9,85 A	**19,7 A**	paralel: dijumlahkan
Daya Vmp × Imp	330 W	**1.320 W**	4 × 330 W
Voc (batas)	40,6 V	**81,2 V**	seri: dijumlahkan
Isc (batas)	10,45 A	**20,9 A**	paralel: dijumlahkan

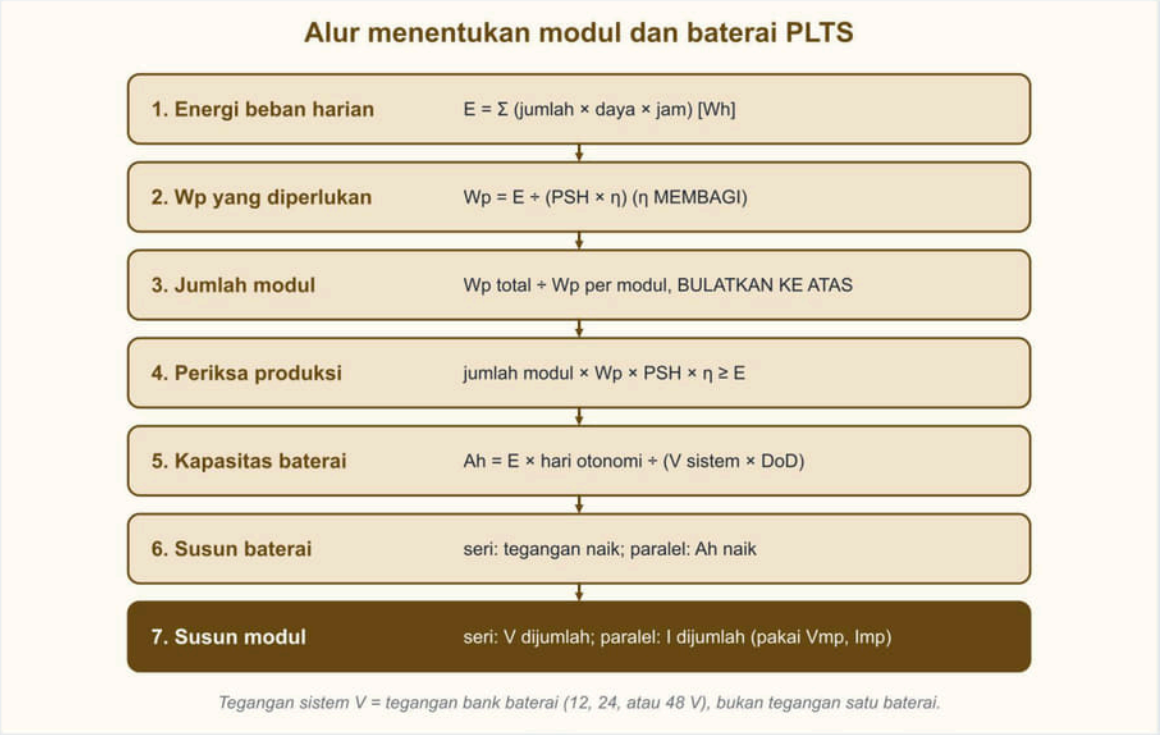
Voc dan Isc hanya dipakai untuk memeriksa batas pengendali; daya kerja memakai Vmp dan Imp.

Gambar 4.11 Empat modul 330 Wp (Vmp 33,5 V; Imp 9,85 A; Voc 40,6 V; Isc 10,45 A) disusun 2 seri × 2 paralel: tegangan kerja 67,0 V, arus kerja 19,7 A, daya sekitar 1.320 W; Voc string 81,2 V dan Isc total 20,9 A untuk memeriksa batas pengendali. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

7. Alur menentukan modul dan baterai

Semua langkah di atas dapat diurutkan seperti pada Gambar 4.12: hitung dulu energi beban harian (sub bab 4.1), baru modul, baru baterai, dan terakhir periksa susunannya.



Gambar 4.12 Alur menentukan modul dan baterai PLTS: energi beban harian, Wp dari PSH dan efisiensi, jumlah modul dibulatkan ke atas, Ah dari tegangan sistem, DoD, dan hari otonomi, lalu susunan seri-paralel. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Contoh 1 — Modul dan baterai untuk beban harian

Pada April 2027, balai kelompok pembudidaya rumput laut di Pulau Karang Biru memasang PLTS off-grid. Beban harian: 6 lampu LED 9 W menyala 5 jam; 1 TV 40 W menyala 3 jam; 1 lemari pendingin bahan 75 W yang kompresornya bekerja 8 jam; 1 pengisi baterai radio 25 W selama 4 jam. Jam matahari puncak 4,5 jam; efisiensi sistem 0,75. Modul tersedia 150 Wp. Sistem 24 V dengan baterai timbal-asam (asumsi DoD 0,5) dan hari otonomi 2 hari; baterai tersedia 12 V 100 Ah. Tentukan jumlah modul dan susunan baterai.

1. Energi beban: lampu $6 \times 9 \times 5 = 270$ Wh; TV $40 \times 3 = 120$ Wh; lemari pendingin $75 \times 8 = 600$ Wh; pengisi $25 \times 4 = 100$ Wh. Total **1.090 Wh**.
2. Wp yang diperlukan: $1.090 \div (4{,}5 \times 0{,}75) = 1.090 \div 3{,}375 = 322{,}96$ Wp.
3. Jumlah modul: $322{,}96 \div 150 = 2{,}15$, dibulatkan ke atas menjadi **3 modul** (450 Wp).
4. Periksa produksi: $450 \times 4{,}5 \times 0{,}75 = 1.518{,}75$ Wh ≥ 1.090 Wh. Dua modul hanya 1.012,5 Wh, kurang.
5. Kapasitas baterai: $1.090 \times 2 \div (24 \times 0{,}5) = 2.180 \div 12 = 181{,}7$ Ah (pada 24 V).
6. Susunan: dua baterai 12 V diseri menjadi 24 V (100 Ah); satu pasang saja 100 Ah kurang, sehingga dua pasang diparalel menjadi 200 Ah. Total **4 baterai** 12 V 100 Ah.
7. Periksa: $24 \times 200 \times 0{,}5 = 2.400$ Wh dapat dipakai ≥ 2.180 Wh.

Jawaban: **3 modul 150 Wp dan 4 baterai 12 V 100 Ah (24 V 200 Ah).** Kesalahan umum: memakai 12 V pada langkah 5 memberi 363 Ah (dua kali lipat); mengabaikan DoD memberi 90,8 Ah (hanya setengah dari kebutuhan); "menambah 25 % saja" memberi 302,8 Wp, hasil yang kurang. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

Contoh 2 — Tegangan dan arus susunan 2S2P

Pada Juni 2027, bengkel SMK memasang empat modul pada atap gudang kelompok tani. Label tiap modul (data fiktif): P_{max} 330 W; V_{mp} 33,5 V; I_{mp} 9,85 A; V_{oc} 40,6 V; I_{sc} 10,45 A. Modul disusun 2 seri × 2 paralel dan masuk ke pengendali pengisian yang batas masukannya 100 V dan 25 A (lembar data fiktif). Tentukan tegangan dan arus saat daya maksimum, dayanya, dan periksa batas pengendali.

1. Tegangan kerja string: 2 seri $= 2 \times 33{,}5 = 67{,}0$ V.
2. Arus kerja total: 2 string paralel $= 2 \times 9{,}85 = 19{,}7$ A.
3. Daya kerja: $67{,}0 \times 19{,}7 = 1.319{,}9$ W, kira-kira 1.320 W. Cocok dengan $4 \times 330 = 1.320$ W.
4. Tegangan terbuka string: $2 \times 40{,}6 = 81{,}2$ V (batas masukan 100 V: aman).
5. Arus hubung singkat total: $2 \times 10{,}45 = 20{,}9$ A (batas masukan 25 A: aman).

Jawaban: **67,0 V dan 19,7 A (sekitar 1.320 W)**; V_{oc} string 81,2 V dan I_{sc} total 20,9 A masih di bawah batas pengendali. Jebakan: menjumlahkan semua tegangan seolah keempat modul seri (134 V); memakai V_{oc} dan I_{sc} sebagai tegangan dan arus kerja (hasil $81{,}2 \times 20{,}9 = 1.697$ W, lebih besar dari daya modul); mengambil tegangan satu modul saja. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Contoh 3 — Kios fotokopi: memilih ukuran modul dan baterai

Pada September 2027, sebuah kios fotokopi di pasar desa Kabupaten Luwu memasang PLTS off-grid. Beban harian: 5 lampu LED 10 W menyala 9 jam; mesin fotokopi 700 W yang bekerja total 0,8 jam; laptop 45 W selama 8 jam. Jam matahari puncak 4,2 jam; efisiensi sistem 0,7. Sistem 24 V memakai baterai $LiFePO_4$ (asumsi DoD 0,8) dengan hari otonomi 1 hari. Modul tersedia dalam dua ukuran, 150 Wp dan 250 Wp (dipilih satu ukuran saja); baterai 24 V tersedia 50, 75, dan 100 Ah. Tentukan jumlah modul untuk tiap ukuran, mana yang lebih hemat, dan baterai terkecil yang mencukupi; hitung juga kebutuhan Ah bila sistemnya 12 V.

1. Energi beban: lampu $5 \times 10 \times 9 = 450$ Wh; fotokopi $700 \times 0{,}8 = 560$ Wh; laptop $45 \times 8 = 360$ Wh. Total **1.370 Wh**.
2. Wp yang diperlukan: $1.370 \div (4{,}2 \times 0{,}7) = 1.370 \div 2{,}94 = 466{,}0$ Wp.
3. Modul 150 Wp: $466{,}0 \div 150 = 3{,}11$, dibulatkan ke atas menjadi 4 modul (600 Wp). Tiga modul saja menghasilkan $450 \times 2{,}94 = 1.323$ Wh < 1.370 Wh, jadi memang kurang.
4. Modul 250 Wp: $466{,}0 \div 250 = 1{,}86$, dibulatkan ke atas menjadi 2 modul (500 Wp); produksi $500 \times 2{,}94 = 1.470$ Wh ≥ 1.370 Wh.
5. Pilihan: 2 modul 250 Wp (500 Wp) lebih sedikit daripada 4 modul 150 Wp (600 Wp).
6. Baterai 24 V: $1.370 \times 1 \div (24 \times 0{,}8) = 1.370 \div 19{,}2 = 71{,}4$ Ah. Ukuran terkecil yang cukup: **75 Ah**.
7. Bila sistemnya 12 V: $1.370 \div (12 \times 0{,}8) = 142{,}7$ Ah, dua kali lebih besar.

Jawaban: **2 modul 250 Wp dan baterai 75 Ah (24 V)**; bila memakai modul 150 Wp diperlukan 4 modul. Perhatikan bahwa 3,11 modul tetap harus menjadi 4: pembulatan ke atas berlaku walau sisanya kecil. Pada 12 V diperlukan 142,7 Ah. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

Ringkasan bagian ini

Wp adalah daya puncak pada kondisi uji standar (1.000 W/m², 25 °C, AM 1,5). PSH sama dengan kWh/m²/hari. $E = Wp \times PSH \times \eta$; untuk mencari Wp, **bagi** dengan $PSH \times \eta$ dan bulatkan jumlah modul ke atas. Baterai: $Ah = Wh \times \text{hari} \div (V \times DoD)$ dengan V tegangan sistem. Seri menjumlahkan tegangan, paralel menjumlahkan arus. Gunakan V_{mp}, I_{mp} untuk kondisi kerja dan V_{oc}, I_{sc} hanya untuk batas.

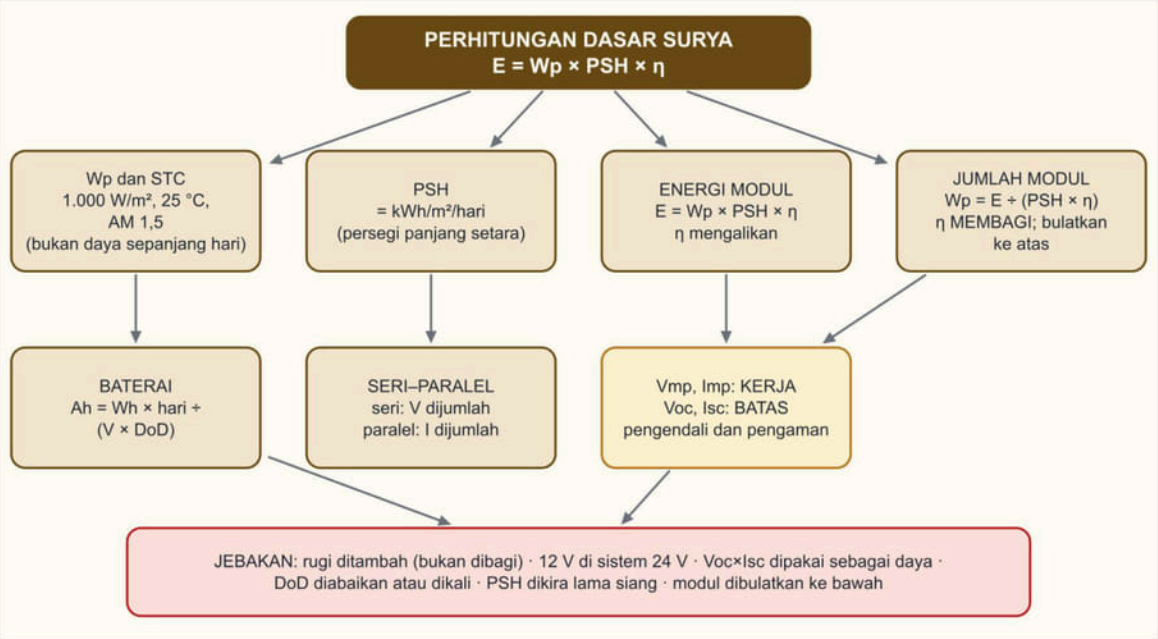
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- **Wp** = daya puncak pada STC (1.000 W/m², 25 °C, AM 1,5), bukan daya sepanjang hari.
- **PSH** = kWh/m²/hari (angka sama); rata-rata Indonesia ±4,8 (ESDM); soal memberikannya.
- $E = Wp \times PSH \times \eta$; untuk mencari modul: $Wp = E \div (PSH \times \eta)$, jumlah modul dibulatkan **ke atas**.
- $Ah = Wh \times \text{hari otonomi} \div (V \times DoD)$, dengan V tegangan sistem; DoD membagi.
- **Seri:** tegangan dijumlahkan; **paralel:** arus dijumlahkan. 2S2P = 4 modul.
- V_{mp}, I_{mp} untuk kondisi kerja dan daya; V_{oc}, I_{sc} hanya batas pengendali dan pengaman.

Gambar 4.13 merangkum hubungan konsep-konsep ini.



Gambar 4.13 Peta konsep perhitungan dasar surya: Wp dan STC, PSH, energi harian, jumlah modul, kapasitas baterai, dan susunan seri-paralel, beserta jebakan yang sering muncul. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal hitungan surya:

1. **Hitung energi beban harian lebih dulu** (jumlah × daya × jam), dalam Wh.
2. **Tentukan arah operasi.** "Berapa Wp yang diperlukan?" berarti membagi dengan $PSH \times \eta$. "Berapa energi yang dihasilkan?" berarti mengalikan. Tulis arahnya sebelum menghitung.
3. **Bulatkan jumlah modul dan baterai ke atas**, lalu periksa kembali produksi dan kapasitas dengan angka yang sudah dibulatkan.
4. **Baterai:** pakai tegangan sistem, bagi dengan DoD, kalikan hari otonomi. Susun seri untuk tegangan, paralel untuk Ah.
5. **Susunan modul:** ambil V_{mp}, I_{mp} untuk kerja; jumlahkan tegangan pada seri dan arus pada paralel.
6. **Periksa hasil kali:** tegangan kerja × arus kerja harus mendekati jumlah Wp semua modul.

Jebakan khas pada soal ini:

- **Rugi 25 % ditambahkan** (× 1,25) padahal harus **dibagi** dengan 0,75; atau efisiensi dikalikan ke kebutuhan.
- **Tegangan 12 V dipakai** padahal sistem 24 V (atau sebaliknya).
- V_{oc} **dan** I_{sc} **dipakai** untuk menghitung daya atau arus kerja.
- **DoD diabaikan** atau **dikalikan** (seharusnya dibagi).
- **PSH dikira lama siang** (misalnya 11 jam).
- **Jumlah modul dibulatkan ke bawah**, atau dibulatkan sebelum seluruh langkah selesai.
- **Seri dan paralel tertukar:** semua modul dianggap seri, atau arus string tidak dijumlahkan.
- **Daya alat (W) dibandingkan dengan Wp modul**, padahal yang dibandingkan adalah energi harian (Wh).

Contoh salah tafsir: beban 360 Wh, PSH 4 jam, efisiensi 75 %. Siswa menghitung $360 \div 4 = 90$ lalu menambah 25 % menjadi 112,5 Wp. Yang benar: $90 \div 0{,}75 = 120$ Wp. Selisih 7,5 Wp tampak kecil, tetapi dua pilihan jawaban yang berdekatan bisa berada tepat di sela itu.

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut meminta energi atau kapasitas dari data baterai pada sistem 24 V. Bedahlah dengan alur Gambar 4.12: tentukan lebih dulu rumus dan arah operasinya, kerjakan satu per satu, lalu periksa pilihan jawaban mana yang muncul bila tegangan salah atau DoD diabaikan atau dikalikan.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

►. Toko ikan hias Pak Burhan (2027) memakai PLTS off-grid dengan sistem baterai 24 V. Pada malam hari, lampu dan pompa udara akuarium memakai energi total 1.200 Wh. Agar baterai awet, energi yang diambil dari baterai dibatasi 50% dari kapasitasnya (DoD 50%). Teknisi menghitung kapasitas baterai minimum sebelum memesan baterai.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Kapasitas baterai minimum yang diperlukan adalah ....

A. 25 Ah
B. 50 Ah
C. 100 Ah
D. 200 Ah
E. 2.400 Ah

Pembahasan **Kunci: C**

Konsep: Kapasitas baterai (Ah) = energi beban (Wh) ÷ tegangan sistem (V) ÷ DoD.

Langkah:
1. 1.200 Wh ÷ 24 V = 50 Ah (energi yang diambil).
2. DoD 50% → 50 ÷ 0,5 = 100 Ah.

Analisis setiap opsi:
- **A.** ✗ DoD dikalikan, bukan dibagi: 50 × 0,5 = 25 Ah.
- **B.** ✗ Jebakan: DoD diabaikan sehingga baterai dikuras habis setiap malam.
- **C.** ✓ 1.200 ÷ 24 ÷ 0,5 = 100 Ah.
- **D.** ✗ Jebakan: memakai tegangan 12 V, padahal sistemnya 24 V.
- **E.** ✗ Tegangan sistem tidak dipakai: 1.200 ÷ 0,5 = 2.400 (satuan Wh, bukan Ah).

Jawaban: C.

✎ LATIHAN

Kerjakan tanpa melihat kunci. Tulis rumusnya dulu, lalu angka, lalu pembulatan.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1. Empat modul dengan label seperti pada gambar dipasang di atap pos kesehatan desa (2027). Modul dirangkai 2 seri × 2 paralel (dua string, masing-masing berisi dua modul seri) lalu masuk ke SCC MPPT. Teknisi perlu mengetahui tegangan dan arus masukan SCC saat modul bekerja pada daya maksimum dalam kondisi uji standar.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tegangan dan arus masukan SCC pada kondisi tersebut adalah ....



MODUL SURYA MONOKRISTAL SR-200M	
Daya maksimum (Pmax)	**200 W**
Tegangan pada Pmax (Vmp)	**18,6 V**
Arus pada Pmax (Imp)	**10,75 A**
Tegangan rangkaian terbuka (Voc)	**22,4 V**
Arus hubung singkat (Isc)	**11,40 A**
Kondisi uji	**STC 1.000 W/m², 25 °C**
Tegangan sistem maks.	**1.000 V DC**

A. 18,6 V dan 21,50 A
B. 37,2 V dan 21,50 A
C. 37,2 V dan 10,75 A
D. 44,8 V dan 22,80 A
E. 74,4 V dan 10,75 A

2. Kelurahan meminta bengkel SMK merakit lampu PJU tenaga surya untuk gang kampung (2027). Setiap unit memakai lampu LED 30 W yang menyala 12 jam per malam. Jam matahari puncak di lokasi 4 jam per hari dan efisiensi sistem (kabel, SCC, baterai) 75%. Siswa diminta menghitung kapasitas modul minimum per unit sebelum memilih modul dari katalog.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Kapasitas modul minimum per unit adalah ....

A. 68 Wp
B. 90 Wp
C. 113 Wp
D. 120 Wp
E. 480 Wp

Kunci singkat: 1. B 2. D

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa untuk mencari Wp yang diperlukan kamu **membagi** dengan efisiensi, sedangkan untuk mencari energi yang dihasilkan kamu **mengalikan**?
- Dua modul identik disambung seri lalu dua string seperti itu disambung paralel. Apa yang terjadi pada tegangan dan arus dibandingkan dengan satu modul?
- **Yang harus kuingat:** $E = Wp \times PSH \times \eta$; $Wp = E \div (PSH \times \eta)$; $Ah = Wh \times \text{hari} \div (V \times DoD)$; seri jumlahkan tegangan, paralel jumlahkan arus, pakai V_{mp} dan I_{mp} untuk kerja.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 4.3: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktet&node=SMKTET-4.3

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 4.4 · Perhitungan dasar konversi energi bayu

SMKTET-4.4

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu menghitung daya dan energi turbin angin dengan rumus dasar serta asumsi sederhana. Soal TKA SMK Teknik Energi Terbarukan di sub bab ini biasanya berupa turbin kecil di sekolah, kandang, tambak, atau pulau: diameter rotor, kecepatan angin, massa jenis udara, dan koefisien daya diberikan, lalu kamu diminta menghitung daya, membandingkan dua lokasi atau dua turbin, atau menjumlahkan energi harian dari tabel kecepatan dan lama angin. Jebakan terbesar ada di tiga tempat: diameter yang dipakai sebagai jari-jari, kecepatan yang dipangkatkan dua atau tidak dipangkatkan sama sekali, serta faktor setengah dan koefisien daya yang terlewat.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan dari mana rumus daya angin berasal (energi kinetik udara yang melewati rotor);
- menghitung luas sapuan rotor dari diameter atau jari-jari;
- menghitung daya turbin dengan $P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \cdot C_p$ dan menjelaskan batas Betz;
- membandingkan daya dua lokasi atau dua turbin memakai perbandingan v^3 dan A;
- menghitung energi harian dari tabel kecepatan angin, daya, dan lama angin, termasuk bagian di bawah kecepatan mulai.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Angin adalah udara yang bergerak, dan udara yang bergerak membawa energi gerak (energi kinetik). Turbin angin mengambil sebagian energi itu untuk memutar rotor, lalu generator mengubah putaran menjadi listrik. Berapa besar daya yang bisa diambil? Seperti pada air di sub bab 4.2, jawabannya dapat diturunkan dari rumus energi gerak yang sudah kamu kenal di pelajaran fisika. Hasil akhirnya ringkas, tetapi satu bagiannya, **kecepatan angin dipangkatkan tiga**, mengubah cara kita memilih lokasi turbin.

1. Dari energi kinetik ke daya angin: penurunan rumus

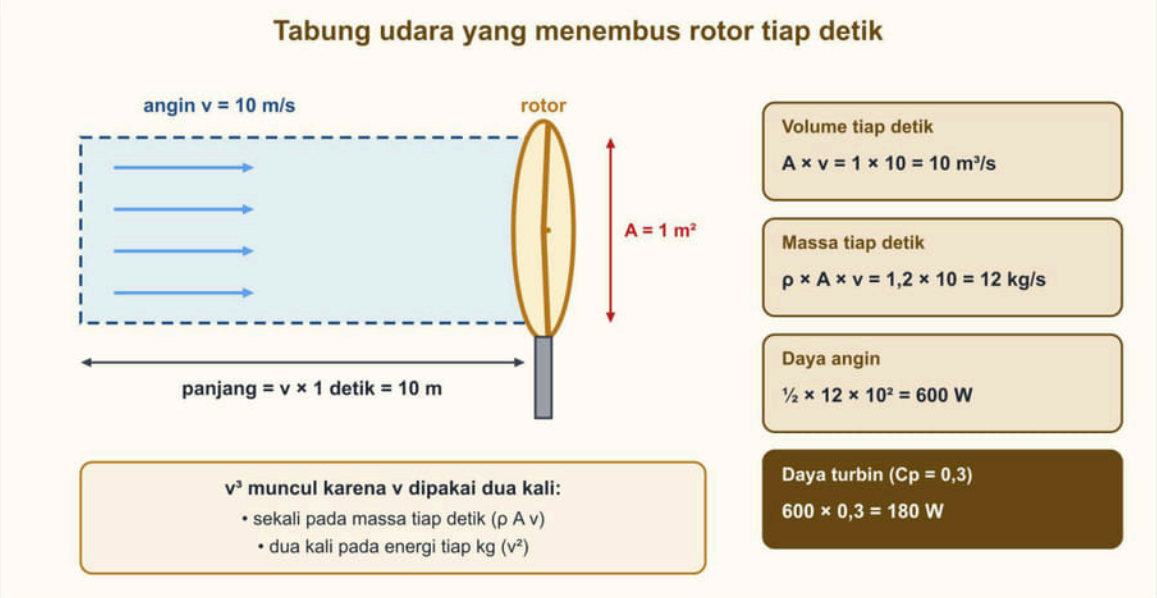
Benda bermassa m yang bergerak dengan kecepatan v memiliki energi kinetik $E_k = \frac{1}{2}mv^2$. Sekarang terapkan pada udara yang melewati rotor.

1. **Luas sapuan** A adalah luas lingkaran yang disapu oleh bilah-bilah rotor, dalam m^2.
2. Dalam satu detik, udara yang sampai ke rotor membentuk "tabung" berpenampang A dan panjang v (karena udara menempuh v meter tiap detik). **Volume udara tiap detik** = $A \cdot v$ (m^3/s).
3. **Massa udara tiap detik** = massa jenis × volume = $\rho \cdot A \cdot v$ (kg/s).

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

4. **Energi kinetik tiap detik** = $\frac{1}{2} \times$ massa tiap detik $\times v^2 = \frac{1}{2} \cdot (\rho A v) \cdot v^2$.
5. Energi tiap detik adalah daya, sehingga **daya angin** yang melewati rotor adalah $P_{angin} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$

Pangkat tiga muncul karena kecepatan masuk **dua kali**: sekali pada massa tiap detik ($\rho A v$: makin cepat angin, makin banyak udara yang lewat) dan dua kali pada energi tiap kilogram (v^2). Gambar 4.14 memperlihatkan "tabung udara" itu dengan angka sederhana: luas sapuan 1 m² dan angin 10 m/s.



Gambar 4.14 Udara yang menembus rotor tiap detik membentuk tabung berpenampang A dan panjang v: untuk A = 1 m² dan v = 10 m/s, volume 10 m³/s, massa 12 kg/s (ρ = 1,2 kg/m³), dan daya angin ½ × 12 × 10² = 600 W. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. Koefisien daya dan batas Betz

Rotor tidak dapat menangkap seluruh daya angin. Bila rotor mengambil semua energi gerak udara, udara di belakang rotor akan berhenti dan menumpuk sehingga udara baru tidak bisa masuk. Agar angin terus mengalir, sebagian energi harus dibiarkan terbawa pergi. Bagian daya angin yang berhasil diubah oleh turbin dinyatakan oleh **koefisien daya** C_p (angka tanpa satuan, antara 0 dan 1):

$$P = \tfrac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \cdot C_p$$

Fisikawan Jerman Albert Betz menunjukkan pada tahun 1919 bahwa walaupun turbin dirancang sempurna, C_p tidak mungkin lebih dari $16/27$, atau sekitar **0,593 (59,3 %)**. Angka ini disebut **batas Betz**. Turbin berskala besar yang modern mencapai kira-kira 0,45–0,50 pada kondisi terbaiknya. Turbin kecil yang dirakit siswa atau dipasang di desa biasanya lebih rendah lagi, dan nilai C_p yang dipakai selalu diberikan oleh brosur atau soal. Bila ada soal yang memberi C_p lebih dari 0,593, nilai itu mustahil secara fisika.

Pada turbin nyata, C_p sebenarnya berubah menurut kecepatan angin dan bentuk bilah; soal menyederhanakannya sebagai satu angka tetap selama tidak disebut lain. Untuk memberi gambaran kewajaran, turbin kecil dengan $C_p = 0{,}3$, $\rho = 1{,}2$ kg/m³, dan angin 5 m/s menghasilkan sekitar 18 W bila berdiameter 1 m, 71 W bila 2 m, 159 W bila 3 m, dan 283 W bila 4 m, yaitu naik kira-kira dengan kuadrat diameter. Angka-angka itu cocok untuk menerangi kandang atau mengisi baterai kecil, bukan untuk menjalankan bengkel.

Kadang soal memberi pula efisiensi generator atau efisiensi total. Kalikan sekali saja bila disebut; jangan mengalikan dua kali bila C_p sudah dinyatakan sebagai "koefisien daya total sistem".

3. Luas sapuan: jari-jari, bukan diameter

Rotor yang berputar menyapu lingkaran, sehingga luasnya

$$A = \pi r^2 = \pi \frac{d^2}{4}$$

dengan r jari-jari (setengah diameter) dan d diameter rotor, yaitu panjang dari ujung bilah ke ujung bilah di seberangnya. Di soal, ukuran turbin biasanya ditulis sebagai **diameter rotor** ("rotor berdiameter 3 m"). Jari-jarinya 1,5 m dan luas sapuannya $3{,}14 \times 1{,}5^2 = 7{,}07$ m². Jika kamu memakai 3 sebagai jari-jari, luasnya $3{,}14 \times 9 = 28{,}26$ m², yaitu empat kali terlalu besar. Alasannya jelas dari rumus: r dikuadratkan, jadi salah dua kali pada r membuat luas salah empat kali.

Nilai π yang dipakai juga diberikan di soal (3,14 atau 22/7). Gunakan yang diberikan.

4. Massa jenis udara

Massa jenis udara jauh lebih kecil daripada air: sekitar **1,2 kg/m³**, kira-kira seperseribu massa jenis air. Pada atmosfer standar internasional di permukaan laut dan suhu 15 °C, nilainya 1,225 kg/m³. Udara yang lebih panas atau lebih tinggi dari permukaan laut lebih renggang, sehingga massa jenisnya lebih kecil. Untuk hitungan dasar, soal biasanya memberi ρ = 1,2 kg/m³. Karena

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

massa jenis udara kecil, daya per meter persegi juga kecil: angin 10 m/s melewati 1 m^2 hanya membawa 600 W (Gambar 4.14), sedangkan air 10 m^3/s yang jatuh 10 m membawa sekitar 980 kW (1.000 × 9,8 × 10 × 10), lebih dari seribu kali lebih besar. Itulah sebabnya rotor turbin angin harus lebar.

5. Kecepatan angin berpangkat tiga

Karena $P \propto v^3$, perubahan kecil pada kecepatan angin mengubah daya jauh lebih besar. Bila hal lain tetap, perbandingan daya di dua kecepatan adalah $P_2/P_1 = (v_2/v_1)^3$:

Kecepatan menjadi	Daya menjadi
0,5 kali	0,125 kali (seperdelapan)
1,25 kali	1,95 kali (hampir dua kali)
1,5 kali	3,375 kali
2 kali	8 kali
3 kali	27 kali

Gambar 4.15 menggambar kurva $P \propto v^3$ untuk sebuah turbin contoh. Kurva itu melengkung naik dengan cepat: dari 5 m/s ke 10 m/s, daya naik dari 170 W menjadi 1.356 W, delapan kali lipat.



Gambar 4.15 Daya turbin contoh (diameter 3 m, ρ = 1,2 kg/m^3, Cp = 0,32, π = 3,14) pada kecepatan 2 sampai 10 m/s dihitung dengan P = ½ρAv^3Cp. Turbin nyata dibatasi oleh daya nominal generatornya dan berhenti pada angin terlalu kencang (lihat sub bab 2.3). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Dua pelajaran praktis. **Pertama,** memindahkan turbin ke tempat yang kecepatan anginnya hanya sedikit lebih tinggi bisa melipatgandakan daya, sehingga tinggi tiang dan lokasi terbuka penting. **Kedua,** angin kencang yang singkat dapat menyumbang energi lebih besar daripada angin sedang yang lama, karena dayanya naik dengan pangkat tiga.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Perbandingan lain yang berguna untuk **dua turbin** dengan kecepatan dan ρ yang sama: $P_2/P_1 = (A_2/A_1) \cdot (C_{p2}/C_{p1}) = (d_2/d_1)^2 \cdot (C_{p2}/C_{p1})$. Diameter dua kali lebih besar berarti daya empat kali lebih besar.

6. Dari daya ke energi: tabel kecepatan dan lama angin

Angin tidak berembus dengan kecepatan tetap sepanjang hari. Brosur turbin biasanya memberi **daya turbin pada tiap kecepatan angin**, dan pengukuran di lokasi memberi **lama** (jam per hari) angin pada tiap kecepatan. Energi harian adalah jumlah dari semua pasangan itu:

$$E = \sum P_i \times t_i$$

Dua aturan penting. **Pertama,** di bawah **kecepatan mulai** (*cut-in*), yaitu kecepatan terendah saat turbin mulai menghasilkan listrik, daya turbin sama dengan nol, jadi jam-jam angin pelan **tidak menyumbang energi sama sekali**. **Kedua,** bila jumlah jam dalam tabel sama dengan 24, pastikan setiap baris diperlakukan sendiri: jangan mengalikan daya rata-rata dengan 24 jam, karena rata-rata kecepatan tidak sama dengan rata-rata daya (daya $\propto v^3$). Gambar 4.16 memperlihatkan tabel contoh beserta sumbangan energi tiap baris.

Energi harian turbin dari tabel angin (data fiktif)

Kecepatan angin	Daya turbin (W)	Lama (jam)	Energi (Wh)	Bagian
di bawah 3 m/s	0	7	**0**	0 %
4 m/s	35	6	210	13,0 %
5 m/s	70	5	350	21,6 %
6 m/s	120	4	480	29,6 %
8 m/s	290	2	**580**	**35,8 %**
Jumlah		**24**	**1.620**	**100 %**

Energi tiap baris = daya × lama.

Di bawah kecepatan mulai (3 m/s), daya turbin 0 W: 7 jam itu tidak menyumbang energi.

Angin 8 m/s hanya 2 jam, tetapi menyumbang energi terbesar (580 Wh).

Kebutuhan 1.800 Wh − energi turbin 1.620 Wh = kurang 180 Wh (turbin memenuhi 90 %)

Gambar 4.16 Energi harian turbin dari brosur (data fiktif): 0 × 7 + 35 × 6 + 70 × 5 + 120 × 4 + 290 × 2 = 1.620 Wh. Angin 8 m/s hanya 2 jam, tetapi menyumbang energi terbesar (580 Wh). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

7. Membalik rumus, batas pemakaian, dan tinggi tiang

Membalik rumus. Seperti pada hidro, rumus daya angin dapat dibalik untuk mencari ukuran turbin yang diperlukan. Bila daya yang diinginkan P diketahui, luas sapuan yang dibutuhkan adalah

$$A = \frac{P}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^3 \cdot C_p}$$

lalu jari-jari $r = \sqrt{A \div \pi}$ dan diameter $d = 2r$. Dua kesalahan sering muncul di sini: lupa menarik akar kuadrat (hasilnya luas, bukan jari-jari), dan lupa menggandakan jari-jari menjadi diameter bila soal bertanya diameter.

Batas pemakaian rumus. Rumus $P = \frac{1}{2}\rho A v^3 C_p$ menggambarkan sifat dasar angin. Turbin nyata hanya mengikutinya di antara kecepatan mulai dan kecepatan nominal. Di atas kecepatan nominal, daya dibatasi oleh kemampuan generator (daya nominal), dan pada angin yang terlalu kencang turbin dihentikan agar tidak rusak (lihat sub bab 2.3). Itu sebabnya soal yang memberi tabel daya dari brosur harus dibaca dari tabelnya, bukan dihitung ulang dengan rumus untuk tiap kecepatan.

Tinggi tiang. Kecepatan angin di dekat permukaan tanah diperlambat oleh gesekan dengan pepohonan, bangunan, dan tanah, sehingga angin cenderung lebih kencang pada tempat yang lebih tinggi dan terbuka. Karena daya berbanding dengan v^3, tiang yang lebih tinggi atau bukit yang terbuka dapat menaikkan daya jauh lebih besar daripada kenaikan kecepatannya. Itulah sebabnya turbin tidak dipasang di sela atap rumah atau di belakang pohon besar.

Contoh 1 — Daya turbin berdiameter 3 m

Pada Maret 2027, kelompok tani di Kabupaten Lembata memasang turbin angin kecil berdiameter rotor 3 m untuk memompa air. Kecepatan angin rata-rata 6 m/s, massa jenis udara 1,2 kg/m³, koefisien daya 0,32. Gunakan $\pi = 3{,}14$. Hitung daya turbin dan bandingkan dengan batas Betz.

1. Jari-jari: $r = 3 \div 2 = 1{,}5$ m.
2. Luas sapuan: $A = 3{,}14 \times 1{,}5^2 = 3{,}14 \times 2{,}25 = 7{,}065$ m².
3. Kecepatan pangkat tiga: $6^3 = 216$.
4. Daya angin: $\frac{1}{2} \times 1{,}2 \times 7{,}065 \times 216 = 915{,}6$ W.
5. Daya turbin: $915{,}6 \times 0{,}32 = 293{,}0$ W.
6. Batas Betz: $915{,}6 \times 16/27 = 542{,}6$ W; $C_p = 0{,}32$ masih di bawah 0,593.

Jawaban: **daya turbin sekitar 293 W** (dari daya angin 916 W yang melewati rotor). Bandingkan kesalahan umum: diameter dipakai sebagai jari-jari memberi 1.172 W (empat kali); kecepatan dikuadratkan memberi 49 W; faktor ½ terlupa memberi 586 W; C_p terlupa memberi 916 W (daya angin, bukan daya turbin). *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

Contoh 2 — Tiang tinggi atau tiang pendek, rotor besar atau kecil

Pada Mei 2027, pengelola pos pendakian di lereng gunung Kabupaten Sumba Timur menimbang

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

pemasangan turbin angin. **(a)** Anemometer dipasang pada dua tinggi: pada tiang 6 m terbaca rata-rata 3,2 m/s dan pada tiang 12 m terbaca 4,0 m/s. Sebuah turbin kecil menghasilkan 30 W pada 3,2 m/s. Berapa dayanya pada 4,0 m/s? **(b)** Pengelola juga membandingkan turbin berdiameter 2,4 m di tiang tinggi (5,0 m/s) dengan turbin berdiameter 3,0 m di tiang pendek (4,0 m/s). Kerapatan udara dan C_p kedua turbin dianggap sama.

1. (a) Perbandingan kecepatan: $4{,}0 \div 3{,}2 = 1{,}25$.
2. (a) Perbandingan daya: $1{,}25^3 = 1{,}953$.
3. (a) Daya pada 4,0 m/s: $30 \times 1{,}953 = 58{,}6$ W.
4. (b) Perbandingan luas: $(2{,}4 \div 3{,}0)^2 = 0{,}8^2 = 0{,}64$.
5. (b) Perbandingan kecepatan berpangkat tiga: $(5{,}0 \div 4{,}0)^3 = 1{,}953$.
6. (b) Perbandingan daya turbin 2,4 m di tiang tinggi terhadap turbin 3,0 m di tiang pendek: $0{,}64 \times 1{,}953 = 1{,}25$.
7. Cek dengan angka ($C_p = 0{,}3$, $\pi = 3{,}14$, $\rho = 1{,}2$): turbin 2,4 m di 5 m/s menghasilkan 101,7 W, turbin 3,0 m di 4 m/s menghasilkan 81,4 W; $101{,}7 \div 81{,}4 = 1{,}25$.

Jawaban: **(a) sekitar 58,6 W: kecepatan naik 25 % membuat daya hampir dua kali lipat; (b) turbin yang lebih kecil di tiang tinggi menghasilkan daya 1,25 kali lebih besar** (25 % lebih besar) daripada turbin yang lebih besar di tiang pendek. Angin yang lebih kencang mengalahkan rotor yang lebih lebar, karena kecepatan berpangkat tiga sedangkan diameter hanya berpengaruh lewat kuadrat. Kesalahan umum pada (a): menganggap daya naik 25 % saja (37,5 W) atau 56 % (46,9 W, memakai kuadrat). *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

Contoh 3 — Energi harian dari tabel angin

Pada Agustus 2027, pemilik kebun jeruk di Kabupaten Karo memakai turbin angin kecil untuk pompa dan lampu gudang. Brosur dan pengukuran sehari menghasilkan tabel berikut (data fiktif). Kecepatan mulai turbin 3 m/s. Kebutuhan pompa dan lampu gudang 1.800 Wh per hari.

Kecepatan angin	Daya turbin	Lama per hari
di bawah 3 m/s	0 W	7 jam
4 m/s	35 W	6 jam
5 m/s	70 W	5 jam
6 m/s	120 W	4 jam
8 m/s	290 W	2 jam

1. Baris 1: $0 \times 7 = 0$ Wh (di bawah kecepatan mulai).
2. Baris 2: $35 \times 6 = 210$ Wh.
3. Baris 3: $70 \times 5 = 350$ Wh.
4. Baris 4: $120 \times 4 = 480$ Wh.
5. Baris 5: $290 \times 2 = 580$ Wh.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

6. Jumlah: $0 + 210 + 350 + 480 + 580 = 1.620$ Wh (jam: $7 + 6 + 5 + 4 + 2 = 24$, lengkap).
7. Bandingkan dengan kebutuhan: $1.620 < 1.800$; kekurangan 180 Wh, jadi turbin memenuhi $1.620 \div 1.800 = 90$ % kebutuhan.

Jawaban: **energi harian turbin 1.620 Wh; belum mencukupi, kurang 180 Wh.** Angin 8 m/s hanya 2 jam tetapi menyumbang energi terbesar (580 Wh, sekitar 36 %). Kesalahan umum: menganggap 7 jam angin pelan masih menghasilkan 35 W (menambah 245 Wh dan membuat tampak 1.865 Wh, seolah cukup); atau merata-ratakan daya (126 W) lalu mengalikan 24 jam (3.090 Wh), hasil yang jauh dari kenyataan. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

Contoh 4 — Diameter rotor yang dibutuhkan

Pada Oktober 2027, SMK di daerah pegunungan ingin merakit turbin angin yang menghasilkan 200 W pada angin 5 m/s. Koefisien daya rancangan 0,3, massa jenis udara 1,2 kg/m³, dan $\pi = 3{,}14$. Hitung luas sapuan dan diameter rotor yang diperlukan, lalu periksa dengan rotor berdiameter 3,4 m.

1. Pangkat tiga kecepatan: $5^3 = 125$.
2. Penyebut: $\frac{1}{2} \times 1{,}2 \times 125 \times 0{,}3 = 22{,}5$.
3. Luas sapuan: $A = 200 \div 22{,}5 = 8{,}89$ m².
4. Jari-jari: $r = \sqrt{8{,}89 \div 3{,}14} = \sqrt{2{,}83} = 1{,}68$ m.
5. Diameter: $d = 2 \times 1{,}68 = 3{,}37$ m, kira-kira **3,4 m**.
6. Periksa: rotor 3,4 m ($r = 1{,}7$ m) menghasilkan $\frac{1}{2} \times 1{,}2 \times 3{,}14 \times 1{,}7^2 \times 125 \times 0{,}3 = 204$ W, memenuhi.

Jawaban: **luas sapuan sekitar 8,9 m² dan diameter rotor sekitar 3,4 m.** Bila hasil langkah 3 (8,89) dipakai sebagai jari-jari, diameter tampak 17,8 m, sebuah ukuran yang tidak masuk akal untuk turbin kecil. Rotor berdiameter 3,0 m hanya menghasilkan 159 W, belum memenuhi 200 W. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

Ringkasan bagian ini

Daya angin $\frac{1}{2}\rho A v^3$ berasal dari energi kinetik udara tiap detik; daya turbin = daya angin $\times C_p$, dengan $C_p \le 16/27 \approx 0{,}593$ (batas Betz). $A = \pi r^2 = \pi d^2/4$: pakai jari-jari. $\rho \approx 1{,}2$ kg/m³. Daya $\propto v^3$ dan $\propto d^2$: angin 1,5 kali berarti daya 3,375 kali. Energi harian $= \sum P_i t_i$; di bawah kecepatan mulai daya nol.

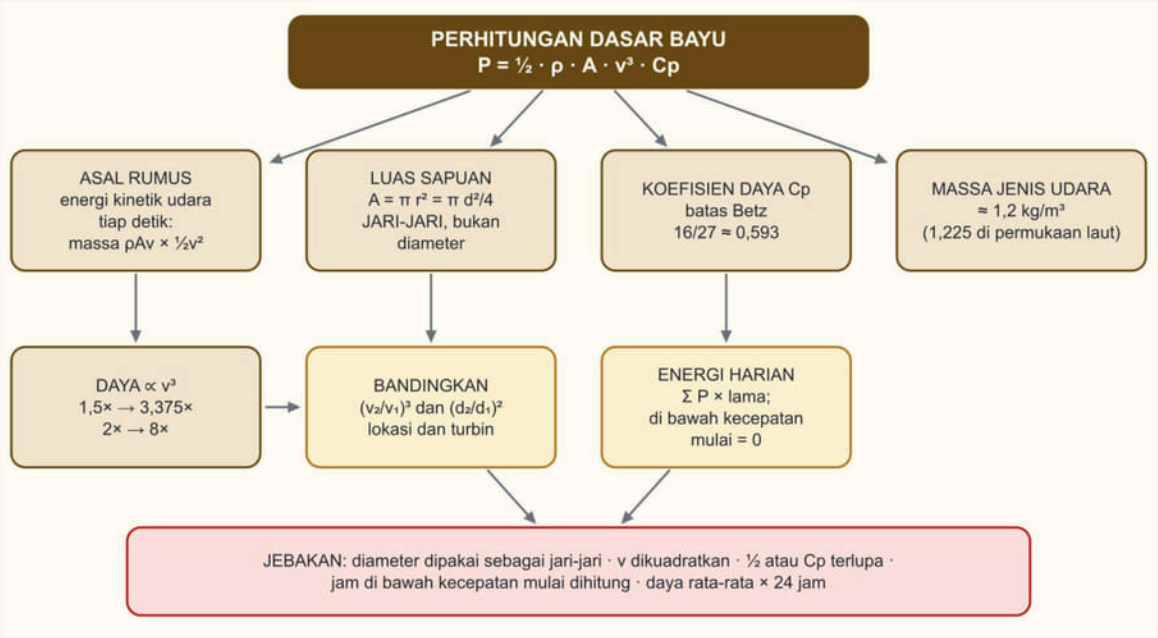
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- $P_{angin} = \frac{1}{2}\rho A v^3$ dari energi kinetik udara tiap detik; $P = P_{angin} \times C_p$.
- $C_p \leq 16/27 \approx 0{,}593$ (batas Betz); turbin nyata lebih rendah; C_p diberikan soal.
- $A = \pi r^2 = \pi d^2/4$**:** jari-jari, bukan diameter.
- $\rho \approx 1{,}2\ \mathbf{kg/m^3}$ (1,225 pada atmosfer standar di permukaan laut).
- **Daya ∝** v^3**:** angin 1,5× → daya 3,375×; 2× → 8×. **Daya ∝** d^2**.**
- **Energi harian =** $\sum P_i t_i$ dari tabel; di bawah kecepatan mulai: nol; jangan merata-ratakan daya.

Gambar 4.17 merangkum hubungan konsep-konsep ini.



Gambar 4.17 Peta konsep perhitungan dasar bayu: energi kinetik udara, luas sapuan, koefisien daya dan batas Betz, pangkat tiga kecepatan, perbandingan lokasi atau turbin, dan energi harian, beserta jebakan yang sering muncul. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal hitungan bayu:

1. **Catat semua data:** diameter (atau jari-jari), v, ρ, C_p, dan nilai π yang diminta.
2. **Ubah diameter menjadi jari-jari**, hitung $A = \pi r^2$.
3. **Hitung v^3 sebelum mengalikan yang lain.** Kerjakan satu per satu: v^3, lalu $\frac{1}{2}\rho A$, lalu kalikan, lalu C_p.
4. **Untuk perbandingan**, jangan menghitung semuanya: pakai perbandingan $(v_2/v_1)^3$ dan $(d_2/d_1)^2$.
5. **Untuk energi harian**, hitung baris demi baris; baris di bawah kecepatan mulai bernilai nol; jumlahkan; cocokkan dengan kebutuhan.

Jebakan khas pada soal ini:

- **Diameter dipakai sebagai jari-jari** (luas empat kali terlalu besar).
- **Daya dianggap $\propto v^2$ atau $\propto v$** (terutama pada soal perbandingan dua lokasi).
- **Faktor ½ terlupa atau dipakai dua kali.**
- **C_p terlupa**, sehingga yang terhitung daya angin, bukan daya turbin.
- **Jam angin di bawah kecepatan mulai dihitung** sebagai penghasil daya.
- **Perbandingan dibalik** (v_1/v_2 bukan v_2/v_1).
- **Daya rata-rata dikali 24 jam** padahal tabel meminta penjumlahan per baris.

Contoh salah tafsir: soal memberi kecepatan angin dua lokasi 3 m/s dan 5 m/s. Siswa menghitung $5 \div 3 = 1{,}67$ lalu menyimpulkan daya naik 1,67 kali, atau menaikkannya 2,78 kali (kuadrat). Yang benar $1{,}67^3 = 4{,}63$ kali. Selisih itu cukup besar untuk memindahkan jawaban ke pilihan lain.

● BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut meminta daya turbin dari diameter rotor, kecepatan angin, massa jenis udara, dan koefisien daya. Bedahlah dengan urutan: jari-jari, luas, v^3, perkalian. Setelah itu coba cari tahu pilihan mana yang muncul bila kecepatan dikuadratkan, faktor ½ dibuang, koefisien daya dilupakan, atau diameter dipakai sebagai jari-jari.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

►. Siswa SMK di daerah perbukitan (2027) merakit turbin angin dengan diameter rotor 2 m untuk menerangi kandang ayam. Kecepatan angin rata-rata 5 m/s, massa jenis udara 1,2 kg/m^3, dan koefisien daya turbin (Cp) 0,3. Gunakan π = 3,14. Hasil hitungan akan dibandingkan dengan kebutuhan lampu kandang.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Perkiraan daya keluaran turbin adalah ....

A. 14 W
B. 71 W
C. 141 W
D. 236 W
E. 283 W

Pembahasan **Kunci: B**

Konsep: Daya turbin angin P = ½ ρ A v^3 Cp, dengan A = π r^2 (luas sapuan rotor).

Langkah:
1. r = 1 m → A = 3,14 × 1^2 = 3,14 m^2.
2. v^3 = 5^3 = 125.
3. P = 0,5 × 1,2 × 3,14 × 125 × 0,3 ≈ 70,7 W ≈ 71 W.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Kecepatan dikuadratkan, bukan dipangkat tiga (0,5 × 1,2 × 3,14 × 25 × 0,3 ≈ 14 W).
• **B.** ✓ 0,5 × 1,2 × 3,14 × 125 × 0,3 ≈ 71 W.
• **C.** ✗ Faktor ½ tidak dipakai (≈ 141 W).
• **D.** ✗ Jebakan: Cp diabaikan sehingga yang terhitung adalah daya angin (≈ 236 W), bukan daya turbin.
• **E.** ✗ Jebakan: diameter dipakai sebagai jari-jari (A = 12,56 m^2) dan faktor ½ dipakai, menghasilkan ≈ 283 W.

Jawaban: B.

✎ LATIHAN

Kerjakan tanpa melihat kunci. Tulis jari-jari, luas, dan v^3 lebih dulu, lalu hitung dayanya.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1. SMK di daerah pesisir (2027) akan memasang satu turbin angin kecil yang sama di salah satu dari dua lokasi. Hasil pengukuran rata-rata kecepatan angin: halaman belakang sekolah 4 m/s dan bukit kecil di dekat pantai 6 m/s. Pada 4 m/s turbin itu menghasilkan daya 80 W. Guru meminta siswa memperkirakan daya turbin bila dipasang di bukit, dengan menganggap kerapatan udara dan koefisien daya turbin tetap.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Perkiraan daya turbin di bukit adalah ....

A. 24 W
B. 53 W
C. 120 W
D. 180 W
E. 270 W

2. Brosur turbin angin kecil dan data angin harian lokasi tambak (2027) diringkas siswa sebagai berikut.

Kecepatan angin	Daya turbin	Lama per hari
di bawah 3 m/s	0 W	6 jam
4 m/s	40 W	6 jam
6 m/s	140 W	8 jam
8 m/s	330 W	4 jam

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Energi yang dihasilkan turbin sekitar 2.680 Wh per hari.	○	○
Selama 6 jam angin di bawah 3 m/s, turbin tetap menyumbang sekitar 240 Wh.	○	○
Angin 8 m/s menyumbang energi terbesar walaupun lamanya paling singkat.	○	○

Kunci singkat: 1. E 2. 1B 2S 3B

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

✔ PERIKSA DIRI

- Kecepatan angin di suatu lokasi hanya 20 % lebih tinggi daripada di lokasi lain. Berapa kali daya turbin yang sama di lokasi pertama dibandingkan dengan di lokasi kedua?
- Mengapa rotor yang diameternya dua kali lebih besar menghasilkan daya empat kali lebih besar, bukan dua kali?
- **Yang harus kuingat:** $P = \frac{1}{2}\rho A v^3 C_p$ dengan $A = \pi r^2$ (jari-jari), $C_p \leq 0{,}593$; daya $\propto v^3$; energi harian $= \sum P_i t_i$.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 4.4: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktet&node=SMKTET-4.4

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 4.5 · Perhitungan dasar konversi energi biomassa

SMKTET-4.5

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu menghitung dasar-dasar konversi energi biomassa: berapa gas yang dihasilkan sebuah kandang, berapa listrik yang dapat diperoleh dari sisa pertanian, dan apakah bahan yang tersedia cukup untuk sehari. Soal TKA SMK Teknik Energi Terbarukan di sub bab ini memberi data seperti jumlah ternak, hasil gas per kilogram kotoran, kebutuhan kompor, nilai kalor bahan, atau kebutuhan bahan bakar per kWh pada gasifier. Perhitungannya hanya perkalian dan pembagian berurutan. Kesalahan umum terletak pada satuan: **megajoule (MJ) ditulis seolah kilowatt-jam (kWh)**, efisiensi yang terlupa, atau kebutuhan listrik (kWh) yang dibaca sebagai kebutuhan bahan (kg).

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan apa itu biomassa dan mengapa bahan itu menyimpan energi;
- menjelaskan arti nilai kalor dan memakainya untuk menghitung energi dari massa atau volume bahan;
- menghitung produksi biogas dari jumlah ternak dan membandingkannya dengan kebutuhan kompor;
- menghitung energi listrik dari biomassa padat dengan $E = m \times NK \times \eta$ dan mengubah MJ menjadi kWh dengan 1 kWh = 3,6 MJ;
- menghitung kebutuhan bahan bakar gasifier per kWh serta menentukan cukup atau tidaknya bahan, termasuk campuran dua bahan menurut prioritas.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Tanaman menyerap cahaya matahari lewat fotosintesis dan menyimpannya sebagai energi kimia di dalam daun, batang, biji, dan kulit. Hewan yang memakan tumbuhan mengeluarkan sisa yang masih mengandung sebagian energi itu. Semua bahan organik semacam ini, termasuk sekam padi, cangkang sawit, kayu, ampas tebu, dan kotoran ternak, disebut **biomassa**. Karena tanaman bisa ditanam kembali, biomassa tergolong energi terbarukan. Sub bab ini tidak membahas cara kerja digester atau gasifier (itu di sub bab 2.4), melainkan **menghitung berapa energi yang bisa diambil** dari sejumlah bahan tertentu.

1. Nilai kalor: energi tersimpan tiap satuan bahan

Tiap bahan menyimpan energi dalam jumlah berbeda. Ukuran yang dipakai adalah **nilai kalor** (*calorific value* atau *heating value*): energi panas yang dilepaskan bila satu satuan bahan dibakar sempurna.

- Untuk bahan **padat** (sekam, cangkang, kayu), satuannya megajoule per kilogram

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

(**MJ/kg**).

- Untuk bahan **gas** (biogas, metana), satuannya megajoule per meter kubik (**MJ/m³**).

Nilai kalor bahan padat sangat dipengaruhi **kadar air** dan **kadar abu**. Bahan basah menghabiskan sebagian panasnya untuk menguapkan air, sehingga energi yang tersisa lebih kecil. Bahan berabu tinggi, seperti sekam padi, memiliki nilai kalor lebih rendah daripada bahan berabu rendah. Nilai kalor juga dibedakan menjadi nilai kalor atas (air hasil pembakaran dihitung sebagai uap yang sudah mengembun) dan nilai kalor bawah. Pada hitungan dasar kamu tidak perlu membedakannya: soal memberi **satu angka nilai kalor** yang harus dipakai apa adanya.

Gambar 4.18 memuat contoh nilai kalor yang diambil dari sumber ilmiah. Angka ini hanya acuan: nilai sebenarnya berbeda menurut jenis, kadar air, dan cara pengujian, sehingga dalam hitungan selalu disebut sebagai asumsi.

Contoh nilai kalor bahan biomassa

Bahan	Satuan	Nilai kalor (contoh)	Setara panas	Dasar data
Metana murni	MJ/m³	36	10 kWh/m³	Univ. Southampton
Biogas (metana 50–60 %)	MJ/m³	± 22	± 6,1 kWh/m³	Univ. Southampton
Sekam padi	MJ/kg	± 15–16	± 4,2–4,4 kWh/kg	kalorimeter bom
Cangkang sawit (mentah)	MJ/kg	± 17–19	± 4,7–5,3 kWh/kg	kalorimeter bom

Cara membaca:

- Ini energi PANAS bila bahan dibakar sempurna, belum menjadi listrik (masih dikali efisiensi).
- Kadar air dan kadar abu menurunkan nilai kalor; angka bergantung jenis bahan dan cara uji.
- **Dalam soal, pakailah angka nilai kalor yang diberikan, sebagai asumsi hitung.**

Setara panas = nilai kalor ÷ 3,6 (karena 1 kWh = 3,6 MJ).

Gambar 4.18 Contoh nilai kalor: metana murni 36 MJ/m³ dan biogas sekitar 22 MJ/m³ (kadar metana 50–60 %) menurut bahan ajar Universitas Southampton; sekam padi sekitar 15–16 MJ/kg dan cangkang sawit mentah sekitar 17–19 MJ/kg menurut pengukuran kalorimeter bom dalam beberapa jurnal ilmiah. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia dari data publikasi tersebut.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. Dari massa ke energi listrik: tiga langkah

Untuk biomassa padat yang dibakar atau digasifikasi, energi listrik dihitung dalam tiga langkah.

1. **Energi bahan** (energi kimia, dalam MJ) = massa bahan × nilai kalor: $E_{bahan} = m \times NK$. Misalnya 100 kg bahan bernilai kalor 15 MJ/kg menyimpan 1.500 MJ.
2. **Energi listrik** (dalam MJ) = energi bahan × efisiensi pembangkit: $E_{listrik} = E_{bahan} \times \eta$. Efisiensi di sini adalah bagian energi panas yang akhirnya menjadi listrik; bagian lainnya hilang sebagai panas buang, gas buang, dan gesekan. Pembangkit kecil yang memakai gasifier dan genset umumnya berefisiensi rendah, jadi nilainya hanya sebagian kecil: soal memberi misalnya 15 % atau 20 %.
3. **Ubah MJ menjadi kWh.** Dari sub bab 4.1: $1\ \text{kWh} = 3{,}6\ \text{MJ}$. Maka

$$E\ (\text{kWh}) = \frac{E\ (\text{MJ})}{3{,}6}$$

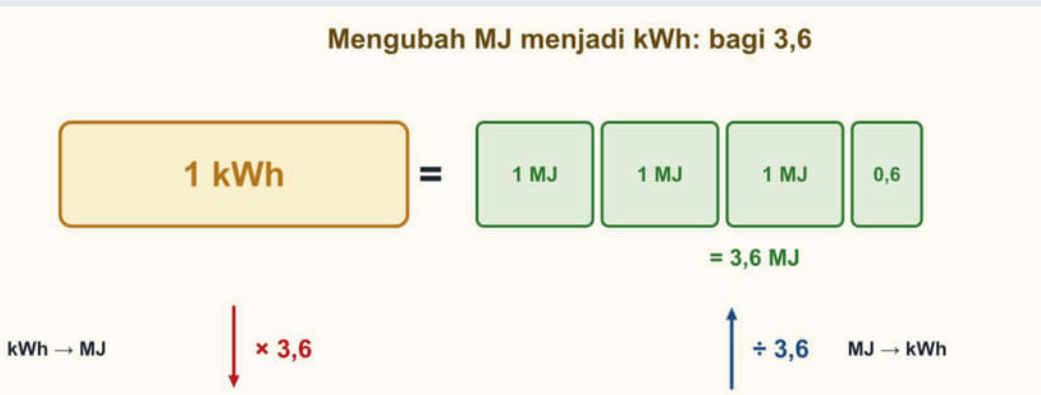
Ringkasnya:

$$E_{listrik}\ (\text{kWh}) = \frac{m \times NK \times \eta}{3{,}6}$$

Dua hal perlu dicermati. **Pertama,** efisiensi **mengalikan** ke energi bahan, karena sebagian saja yang berubah menjadi listrik. (Pada sub bab 4.3 kamu **membagi** dengan efisiensi untuk mencari yang harus dihasilkan; di sini yang diketahui adalah bahan, maka efisiensi mengalikan.) **Kedua,** satuan MJ dan kWh tidak boleh dicampur. Hasil 360 MJ bukanlah 360 kWh, melainkan $360 \div 3{,}6 = 100$ kWh. Gambar 4.19 memperlihatkan jembatan antarsatuan ini.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Hasil hitung (MJ)	Dibagi 3,6	Energi (kWh)
2.700 MJ	2.700 ÷ 3,6	**750 kWh**
360 MJ	360 ÷ 3,6	**100 kWh**
18 MJ	18 ÷ 3,6	**5 kWh**

Asal angka 3,6: 1 kW × 3.600 detik = 3.600 kJ = 3,6 MJ.

Jangan menulis MJ sebagai kWh: 360 MJ bukan 360 kWh.

Gambar 4.19 Jembatan satuan energi: 1 kWh = 3,6 MJ; MJ dibagi 3,6 menjadi kWh, kWh dikali 3,6 menjadi MJ. Contoh: 2.700 MJ ÷ 3,6 = 750 kWh. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

3. Biogas dari kotoran ternak

Pada digester, kotoran ternak dicampur air dan diuraikan bakteri tanpa udara sehingga menghasilkan **biogas**, yaitu campuran gas yang kira-kira 50–60 persennya metana (CH_4) yang dapat dibakar. Biogas dipakai langsung untuk memasak atau menggerakkan genset. Perhitungan dasarnya dalam empat langkah.

1. **Kotoran harian** = jumlah ternak × kotoran per ekor per hari (kg).
2. **Biogas harian** = kotoran harian × hasil gas per kilogram kotoran ($\mathrm{m^3/kg}$).
3. **Kebutuhan gas kompor** = jumlah kompor × konsumsi tiap kompor ($\mathrm{m^3/jam}$) × lama pakai (jam).
4. **Cukup atau tidak?** Bandingkan biogas harian dengan kebutuhan gas. Bila cukup, hitung sisanya.

Dua pertanyaan turunan yang sering muncul: **berapa jam sebuah kompor dapat menyala** dengan seluruh gas, yaitu volume gas dibagi konsumsi kompor per jam ($\mathrm{m^3 \div m^3/jam} =$ jam), dan **berapa ekor ternak minimal** yang diperlukan, yaitu kebutuhan gas dibagi gas per ekor, dibulatkan ke atas.

Tentang angka yang dipakai. Kotoran per ekor dan hasil gas per kilogram bukan konstanta tetap. Kotoran sapi per hari bergantung pada ukuran dan pakan sapi; hasil gas bergantung pada jenis ternak, suhu, kadar air campuran, dan lama fermentasi; sumber-sumber yang berbeda memberi angka yang cukup berjauhan (bergantung apakah dihitung per kilogram kotoran segar atau bahan kering). Karena itu soal selalu memberikan angkanya, dan contoh di buku ini menuliskannya sebagai asumsi. Energi biogas sendiri sekitar 22 MJ/m³ (atau sekitar 6,1 kWh/m³ panas) untuk kadar metana 50–60 %, dan bila biogas dipakai untuk genset, hanya sebagian kecil dari energi itu menjadi listrik sesuai efisiensi genset.

Dari gas ke listrik. Bila biogas dipakai untuk genset, energinya dihitung dengan tiga langkah yang sama dengan bahan padat: volume gas × nilai kalor gas (MJ/m³) = energi panas dalam MJ; dikali efisiensi genset = energi listrik dalam MJ; dibagi 3,6 = kWh. Sebagai contoh dengan asumsi biogas 22 MJ/m³ dan efisiensi genset 30 %: 1 m³ biogas menghasilkan $22 \times 0{,}30 \div 3{,}6 = 1{,}83$ kWh listrik, sedangkan energi panasnya 6,1 kWh. Maka biogas 5,4 m³ dalam sehari (Contoh 1) dapat menghasilkan sekitar 9,9 kWh listrik. Bandingkan angka 1,83 kWh listrik dengan 6,1 kWh panas: perbedaan itu hanyalah efisiensi, dan bila soal menanyakan "listrik", efisiensi tidak boleh dilewatkan.

4. Gasifikasi dan campuran bahan bakar

Gasifikasi mengubah bahan padat (sekam, kayu, tempurung) menjadi gas bakar yang menggerakkan genset. Produsen gasifier biasanya menyatakan kemampuannya sebagai **kebutuhan bahan bakar per kWh listrik** (kg/kWh). Angka ini sebenarnya gabungan nilai kalor dan efisiensi:

$$\text{kg per kWh} = \frac{3{,}6}{NK \times \eta}$$

Contoh: sekam bernilai kalor 15 MJ/kg dengan efisiensi total 15 % memerlukan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

$3{,}6 \div (15 \times 0{,}15) = 1{,}6$ kg per kWh. Bahan bernilai kalor lebih tinggi memerlukan kilogram yang lebih sedikit untuk 1 kWh.

Dengan angka kg/kWh, hitungan kecukupan bahan menjadi mudah:

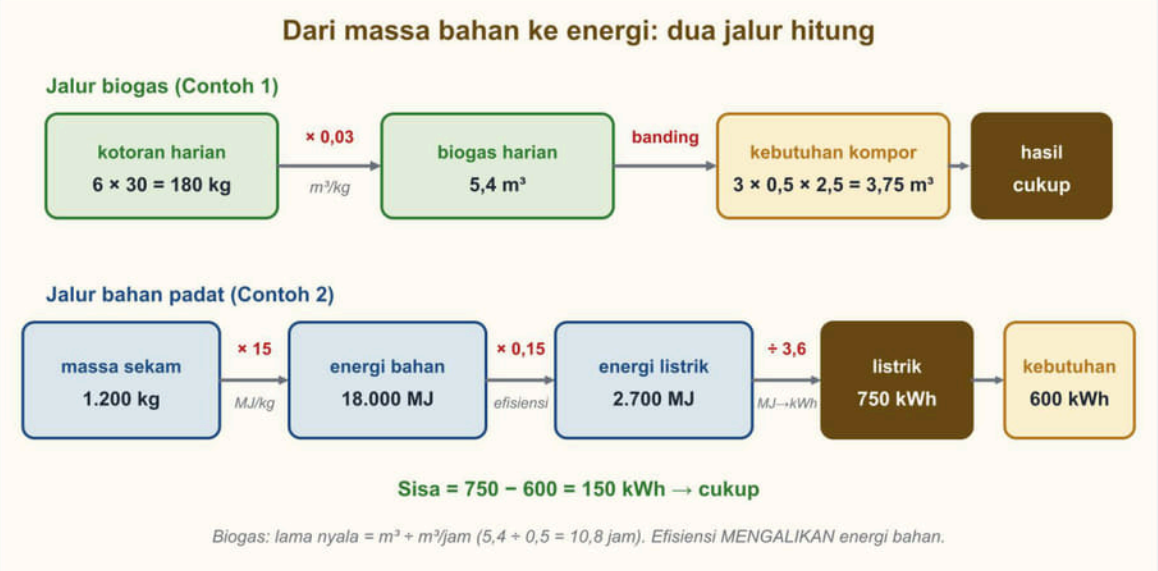
- **kWh yang dapat dihasilkan** dari sejumlah bahan = massa bahan ÷ (kg/kWh);
- **bahan yang diperlukan** untuk target listrik = target kWh × (kg/kWh).

Kebutuhan bahan per kWh dapat berbeda untuk bahan yang berbeda karena nilai kalornya berbeda dan karena kadar airnya berbeda. Bahan yang lembap membutuhkan kilogram lebih banyak untuk energi yang sama, dan sebagian bahan, seperti sekam, cepat menyerap lembap serta tidak tahan disimpan lama. Itulah sebabnya pengelola sering memakai bahan yang tidak tahan simpan lebih dulu, dan menyimpan bahan yang awet sebagai cadangan.

Bila dua bahan boleh dicampur, soal biasanya menetapkan **prioritas** (misalnya bahan yang tidak tahan disimpan dipakai habis lebih dulu). Hitung kWh dari bahan prioritas, kurangi dari target, lalu hitung bahan kedua untuk sisanya. Contoh singkat: kebutuhan 10 kWh; bahan A (prioritas) 2 kg/kWh dengan pasokan 12 kg menghasilkan 12 ÷ 2 = 6 kWh; sisa kebutuhan 10 − 6 = 4 kWh; bahan B 3 kg/kWh memerlukan 4 × 3 = 12 kg. Jadi rencananya A 12 kg ditambah B 12 kg.

5. Alur massa ke energi

Semua langkah di atas disatukan pada Gambar 4.20. Dua jalur (biogas dan bahan padat) berbeda di awal, tetapi berakhir pada energi dalam kWh.



Gambar 4.20 Dua jalur hitung biomassa: (atas) kotoran ternak × hasil gas = biogas, dibandingkan dengan kebutuhan kompor; (bawah) massa bahan × nilai kalor × efisiensi = energi listrik dalam MJ, dibagi 3,6 menjadi kWh. Angka mengikuti Contoh 1 dan Contoh 2 (Contoh 1 memakai kerbau, 3 kompor). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Contoh 1 — Biogas dari kandang kerbau dan kebutuhan kompor

Pada Oktober 2027, kelompok peternak di Dusun Wonorejo memelihara 6 kerbau dalam kandang bersama. Asumsi hitung: tiap kerbau menghasilkan 30 kg kotoran per hari yang diolah, dan tiap kilogram kotoran menghasilkan 0,03 m^3 biogas. Tiga keluarga masing-masing memakai satu kompor biogas berkonsumsi 0,5 m^3 per jam selama 2,5 jam per hari. Hitung produksi gas, apakah cukup, berapa jam satu kompor dapat menyala dengan seluruh gas, dan berapa ekor kerbau minimal. Gunakan 22 MJ/m^3 untuk energi biogas.

1. Kotoran harian: $6 \times 30 = 180$ kg.
2. Biogas harian: $180 \times 0{,}03 = 5{,}4$ m^3.
3. Kebutuhan kompor: $3 \times 0{,}5 \times 2{,}5 = 3{,}75$ m^3.
4. Bandingkan: $5{,}4 \geq 3{,}75 \rightarrow$ cukup, sisa $5{,}4 - 3{,}75 = 1{,}65$ m^3.
5. Lama satu kompor dengan seluruh gas: $5{,}4 \div 0{,}5 = 10{,}8$ jam (volume dibagi konsumsi per jam).
6. Kerbau minimal: gas per ekor $= 30 \times 0{,}03 = 0{,}9$ m^3; $3{,}75 \div 0{,}9 = 4{,}17$, dibulatkan ke atas menjadi 5 ekor.
7. Energi biogas: $5{,}4 \times 22 = 118{,}8$ MJ, atau $118{,}8 \div 3{,}6 = 33{,}0$ kWh panas.

Jawaban: **produksi gas 5,4 m^3 per hari; kebutuhan 3,75 m^3 sehingga cukup dengan sisa 1,65 m^3; satu kompor dapat menyala sampai 10,8 jam bila seluruh gas dipakai; minimal 5 kerbau.** Kesalahan umum: menghitung lama nyala terbalik ($0{,}5 \div 5{,}4 = 0{,}093$); membulatkan 4,17 ekor menjadi 4 (gas $4 \times 0{,}9 = 3{,}6$ m^3, kurang dari 3,75 m^3). *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

Contoh 2 — Listrik dari sekam padi

Pada Agustus 2027, sebuah penggilingan padi di Kabupaten Karawang menghasilkan 1.200 kg sekam per hari yang dipakai pada gasifier dan genset. Asumsi hitung: nilai kalor sekam 15 MJ/kg dan efisiensi total 15 %. Penggilingan membutuhkan listrik 600 kWh per hari. Hitung energi listrik harian, apakah cukup, dan kebutuhan sekam untuk 600 kWh.

1. Energi bahan: $1.200 \times 15 = 18.000$ MJ.
2. Energi listrik: $18.000 \times 0{,}15 = 2.700$ MJ.
3. Ubah ke kWh: $2.700 \div 3{,}6 = 750$ kWh.
4. Bandingkan: $750 \geq 600 \rightarrow$ cukup, sisa 150 kWh.
5. Sekam untuk 600 kWh: $600 \times 3{,}6 \div (15 \times 0{,}15) = 2.160 \div 2{,}25 = 960$ kg.
6. Periksa dengan kg/kWh: $3{,}6 \div 2{,}25 = 1{,}6$ kg/kWh; $600 \times 1{,}6 = 960$ kg. Sama.

Jawaban: **energi listrik 750 kWh per hari, cukup untuk 600 kWh dengan sisa 150 kWh; kebutuhan sekam 960 kg per hari.** Pembanding kesalahan: efisiensi diabaikan memberi 5.000 kWh; MJ ditulis kWh memberi "2.700 kWh"; efisiensi dibagi memberi 33.333 kWh. Ketiganya jauh dari 750, tetapi bisa tampak "benar" bila ada pilihan jawaban yang menyesatkan. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

Contoh 3 — Cukup atau tidak: bahan bakar gasifier untuk genset

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Pada Juni 2027, sebuah bengkel meubel di Kabupaten Jepara memakai genset 3 kW dengan gasifier berbahan serpihan kayu. Asumsi hitung: nilai kalor serpihan 16 MJ/kg, efisiensi total 18 %, dan pasokan 30 kg per hari. Bengkel ingin menyalakan genset pada beban penuh 3 kW selama 10 jam sehari. Hitung kebutuhan bahan per kWh, energi listrik dari pasokan, lama genset menyala pada 3 kW, dan apakah bahan cukup untuk 10 jam; bila tidak, berapa kilogram yang kurang?

1. Kebutuhan bahan per kWh: $3{,}6 \div (16 \times 0{,}18) = 3{,}6 \div 2{,}88 = 1{,}25$ kg/kWh.
2. Listrik dari pasokan: $30 \div 1{,}25 = 24$ kWh. (Periksa dengan rumus tiga langkah: $30 \times 16 \times 0{,}18 \div 3{,}6 = 24$ kWh.)
3. Lama menyala pada 3 kW: $24 \div 3 = 8$ jam (kWh dibagi kW).
4. Kebutuhan 10 jam: $3 \times 10 = 30$ kWh; bahan yang diperlukan $30 \times 1{,}25 = 37{,}5$ kg.
5. Kekurangan: $37{,}5 - 30 = 7{,}5$ kg.

Jawaban: **pasokan 30 kg hanya cukup untuk 8 jam (24 kWh); untuk 10 jam diperlukan 37,5 kg sehingga kurang 7,5 kg.** Solusinya menambah pasokan 7,5 kg atau membatasi genset 8 jam atau mengurangi beban. Kesalahan umum: memakai $NK \times \eta \div 3{,}6 = 0{,}8$ sebagai kg per kWh (padahal itu kWh per kg), sehingga 30 kg tampak menghasilkan 37,5 kWh dan "cukup"; atau mengabaikan efisiensi ($3{,}6 \div 16 = 0{,}225$ kg/kWh) sehingga bahan tampak lebih dari cukup. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

Ringkasan bagian ini

Biomassa menyimpan energi kimia yang diukur dengan nilai kalor (MJ/kg untuk padat, MJ/m³ untuk gas). Biogas: kotoran harian × hasil gas = m³; bandingkan dengan jumlah kompor × m³/jam × jam; lama nyala = m³ ÷ m³/jam. Listrik dari bahan padat: $m \times NK \times \eta$ (MJ), lalu ÷ 3,6 menjadi kWh. Gasifikasi: kg/kWh = 3,6 ÷ (NK × η); kWh dari bahan = massa ÷ kg/kWh. Campuran bahan dihitung menurut prioritas.

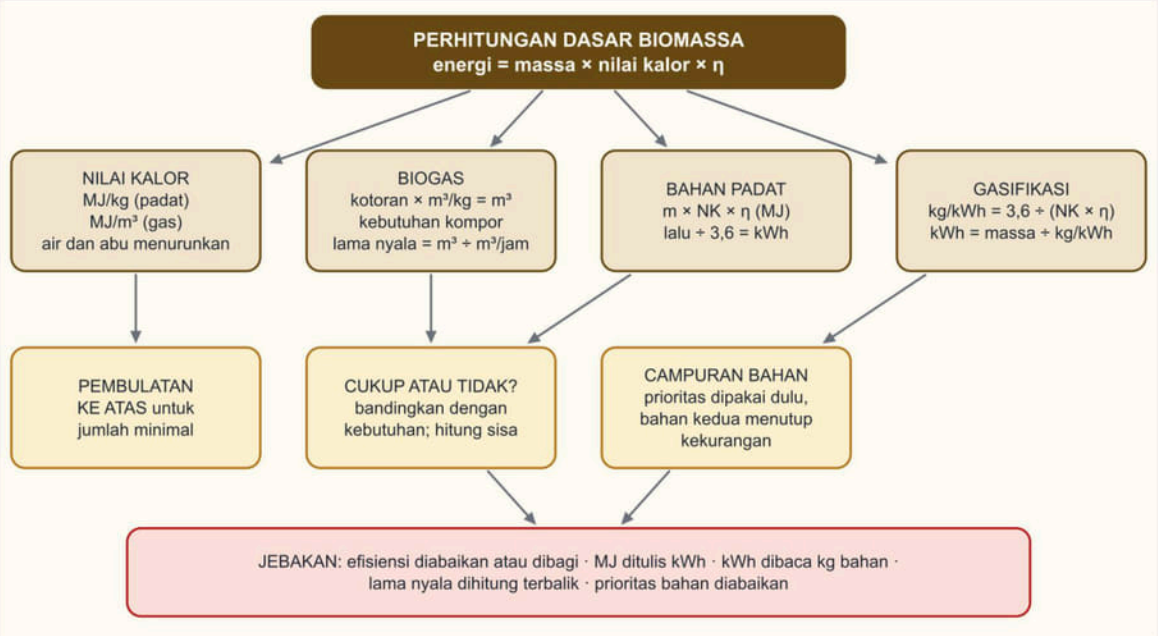
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- **Biomassa** menyimpan energi kimia; ukurannya **nilai kalor** (MJ/kg padat; MJ/m^3 gas), dipengaruhi kadar air dan abu; soal memberinya.
- **Listrik dari bahan padat:** $m \times NK \times \eta$ (MJ), lalu **÷ 3,6 = kWh**; efisiensi **mengalikan**.
- **Biogas:** kotoran harian × m^3/kg = m^3 gas; kebutuhan = kompor × m^3/jam × jam; **lama nyala = m^3 ÷ m^3/jam** (bukan sebaliknya).
- **kg per kWh = 3,6 ÷ (NK × η);** kWh dari bahan = massa ÷ kg/kWh; bahan butuh = kWh × kg/kWh.
- **Campuran bahan:** bahan prioritas dipakai dulu, kekurangan ditutup bahan kedua.
- **Pembulatan ke atas** untuk jumlah ternak atau bahan minimal.

Gambar 4.21 merangkum hubungan konsep-konsep ini.



Gambar 4.21 Peta konsep perhitungan dasar biomassa: nilai kalor, biogas, listrik dari bahan padat, konversi MJ ke kWh, gasifikasi, dan campuran bahan, beserta jebakan yang sering muncul. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal hitungan biomassa:

1. **Tulis data dengan satuannya:** massa (kg), nilai kalor (MJ/kg atau MJ/m^3), efisiensi, hasil gas (m^3/kg), konsumsi kompor (m^3/jam), kebutuhan (kWh atau m^3).
2. **Tentukan jalurnya:** biogas (m^3), energi listrik dari bahan padat (MJ lalu kWh), atau kg/kWh gasifier.
3. **Kerjakan berurutan dan tulis satuan tiap hasil antara.** Hasil dalam MJ harus dibagi 3,6 sebelum dibandingkan dengan kebutuhan kWh.
4. **Periksa arah pembagian:** lama nyala = volume ÷ konsumsi per jam; kWh dari bahan = massa ÷ kg/kWh; bahan yang dibutuhkan = kWh × kg/kWh.
5. **Bandingkan dan bulatkan ke atas** untuk jumlah minimal (ternak, kemasan, bahan).

Jebakan khas pada soal ini:

- **Efisiensi diabaikan** (hasil terlalu besar) atau **dibagi** (jauh terlalu besar).
- **MJ ditulis sebagai kWh** (lupa ÷ 3,6).
- **Angka kebutuhan kWh diambil sebagai kg bahan** (atau sebaliknya).
- **Lama pakai gas dihitung terbalik** (konsumsi ÷ volume).
- **Prioritas bahan diabaikan** pada campuran dua bahan.
- **Pembulatan ke bawah** pada jumlah minimal.
- **Pasokan dijumlahkan** tanpa melihat kWh tiap bahan.

Contoh salah tafsir: soal memberi 250 kg bahan bernilai kalor 16 MJ/kg dan efisiensi 10 %. Siswa menghitung $250 \times 16 \times 0{,}1 = 400$ lalu menjawab "400 kWh". Itu 400 **MJ**; yang benar $400 \div 3{,}6 = 111{,}1$ kWh. Satu satuan yang terlewat menghasilkan hasil 3,6 kali lebih besar.

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut meminta energi listrik harian dari massa bahan, nilai kalor, dan efisiensi, dengan satuan yang berganti dari MJ ke kWh. Bedahlah dengan mengerjakan tiga langkah (energi bahan, energi listrik dalam MJ, kWh) dan menulis satuan pada tiap hasil. Lalu cari tahu pilihan mana yang berasal dari efisiensi yang dilupakan, dari satuan yang tidak diubah, atau dari efisiensi yang dibagi.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

►. Pabrik pengolahan sawit mini (2027) memiliki sisa cangkang sawit 100 kg per hari yang akan dibakar pada pembangkit listrik tenaga biomassa kecil. Nilai kalor cangkang 18 MJ/kg dan efisiensi pembangkit (panas menjadi listrik) 20%. Gunakan 1 kWh = 3,6 MJ. Pengelola ingin mengetahui energi listrik harian yang dapat dihasilkan.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Energi listrik yang dapat dihasilkan per hari adalah ....

A. 100 kWh
B. 360 kWh
C. 500 kWh
D. 1.800 kWh
E. 2.500 kWh

Pembahasan **Kunci: A**

Konsep: Energi listrik biomassa = massa × nilai kalor × efisiensi, lalu dikonversi ke kWh (1 kWh = 3,6 MJ).

Langkah:
1. Energi panas = 100 × 18 = 1.800 MJ.
2. Energi listrik = 1.800 × 0,2 = 360 MJ.
3. 360 ÷ 3,6 = 100 kWh.

Analisis setiap opsi:
- **A.** ✓ 100 × 18 × 0,2 ÷ 3,6 = 100 kWh.
- **B.** ✗ Jebakan: 360 MJ ditulis sebagai 360 kWh tanpa konversi.
- **C.** ✗ Jebakan: efisiensi diabaikan (1.800 ÷ 3,6 = 500 kWh).
- **D.** ✗ Energi panas dalam MJ ditulis sebagai kWh.
- **E.** ✗ Efisiensi dibagi, bukan dikali (1.800 ÷ 0,2 ÷ 3,6).

Jawaban: A.

✎ LATIHAN

Kerjakan tanpa melihat kunci. Tulis satuan di setiap hasil antara dan periksa arah pembagian.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1. Kelompok ternak Pak Darto (2027) memelihara 10 sapi yang dikandangkan. Setiap sapi menghasilkan sekitar 20 kg kotoran per hari, dan setiap 1 kg kotoran menghasilkan sekitar 0,04 m^3 biogas. Kompor biogas yang dipakai mengonsumsi 0,4 m^3 gas per jam. Dua keluarga anggota kelompok masing-masing memakai satu kompor selama 5 jam per hari. Bulan depan Pak Darto berencana menjual 4 ekor sapi.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Produksi biogas saat ini sekitar 8 m^3 per hari.	○	○
Setelah 4 sapi dijual, biogas tidak lagi memenuhi kebutuhan kedua kompor tersebut.	○	○
Dengan 10 sapi, produksi gas dapat menyalakan satu kompor selama 25 jam per hari.	○	○

2. Unit usaha penggilingan kelapa (2027) memakai gasifier dan genset untuk kebutuhan listrik 24 kWh per hari. Data bahan bakar yang tersedia:

Bahan	Kebutuhan untuk 1 kWh listrik	Pasokan per hari
Sekam padi	1,5 kg	30 kg
Tempurung kelapa	1,0 kg	15 kg

Kedua bahan boleh dicampur. Sekam cepat lembap dan tidak tahan disimpan, sehingga pengelola memutuskan sekam dipakai sebanyak mungkin setiap hari, sedangkan tempurung (tahan disimpan) hanya dipakai untuk menutup kekurangan.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Rencana pemakaian bahan bakar harian yang tepat adalah ....

A. Sekam 30 kg saja karena pasokan sekam paling banyak
B. Tempurung 15 kg saja karena kebutuhannya per kWh paling kecil
C. Sekam 30 kg ditambah tempurung 4 kg
D. Tempurung 15 kg ditambah sekam 13,5 kg
E. Sekam 24 kg ditambah tempurung 15 kg

Kunci singkat: 1. 1B 2S 3S 2. C

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

✔ PERIKSA DIRI

- Bahan bernilai kalor 12 MJ/kg dengan efisiensi 25 % menghasilkan 360 MJ listrik. Berapa kWh, dan mengapa jawaban "360 kWh" salah?
- Sebuah kompor memakai 0,5 m^3 gas tiap jam dan tersedia 6 m^3 gas. Berapa jam kompor itu menyala, dan mengapa $0{,}5 \div 6$ tidak menjawab pertanyaan ini?
- **Yang harus kuingat:** $E\,(\text{kWh}) = m \times NK \times \eta \div 3{,}6$; kg per kWh $= 3{,}6 \div (NK \times \eta)$; lama nyala = $m^3 \div m^3/\text{jam}$.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 4.5: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktet&node=SMKTET-4.5

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 4.6 · Analisis kecukupan energi hasil konversi terhadap kebutuhan beban

SMKTET-4.6

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi menutup elemen perhitungan konversi energi dengan kemampuan **menganalisis**: apakah energi yang dihasilkan sebuah pembangkit cukup untuk beban yang akan dilayani, dan bila tidak cukup, apa solusi yang tepat. Ini adalah sub bab yang menggabungkan semua hitungan sebelumnya. Soal TKA SMK Teknik Energi Terbarukan di sini berupa kasus sekolah, klinik, bengkel, atau dusun dengan tabel beban: kamu diminta menghitung energi produksi dan energi beban, membandingkannya, memeriksa beban yang menyala bersamaan, lalu memilih kesimpulan dan tindakan yang benar. Jebakan paling sering: **memakai beban sebelum penambahan**, **menjumlahkan daya yang tidak menyala bersamaan**, **menukar daya puncak dengan energi harian**, dan **menjawab "tambah baterai" untuk masalah yang sebenarnya kekurangan produksi**.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menyusun neraca energi harian: energi yang dibangkitkan dikurangi energi beban;
- membedakan pemeriksaan energi (Wh per hari) dari pemeriksaan daya (W pada saat yang sama) dan memilih yang sesuai dengan jenis pembangkit;
- memeriksa kapasitas inverter, pembangkit tanpa baterai, dan baterai terhadap beban;
- menghitung tambahan modul yang diperlukan bila beban bertambah, dibulatkan ke atas;
- memilih solusi yang tepat (tambah produksi, kurangi beban, geser jam pakai) dan menuliskan kesimpulan "cukup" atau "kurang" lengkap dengan angka.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Sebuah pembangkit yang dihitung dengan teliti tetap bisa gagal bila kebutuhan beban berubah: sekolah menambah komputer, perpustakaan menambah alat, bengkel menambah mesin. Karena itu kemampuan terakhir seorang teknisi energi terbarukan adalah **membandingkan apa yang bisa dihasilkan dengan apa yang diminta beban**, dan menyampaikannya dengan angka: "cukup", atau "kurang sekian watt-jam, solusinya begini". Analisis ini memakai tiga pemeriksaan berbeda, dan memahami kapan memakai yang mana adalah kunci sub bab ini: pemeriksaan **energi**, pemeriksaan **daya**, dan pemeriksaan **penyimpanan**.

1. Pemeriksaan energi: neraca harian

Pada pembangkit yang produksinya berubah sepanjang hari, seperti PLTS dan pembangkit bayu (angin), energi dicatat per hari. Neraca energi harian membandingkan dua angka:

- **energi yang dibangkitkan** per hari: untuk PLTS, $E_{prod} = Wp \times PSH \times \eta$ (sub bab 4.3);

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

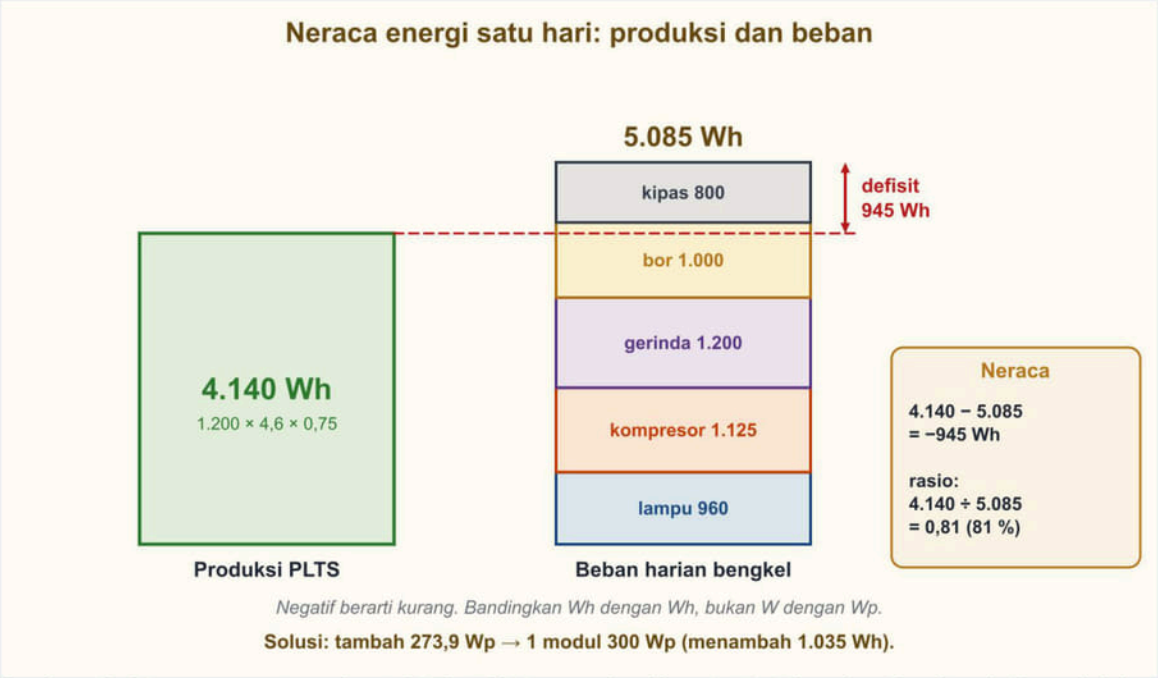
untuk turbin angin, jumlah daya × lama dari tabel (sub bab 4.4); untuk hidro, $P \times t$ (sub bab 4.2);

- **energi beban** per hari: $E_{beban} = \sum n \cdot P \cdot t$ (sub bab 4.1), yaitu jumlah dari seluruh beban.

Selisihnya adalah **neraca**:

$$\text{neraca} = E_{prod} - E_{beban}$$

Bila neraca positif (atau nol), energi **cukup**; bila negatif, energi **kurang** sebesar nilai mutlaknya, yaitu **defisit**. Perbandingan juga bisa dinyatakan sebagai rasio $E_{prod} \div E_{beban}$: rasio di bawah 1 berarti kurang. Gambar 4.22 memperlihatkan neraca sebuah bengkel: batang produksi lebih pendek daripada tumpukan beban, dan selisihnya adalah defisit.



Gambar 4.22 Neraca energi satu hari: PLTS 1,2 kWp menghasilkan 4.140 Wh, sedangkan lima kelompok beban bengkel memakai 5.085 Wh, sehingga defisit 945 Wh (produksi hanya 81 % dari beban). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Produksi tidak sama sepanjang tahun. PSH pada musim hujan lebih kecil daripada musim kemarau, debit sungai pada kemarau lebih kecil daripada pada musim hujan, dan kecepatan angin berubah menurut musim. Karena itu perencana menghitung neraca dengan **nilai musim yang paling rendah** (PSH terkecil, debit kemarau, angin terlemah) agar pembangkit tetap mencukupi pada saat paling sulit. Bila soal memberi dua nilai musim, pakailah yang sesuai pertanyaannya: "pada musim paling sulit" berarti nilai terendah.

Dua hal perlu diingat. **Pertama,** bandingkan angka dalam satuan yang sama, yaitu Wh dengan Wh. Daya alat (W) tidak boleh dibandingkan dengan Wp modul atau dengan energi harian. **Kedua,** untuk menilai kecukupan **setelah beban bertambah**, pakailah beban **setelah penambahan**: $E_{beban\ baru} = E_{beban\ lama} + E_{tambahan}$. Banyak siswa membandingkan produksi dengan beban lama saja dan menyimpulkan "cukup", padahal beban barunya sudah melebihi produksi.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. Pemeriksaan daya: beban yang menyala bersamaan

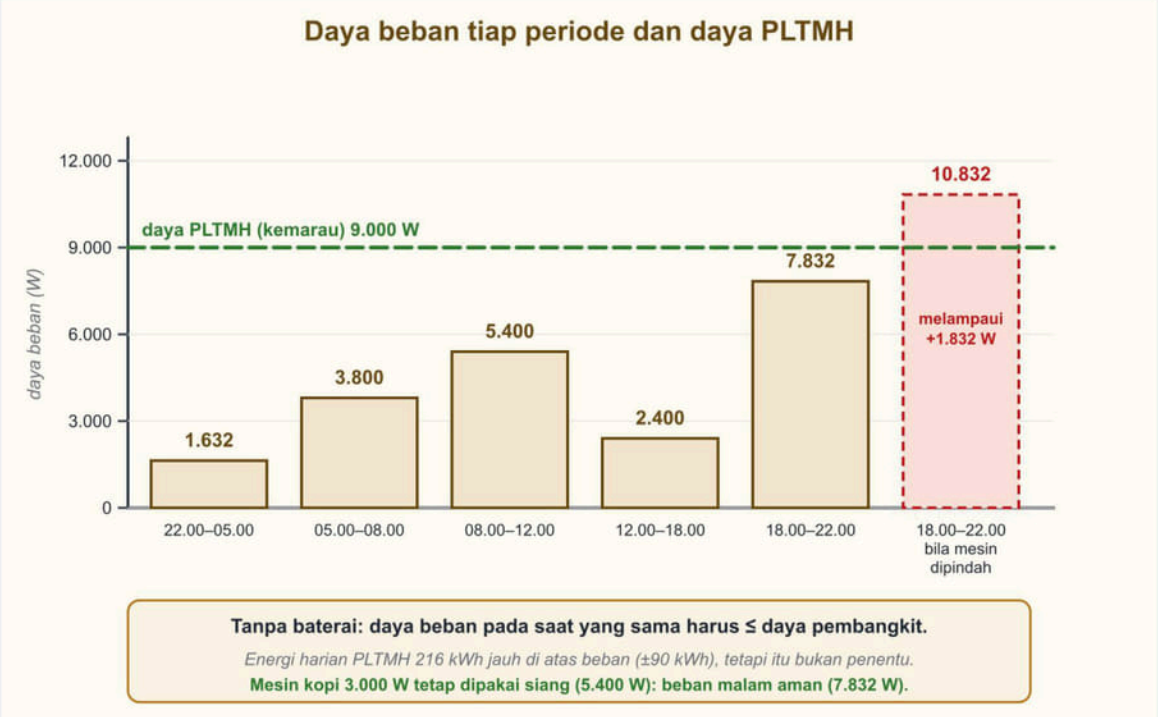
Energi harian yang cukup belum menjamin sistem berfungsi pada saat tertentu. Bayangkan pembangkit berdaya 9 kW dan beban yang menyala pada pukul 19.00 berjumlah 10 kW: walau energi sehari cukup, pada jam itu pembangkit kewalahan. Untuk itu diperiksa **daya** pada saat yang sama:

$$\text{daya beban bersamaan} = \text{jumlah daya semua beban yang menyala pada waktu yang s}$$

Jumlahkan **hanya beban yang menyala bersamaan**. Lampu yang menyala 19.00–22.00 dan pompa yang bekerja 06.00–07.00 tidak dijumlahkan, karena tidak pernah menyala bersamaan. Lalu bandingkan dengan:

- **daya pembangkit** pada pembangkit tanpa baterai (misalnya PLTMH yang langsung menyalurkan listrik). Pembangkit ini tidak punya tempat menyimpan, sehingga pada setiap saat daya yang dihasilkan harus sama dengan atau lebih besar daripada daya beban. Bila beban melebihi daya pembangkit, putaran turbin menurun dan tegangan serta frekuensi listrik turun, sehingga alat tidak bekerja dengan baik;
- **kapasitas inverter** pada PLTS: inverter yang berkapasitas 1.500 W hanya boleh menanggung beban yang menyala bersamaan sampai 1.500 W. Motor seperti kompresor, pompa, dan gerinda menarik daya lebih besar sesaat ketika mulai berputar, sehingga kapasitas inverter harus memberi ruang untuk itu.

Gambar 4.23 menunjukkan hasilnya pada sebuah dusun dengan PLTMH tanpa baterai: batang beban tiap periode dibandingkan dengan garis daya pembangkit.



Gambar 4.23 Daya beban tiap periode dibandingkan dengan daya PLTMH 9.000 W pada kemarau: beban malam 7.832 W masih terpenuhi, tetapi bila mesin pengupas kopi 3.000 W dipindah ke malam, beban naik menjadi 10.832 W dan melampaui garis kapasitas. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Kapan "pas" dianggap cukup? Bila beban bersamaan tepat sama dengan daya pembangkit,

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

kondisi itu masih memenuhi syarat ($\leq$), tetapi tidak menyisakan ruang sedikit pun: tambahan satu alat kecil sudah membuat pembangkit kewalahan. Pada soal, pilihlah kesimpulan berdasarkan angka yang diberikan (cukup bila beban ≤ kapasitas), dan bila diminta saran, sebutkan bahwa sisa yang tipis perlu dijaga dengan menjadwalkan beban besar bergantian.

Perhatikan satu jebakan penting. Energi harian PLTMH itu $9\ \text{kW} \times 24\ \text{jam} = 216$ kWh, jauh lebih besar daripada energi beban dusun (sekitar 90 kWh). Kesimpulan "terpenuhi karena energi harian cukup" **salah** untuk pembangkit tanpa baterai: yang menentukan adalah daya beban pada jam puncak, sebab energi yang dihasilkan siang hari tidak bisa disimpan untuk malam.

3. Pemeriksaan penyimpanan: baterai dan hari otonomi

PLTS off-grid memakai baterai untuk memindahkan energi siang ke malam dan untuk melewati hari mendung. Pemeriksaannya:

- **Energi yang dapat dipakai** dari baterai $= V \times Ah \times DoD$ (sub bab 4.3). Contoh: baterai 24 V 200 Ah dengan DoD 0,5 dapat dipakai $24 \times 200 \times 0{,}5 = 2.400$ Wh.
- Bandingkan dengan **energi beban yang harus dilayani baterai** (beban malam, atau beban sehari bila ingin melewati hari mendung) dikali hari otonomi yang diminta.

Ingat batas peran baterai: **baterai menyimpan, tidak menghasilkan.** Menambah baterai membuat energi lebih mudah dipindahkan ke malam hari, tetapi tidak menambah energi harian yang dihasilkan modul. Bila produksi harian lebih kecil daripada beban harian, menambah baterai tidak mengubah kekurangan itu; baterai tambahan justru tidak akan pernah terisi penuh.

4. Beban tambahan dan pilihan solusi

Bila neraca menunjukkan defisit, ada empat arah solusi. Pilih menurut jenis masalahnya.

Solusi	Apa yang berubah	Menyelesaikan masalah apa
Tambah modul (produksi)	E_{prod} naik sebesar $\Delta Wp \times PSH \times \eta$	kekurangan **energi** harian
Kurangi beban / hemat	E_{beban} turun (ganti alat efisien, kurangi jam pakai)	kekurangan energi harian; juga mengurangi daya puncak
Geser jam pakai	energi total tetap; waktu pakai berpindah	kelebihan **daya puncak** atau baterai terkuras malam; **tidak** menyelesaikan kekurangan energi harian
Tambah baterai	penyimpanan naik	beban malam atau hari mendung; **tidak** menyelesaikan kekurangan produksi

Untuk menentukan **jumlah modul tambahan**, balikkan rumus produksi (sub bab 4.3):

$$\Delta Wp = \frac{\text{defisit (Wh)}}{PSH \times \eta}$$

lalu bagi dengan Wp per modul dan **bulatkan ke atas**. Periksa kembali bahwa produksi baru,

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

E_{prod} + tambahan modul × PSH × η, tidak kurang dari beban baru.

5. Alur analisis dan cara menulis kesimpulan

Gambar 4.24 meringkas urutan analisis. Kesimpulan yang baik memuat **tiga hal**: angka produksi, angka beban, dan keputusannya. Contoh: "Energi PLTS 4.140 Wh lebih kecil daripada beban 5.085 Wh sehingga kurang 945 Wh; solusinya menambah satu modul 300 Wp." Kesimpulan tanpa angka tidak bisa diperiksa, dan kesimpulan yang tidak sesuai angkanya adalah kesimpulan keliru.



Gambar 4.24 Alur analisis kecukupan: hitung produksi, hitung beban, bandingkan energi, periksa daya bersamaan dan penyimpanan, pilih solusi menurut jenis masalah, lalu tulis kesimpulan dengan angka. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Contoh 1 — Cukup atau kurang: PLTS 1,2 kWp untuk bengkel

Pada Maret 2027, sebuah bengkel las dan bubut di Kabupaten Bantaeng memasang PLTS off-grid 1.200 Wp (1,2 kWp) dengan inverter 1.500 W. Jam matahari puncak 4,6 jam; efisiensi sistem 0,75. Beban harian: 8 lampu LED 15 W menyala 8 jam; kompresor 750 W bekerja total 1,5 jam; gerinda 600 W selama 2 jam; mesin bor 400 W selama 2,5 jam; 2 kipas 50 W selama 8 jam. Modul tambahan yang tersedia: 300 Wp. Analisislah kecukupan energi, tentukan solusinya, dan periksa daya bila kompresor, gerinda, dan bor menyala bersamaan.

1. Energi produksi: $1.200 \times 4{,}6 \times 0{,}75 = 4.140$ Wh.
2. Energi beban: lampu $8 \times 15 \times 8 = 960$; kompresor $750 \times 1{,}5 = 1.125$; gerinda $600 \times 2 = 1.200$; bor $400 \times 2{,}5 = 1.000$; kipas $2 \times 50 \times 8 = 800$. Total 5.085 Wh.
3. Neraca: $4.140 - 5.085 = -945$ Wh. Produksi hanya $4.140 \div 5.085 = 81$ % dari beban: **kurang 945 Wh**.
4. Tambahan Wp: $945 \div (4{,}6 \times 0{,}75) = 945 \div 3{,}45 = 273{,}9$ Wp. Satu modul 300 Wp cukup: $300 \times 4{,}6 \times 0{,}75 = 1.035$ Wh ≥ 945 Wh (sisa 90 Wh).
5. Periksa daya bersamaan: kompresor + gerinda + bor + lampu + kipas $= 750 + 600 + 400 + 120 + 100 = 1.970$ W > 1.500 W (kapasitas inverter). Bila gerinda tidak menyala bersamaan: 1.370 W ≤ 1.500 W.

Kesimpulan: **energi kurang 945 Wh; solusinya menambah satu modul 300 Wp. Selain itu, jadwalkan kompresor, gerinda, dan bor agar tidak menyala bersamaan** karena penjumlahan semuanya (1.970 W) melampaui inverter. Menambah baterai tidak menyelesaikan masalah ini karena produksi, bukan penyimpanan, yang kurang. Pembanding kesalahan: tanpa efisiensi, tambahan Wp tampak 205 Wp dan hasilnya kurang; memakai satu modul 250 Wp memberi 862,5 Wh, belum cukup. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

Contoh 2 — Beban bersamaan pada PLTMH tanpa baterai

Pada Oktober 2027, Dusun Lembah Tirta memiliki PLTMH tanpa baterai. Pada puncak kemarau daya keluarannya 9,0 kW. Beban: 60 rumah; pada pukul 18.00–22.00 tiap rumah memakai rata-rata 110 W; surau 800 W; 24 lampu jalan 18 W. Mesin pengupas kopi 3.000 W biasanya dipakai pukul 08.00–12.00 (saat itu rumah memakai rata-rata 40 W). Warga mengusulkan memakai mesin itu pada pukul 19.00–21.00 agar siang hari bebas. Pada musim hujan daya keluarannya naik menjadi 14,0 kW. Analisislah untuk kedua musim.

1. Beban malam biasa: rumah $60 \times 110 = 6.600$ W; surau 800 W; lampu jalan $24 \times 18 = 432$ W. Jumlah 7.832 W ≤ 9.000 W → terpenuhi, sisa 1.168 W.
2. Bila mesin dipindah ke malam: $7.832 + 3.000 = 10.832$ W > 9.000 W → **kurang 1.832 W**.
3. Beban siang saat mesin dipakai: rumah $60 \times 40 = 2.400$ W + mesin 3.000 W $= 5.400$ W ≤ 9.000 W → terpenuhi.
4. Periksa jebakan energi: PLTMH 24 jam menghasilkan $9 \times 24 = 216$ kWh, jauh di atas energi beban dusun (sekitar 90 kWh per hari). Namun karena tanpa baterai, yang menentukan adalah daya saat beban menyala bersamaan, bukan energi harian.
5. Bandingkan dengan musim hujan: daya 14.000 W, sehingga beban malam bila mesin

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

dipindah ke malam, 10.832 W, masih terpenuhi (sisa 3.168 W).

Kesimpulan: **pada puncak kemarau usulan memindahkan mesin ke malam tidak boleh dilakukan, sedangkan pada musim hujan boleh:** beban puncak 10.832 W melampaui daya 9.000 W sebesar 1.832 W, sehingga tegangan dan frekuensi turun. Pada kemarau mesin tetap dipakai pada siang hari (5.400 W); aturan jam pakai itu perlu mengikuti musim. Solusi ini hanya menggeser jam pakai, dan di sini geser jam memang tepat karena masalahnya adalah daya puncak, bukan energi harian. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

Contoh 3 — Beban tambahan pada perpustakaan desa dan pilihan solusi

Pada Agustus 2027, sebuah perpustakaan desa di Kabupaten Alor memakai PLTS off-grid 1.500 Wp, jam matahari puncak 4,4 jam, efisiensi sistem 0,72. Beban harian sekarang: 14 lampu LED 10 W menyala 6 jam; lemari pendingin minuman 90 W yang kompresornya bekerja 10 jam; 2 komputer 60 W selama 6 jam; 4 kipas 40 W selama 6 jam; pompa air 250 W selama 1,5 jam. Perpustakaan akan menambah pendingin ruangan (AC) 800 W yang dipakai 2 jam sehari. Modul tersedia 250 Wp. Apakah energi masih cukup? Tentukan solusinya, dan berapa jam paling lama AC boleh dipakai bila tidak menambah modul.

1. Energi produksi: $1.500 \times 4{,}4 \times 0{,}72 = 4.752$ Wh.
2. Beban sekarang: lampu $14 \times 10 \times 6 = 840$; kulkas $90 \times 10 = 900$; komputer $2 \times 60 \times 6 = 720$; kipas $4 \times 40 \times 6 = 960$; pompa $250 \times 1{,}5 = 375$. Total 3.795 Wh → sisa $4.752 - 3.795 = 957$ Wh (sekarang cukup).
3. Tambahan AC: $800 \times 2 = 1.600$ Wh. Beban baru: $3.795 + 1.600 = 5.395$ Wh.
4. Neraca baru: $4.752 - 5.395 = -643$ Wh → **kurang 643 Wh**.
5. Modul tambahan: $643 \div (4{,}4 \times 0{,}72) = 643 \div 3{,}168 = 203$ Wp → satu modul 250 Wp ($250 \times 4{,}4 \times 0{,}72 = 792$ Wh ≥ 643 Wh).
6. Tanpa modul tambahan: AC maksimum $957 \div 800 = 1{,}196$ jam, kira-kira 1 jam 12 menit (dibulatkan ke bawah menjadi 1 jam).

Kesimpulan: **energi cukup sebelum penambahan (sisa 957 Wh), tetapi kurang 643 Wh setelah AC ditambahkan; solusinya menambah satu modul 250 Wp, atau memakai AC tidak lebih dari 1 jam sehari.** Menggeser jam AC ke siang tidak menyelesaikan kekurangan energi harian (hanya memindahkan jamnya), dan menambah baterai tidak menambah produksi. Jebakan: membandingkan produksi 4.752 Wh dengan beban lama 3.795 Wh dan menyimpulkan "cukup". *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

Contoh 4 — Baterai dan hari otonomi: kapan menambah baterai tepat

Pada Desember 2027, balai desa di Kabupaten Mentawai memakai PLTS off-grid yang neraca energi hariannya sudah positif. Bank baterainya 24 V 200 Ah dengan DoD 0,5. Beban malam (18.00–06.00): 10 lampu LED 12 W menyala 12 jam; lemari pendingin 80 W yang kompresornya bekerja 6 jam pada malam hari; televisi 50 W selama 3 jam. Pengelola ingin baterai mampu melayani beban malam selama **dua malam berturut-turut** tanpa pengisian (cuaca mendung). Baterai tersedia 12 V 100 Ah. Apakah baterai sekarang cukup, dan bila tidak, berapa baterai yang ditambahkan?

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1. Energi beban malam: lampu $10 \times 12 \times 12 = 1.440$ Wh; lemari pendingin $80 \times 6 = 480$ Wh; televisi $50 \times 3 = 150$ Wh. Total 2.070 Wh per malam.
2. Energi yang dapat dipakai dari baterai sekarang: $24 \times 200 \times 0{,}5 = 2.400$ Wh. Untuk satu malam: $2.400 \geq 2.070$ → cukup (sisa 330 Wh).
3. Kebutuhan dua malam: $2 \times 2.070 = 4.140$ Wh. $2.400 < 4.140$ → **kurang 1.740 Wh**.
4. Kapasitas yang diperlukan: $4.140 \div (24 \times 0{,}5) = 345$ Ah. Baterai sekarang 200 Ah, jadi kurang 145 Ah.
5. Satu pasang baterai 12 V yang diseri menjadi 24 V; diparalelkan dengan bank, satu pasang menambah 100 Ah. Dua pasang tambahan membuat bank menjadi $200 + 200 = 400$ Ah ≥ 345 Ah. Jadi tambah **4 baterai 12 V 100 Ah** (dua pasang).
6. Periksa: $24 \times 400 \times 0{,}5 = 4.800$ Wh ≥ 4.140 Wh.

Jawaban: **baterai cukup untuk satu malam, tetapi kurang untuk dua malam; tambah 4 baterai 12 V 100 Ah (menjadi 24 V 400 Ah).** Di sini menambah baterai **tepat**, karena masalahnya adalah penyimpanan (hari otonomi), dan neraca energi hariannya memang sudah positif sehingga baterai tambahan dapat terisi kembali. Bandingkan dengan Contoh 1 dan 3, ketika masalahnya kekurangan produksi dan baterai tambahan tidak membantu. Jebakan: mengabaikan DoD ($24 \times 200 = 4.800$ Wh tampak cukup untuk dua malam), atau menghitung baterai dari 12 V. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

Ringkasan bagian ini

Neraca energi harian $= E_{prod} - E_{beban}$; bandingkan dalam Wh, dengan beban **setelah** penambahan. Pembangkit tanpa baterai (dan inverter) diperiksa dengan **daya beban bersamaan**, bukan dengan energi harian; jumlahkan hanya beban yang menyala pada saat yang sama. Baterai menyimpan, tidak menambah produksi. Defisit energi diselesaikan dengan tambah modul ($\Delta Wp = \text{defisit} \div (PSH \times \eta)$, bulatkan ke atas) atau mengurangi beban; geser jam pakai menyelesaikan masalah daya puncak. Tulis kesimpulan dengan angka.

Educational Institutions

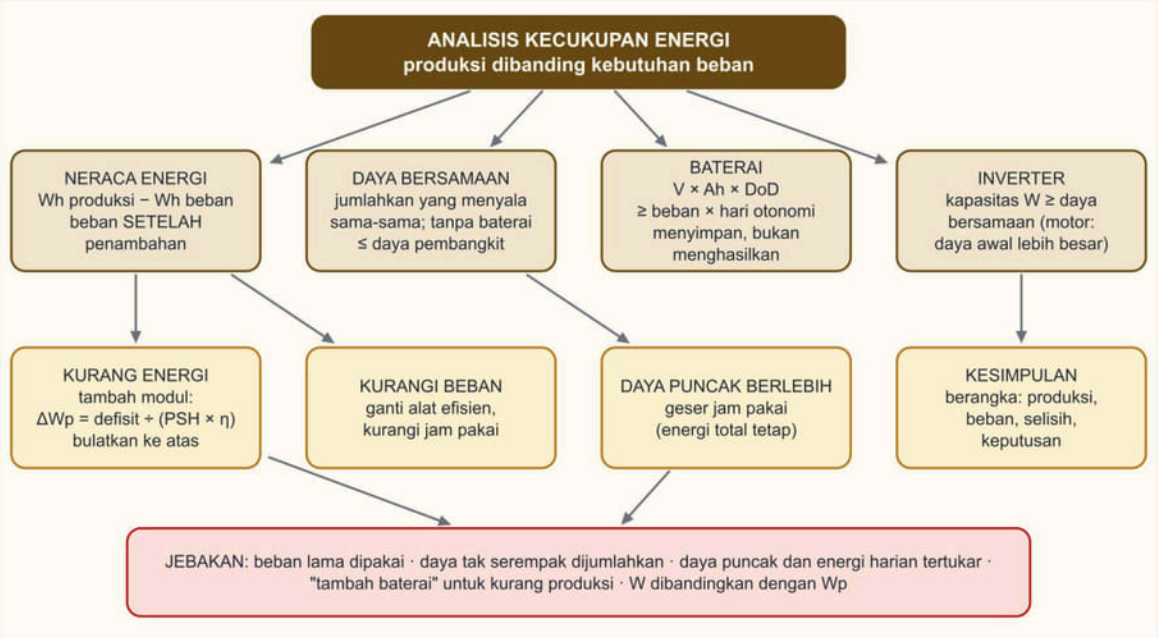
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- **Neraca =** $E_{prod} - E_{beban}$ (Wh per hari); negatif berarti kurang; pakai beban **setelah** penambahan.
- E_{prod}**:** PLTS $Wp \times PSH \times \eta$; hidro $P \times t$; bayu $\sum P \times t$. E_{beban} **=** $\sum n \cdot P \cdot t$**.**
- **Pembangkit tanpa baterai** dan **inverter:** periksa **daya beban bersamaan** ≤ kapasitas; jumlahkan hanya beban yang menyala bersamaan; energi harian bukan penentu.
- **Baterai:** $V \times Ah \times DoD$ dibandingkan beban yang dilayani × hari otonomi; **menyimpan, bukan menghasilkan**.
- **Solusi menurut masalah:** kurang energi → tambah modul ($\Delta Wp = \text{defisit} \div (PSH \times \eta)$, bulatkan ke atas) atau kurangi beban; daya puncak berlebih → geser jam pakai; tambah baterai bukan solusi kekurangan produksi.
- **Kesimpulan memuat angka:** produksi, beban, keputusan.

Gambar 4.25 merangkum hubungan konsep-konsep ini.



Gambar 4.25 Peta konsep analisis kecukupan energi: neraca energi harian, daya beban bersamaan, penyimpanan baterai, beban tambahan, solusi menurut jenis masalah, dan kesimpulan berangka, beserta jebakan yang sering muncul. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal analisis kecukupan:

1. **Tentukan jenis pembangkit:** berbaterai (PLTS off-grid) atau tanpa baterai (PLTMH langsung). Ini menentukan apakah yang diperiksa energi harian atau daya bersamaan.
2. **Hitung energi produksi dan energi beban** dari data. Untuk beban tambahan, pakai beban sesudah penambahan.
3. **Bandingkan dalam satuan yang sama** dan tulis selisihnya beserta tandanya.
4. **Periksa daya bersamaan** bila ada jam beban, inverter, atau pembangkit tanpa baterai. Jumlahkan hanya yang menyala bersamaan.
5. **Pilih solusi menurut masalahnya** (lihat tabel di bagian 4). Hitung tambahan modul dengan membagi $PSH \times \eta$ dan bulatkan ke atas.
6. **Cocokkan kesimpulan dengan angka:** buang opsi yang kesimpulannya bertentangan dengan angkanya sendiri.

Jebakan khas pada soal ini:

- **Beban sebelum penambahan dipakai** padahal soal bertanya setelah penambahan.
- **Daya yang tidak menyala bersamaan dijumlahkan** (atau yang menyala bersamaan terlewat).
- **Daya puncak dan energi harian tertukar**, termasuk menyimpulkan "terpenuhi" dari energi harian PLTMH tanpa baterai.
- **Solusi "tambah baterai"** untuk masalah kekurangan produksi.
- **Daya alat dibandingkan dengan Wp modul** (W dengan Wp, bukan Wh dengan Wh).
- **Efisiensi sistem dilupakan** pada produksi (produksi terlalu besar, sehingga tampak cukup).
- **Tambahan modul dibulatkan ke bawah**, atau dihitung tanpa PSH dan efisiensi.
- **Menghemat sebagian beban dianggap pasti cukup** tanpa dihitung ulang angkanya.

Contoh salah tafsir: perpustakaan berproduksi 4.752 Wh dan beban sekarang 3.795 Wh. Alat baru (AC) menambah 1.600 Wh. Siswa menjawab "cukup, sisa 957 Wh" karena memakai beban lama. Yang benar: beban baru 5.395 Wh melebihi 4.752 Wh. Satu kata "setelah" yang terlewat mengubah kesimpulan seluruhnya.

● BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menyajikan kasus kecukupan energi dengan tabel beban dan rencana penambahan alat. Bedahlah dengan alur Gambar 4.24: hitung produksi, hitung beban lama dan beban baru, tulis neraca, lalu cari opsi mana yang memakai beban lama, mengabaikan efisiensi, atau memilih solusi yang tidak sesuai jenis masalah.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

►. Rumah Pak Herman di pulau kecil (2027) memakai PLTS off-grid 3 modul × 200 Wp. Jam matahari puncak 4 jam/hari dan efisiensi sistem 75%. Data beban harian:

Beban	Daya	Jam pakai/hari
5 lampu LED	10 W per lampu	6 jam
TV	60 W	4 jam
Kipas angin	40 W	5 jam
Lemari es (kompresor bekerja)	80 W	10 jam

Pak Herman ingin menambah penanak nasi 350 W yang dipakai 1 jam per hari.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Kesimpulan yang tepat adalah ....

A. Energi PLTS 2.400 Wh memenuhi beban 1.540 Wh, dan penanak nasi dapat ditambah karena sisanya 860 Wh
B. Energi PLTS 1.800 Wh tidak memenuhi beban 1.890 Wh, sehingga beban yang ada sekarang harus dikurangi
C. Energi PLTS 1.800 Wh memenuhi beban 1.540 Wh, tetapi sisanya belum memenuhi tambahan penanak nasi
D. Energi PLTS 1.800 Wh memenuhi beban 1.540 Wh, dan penanak nasi dapat ditambah karena dayanya di bawah 600 Wp
E. Energi PLTS 1.800 Wh tidak memenuhi beban 1.540 Wh, sehingga penanak nasi hanya dipakai saat siang

Pembahasan **Kunci: C**

Konsep: Analisis kecukupan: energi PLTS harian = jumlah Wp × jam matahari puncak × efisiensi; energi beban = Σ (daya × jam). PLTS memadai bila energi PLTS ≥ energi beban.

Langkah:
1. Energi PLTS = 600 × 4 × 0,75 = 1.800 Wh.
2. Beban = 300 + 240 + 200 + 800 = 1.540 Wh → memenuhi, sisa 260 Wh.
3. Penanak nasi 350 Wh > 260 Wh → total 1.890 Wh melebihi 1.800 Wh.

Analisis setiap opsi:
- **A.** ✗ Jebakan: efisiensi 75% tidak dikalikan (600 × 4 = 2.400 Wh).
- **B.** ✗ Beban sekarang 1.540 Wh masih terpenuhi; 1.890 Wh adalah beban setelah penambahan.
- **C.** ✓ PLTS 1.800 Wh ≥ 1.540 Wh, tetapi sisa 260 Wh lebih kecil dari 350 Wh untuk penanak nasi.
- **D.** ✗ Jebakan: membandingkan daya alat (W) dengan Wp modul, padahal yang dibandingkan energi harian (Wh).
- **E.** ✗ 1.800 Wh lebih besar daripada 1.540 Wh sehingga beban sekarang terpenuhi.

Jawaban: C.

✎ LATIHAN

Kerjakan tanpa melihat kunci. Tulis neraca dengan angka lebih dulu, lalu pilih kesimpulannya.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1. SMP satu atap di pulau terpencil (2027) memakai PLTS off-grid 2 kWp. Jam matahari puncak 4,5 jam per hari dan efisiensi sistem 80%. Data beban harian:

Beban	Jumlah × daya	Jam pakai
Lampu kelas	24 × 15 W	8 jam
Kipas angin	12 × 50 W	6 jam
Komputer tata usaha	3 × 150 W	6 jam

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pernyataan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Energi yang dihasilkan PLTS sekitar 7.200 Wh per hari.
☐ B. Energi beban harian 9.180 Wh sehingga kekurangannya sekitar 1.980 Wh.
☐ C. Mematikan kipas angin 2 jam saat istirahat sudah membuat PLTS memenuhi seluruh beban.
☐ D. Menambah modul 1 kWp di lokasi yang sama membuat PLTS memenuhi beban tersebut.
☐ E. Mengganti baterai dengan kapasitas dua kali lipat membuat PLTS memenuhi beban harian.

2. PLTMH Desa Ranu Pani (2027) tidak memakai baterai. Pada kemarau daya keluarannya 11 kW. Beban yang menyala bersamaan pukul 18.00–22.00:

Beban	Daya
80 rumah (rata-rata 100 W per rumah)	8.000 W
Masjid	1.200 W
Pompa air desa	2.200 W
30 lampu jalan × 20 W	600 W

Siang hari beban desa hanya sekitar 3 kW, dan toren desa dapat menampung air untuk satu hari.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Kesimpulan dan tindakan yang tepat adalah ....

A. Terpenuhi, karena energi PLTMH 264 kWh per hari jauh di atas energi beban malam
B. Belum terpenuhi; memindahkan jam pompa air ke siang membuat beban malam 9,8 kW
C. Belum terpenuhi; mematikan seluruh lampu jalan membuat beban malam di bawah 11 kW
D. Terpenuhi, karena kelebihan beban 1 kW ditanggung putaran turbin yang naik
E. Belum terpenuhi; PLTMH harus diganti PLTS karena debit kemarau turun

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Kunci singkat: 1. A, B, D 2. B

✔ PERIKSA DIRI

- Sebuah PLTMH tanpa baterai berdaya 6 kW. Pada pukul 19.00 tersedia beban 5 kW, dan pukul 06.00 tersedia beban 4 kW yang tidak menyala pada pukul 19.00. Berapa daya beban bersamaan terbesar, dan apakah pembangkit cukup? Mengapa 9 kW (5 + 4) bukan jawabannya?
- Perpustakaan kekurangan 500 Wh energi per hari. Mengapa menambah baterai tidak menyelesaikan masalah, dan apa dua solusi yang menyelesaikannya?
- **Yang harus kuingat:** neraca $= E_{prod} - E_{beban}$ (beban setelah penambahan); pembangkit tanpa baterai: periksa daya bersamaan; $\Delta Wp = \text{defisit} \div (PSH \times \eta)$ dibulatkan ke atas; baterai menyimpan, tidak menghasilkan.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 4.6: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktet&node=SMKTET-4.6

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Kuis Akhir Bab 4

SMKTET-KB4

Jumlah soal: 25 **Waktu anjuran:** 60 menit

Kerjakan sendiri dan berwaktu. Setelah selesai, cocokkan dengan kunci di Bagian D, isi tabel skor, lalu lihat anjuran di bawahnya.

Kerjakan Kuis Bab 4 di LMS

Skor dan progresmu tersimpan di LMS.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktet&node=SMKTET-KB4

1. Tim survei SMK Bina Karya menilai calon PLTMH di Dusun Pasir Putih (2027). Debit sungai 40 liter per detik, tinggi jatuh efektif 18 m, dan efisiensi total 55 %. Gunakan massa jenis air 1.000 kg/m^3 dan g = 9,8 m/s^2.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Daya listrik keluaran PLTMH adalah ....

A. 3.881 W
B. 3.960 W
C. 7.056 W
D. 12.829 W
E. 38.808 W

2. PLTS Koperasi Tenun Kali Sari (2027) menghasilkan 2.000 Wh per hari di keluaran modul. Energi itu melewati kabel DC (efisiensi 97 %), pengendali pengisian (93 %), baterai (85 %), dan inverter (90 %) sebelum sampai ke alat tenun listrik AC.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Energi yang sampai ke alat tenun dalam sehari adalah ....

A. 1.380 Wh
B. 1.624 Wh
C. 1.700 Wh
D. 1.825 Wh
E. 2.898 Wh

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

3. Koperasi kopi Rimba Jaya (2027) merencanakan PLTMH dengan debit 55 liter per detik dan tinggi jatuh kotor 48 m. Rugi gesek pipa pesat 7 % dari tinggi jatuh kotor, sedangkan efisiensi total turbin–generator 0,60. Gunakan massa jenis air 1.000 kg/m^3 dan g = 9,8 m/s^2.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Daya listrik yang dihasilkan PLTMH sekitar ....

A. 13,3 kW
B. 13,4 kW
C. 14,4 kW
D. 15,5 kW
E. 16,6 kW

4. Kantor Kecamatan Sungai Gading (2027) memakai PLTS atap. Sekar, siswa PKL, mencatat beban hariannya: 10 lampu LED 9 W menyala 8 jam; 4 kipas 35 W menyala 6 jam; 2 komputer 60 W menyala 5 jam; dan 1 dispenser 300 W yang elemen pemanasnya bekerja total 2 jam.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Energi listrik yang dipakai seluruh beban itu dalam sehari adalah ....

A. 1.182 Wh
B. 2.760 Wh
C. 4.560 Wh
D. 5.200 Wh
E. 9.360 Wh

5. Gudang kelompok tani Sido Makmur (2027) memakai PLTS. Faisal, siswa PKL, mendata lima usulan penghematan beserta lama berlakunya per hari.

Usulan	Perubahan	Berlaku (jam/hari)
P	8 lampu pijar 40 W diganti LED 8 W	5
Q	1 mesin pengering 500 W diganti 420 W	3
R	12 pengisi daya siaga dicabut, tiap alat 4 W	20
S	2 kipas 60 W dimatikan saat gudang kosong	4
T	pompa air 300 W dipindah dari pukul 19.00 ke pukul 11.00	3

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pernyataan yang tepat tentang usulan itu adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Usulan R menghemat paling banyak karena berlaku paling lama, yaitu 20 jam per hari.
☐ B. Usulan P menghemat 1.280 Wh per hari.
☐ C. Usulan T tidak mengurangi energi harian, tetapi mengurangi energi yang diambil dari baterai pada malam hari.
☐ D. Usulan Q menghemat lebih banyak daripada usulan S karena penurunan dayanya, 80 W, lebih besar daripada daya satu kipas, 60 W.
☐ E. Usulan P dan usulan S bila dijalankan bersama menghemat 1.760 Wh per hari.

6. Warung makan Bu Nurul di pesisir (2027) memakai PLTS dengan jam matahari puncak (PSH) 4,0 jam dan efisiensi sistem 0,75. Lemari pendingin lama berdaya 180 W dan kompresornya bekerja 12 jam per hari. Lemari baru berdaya 110 W dan kompresornya hanya bekerja 10 jam per hari. Bu Nurul ingin tahu modul berapa Wp yang tidak diperlukan lagi bila lemari lama diganti.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pengurangan kebutuhan modul sekitar ....

A. 199 Wp
B. 265 Wp
C. 280 Wp
D. 353 Wp
E. 1.060 Wp

7. PLTS off-grid balai desa wisata di Pantai Sari (2027) memakai sistem 24 V dengan baterai timbal-asam yang hanya boleh dikosongkan sampai kedalaman pengosongan (DoD) 0,5. Beban harian 1.100 Wh, dan baterai harus mampu melayani beban selama 3 hari tanpa pengisian. Baterai yang tersedia 12 V 100 Ah.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Jumlah baterai paling sedikit yang diperlukan adalah ....

A. 2 baterai
B. 3 baterai
C. 4 baterai
D. 6 baterai
E. 12 baterai

8. Gambar menunjukkan potongan memanjang calon PLTMH Desa Long Bawan (2027). Sungai berdebit 120 liter per detik, tetapi 35 liter per detik diambil lebih dulu untuk irigasi sebelum air masuk ke saluran pembawa. Rugi gesek pipa pesat 5 % dari tinggi jatuh kotor

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

dan efisiensi total 58 %. Gunakan massa jenis air 1.000 kg/m³ dan g = 9,8 m/s².
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Daya listrik PLTMH itu sekitar ....



A. 15,9 kW
B. 17,4 kW
C. 18,4 kW
D. 24,8 kW
E. 30,1 kW

9. Calon PLTMH Dusun Wae Sari (2027) tidak memakai baterai. Tinggi jatuh kotor 40 m dan rugi gesek pipa pesat 5 m. Efisiensi total 55 %. Debit sungai 90 liter per detik pada musim hujan dan 30 liter per detik pada kemarau. Dusun memerlukan daya 6 kW setiap malam sepanjang tahun. Gunakan massa jenis air 1.000 kg/m³ dan g = 9,8 m/s².
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pernyataan yang tepat tentang kelayakan PLTMH itu adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

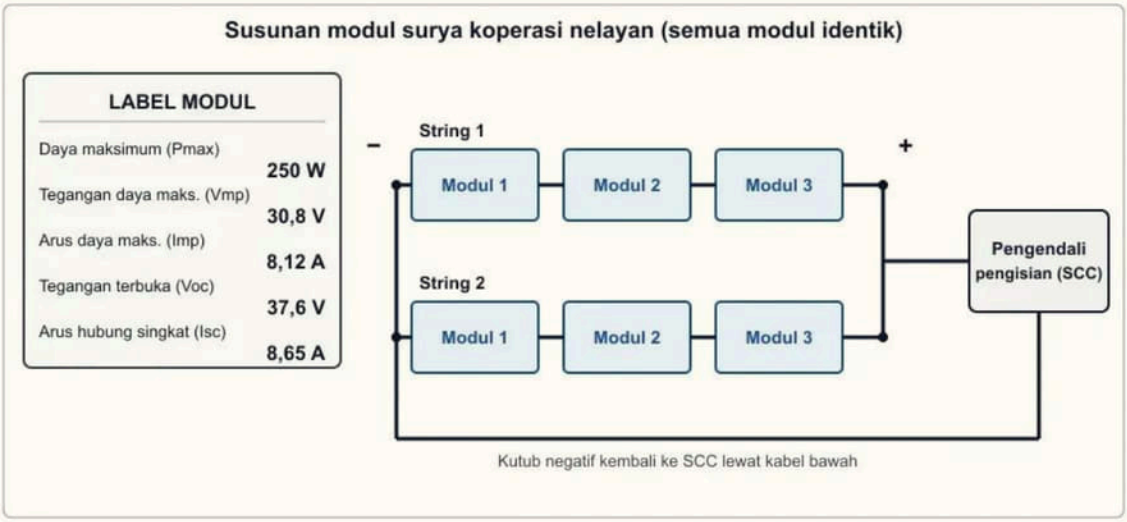
Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Tinggi jatuh efektif yang dipakai dalam hitungan adalah 35 m.
☐ B. Daya listrik pada musim hujan sekitar 19 kW.
☐ C. Rugi pipa boleh diabaikan sehingga daya kemarau sekitar 6,5 kW dan kebutuhan 6 kW terpenuhi.
☐ D. Daya listrik pada musim kemarau sekitar 5,7 kW, sehingga kebutuhan 6 kW belum terpenuhi.
☐ E. Daya turun dari musim hujan ke kemarau menjadi sepertiganya karena debit turun menjadi sepertiganya.

10. Bengkel SMK memasang enam modul surya pada atap koperasi nelayan (2027). Label modul dan susunan kabelnya terlihat pada gambar. Pengendali pengisian (SCC) menerima tegangan masukan paling tinggi 150 V dan arus hubung singkat total paling besar 30 A.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Teknisi memeriksa susunan itu.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pernyataan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)



Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Tegangan kerja susunan saat modul bekerja pada daya maksimum sekitar 92,4 V.
☐ B. Arus kerja susunan sekitar 48,7 A karena arus keenam modul dijumlahkan.
☐ C. Daya kerja susunan sekitar 1.500 W, sama dengan jumlah daya keenam modul.
☐ D. Tegangan terbuka satu string 225,6 V sehingga melampaui batas masukan SCC 150 V.
☐ E. Arus hubung singkat total sekitar 17,3 A, di bawah batas SCC 30 A.

11. Kelompok usaha keripik Mekar Sari (2027) merencanakan PLTS off-grid. Jam matahari puncak 4,4 jam dan efisiensi sistem 0,72. Modul yang tersedia berdaya 300 Wp. Data beban harian:

Beban	Jumlah	Daya tiap alat	Lama bekerja (jam)
Lampu LED	8	12 W	6
Mesin pengiris	1	400 W	2
Lemari pendingin (kompresor)	1	120 W	9
Kipas	2	45 W	5

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Jumlah modul paling sedikit yang diperlukan adalah ....

A. 2 modul
B. 3 modul
C. 4 modul
D. 5 modul
E. 10 modul

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

12. Kelurahan Tanjung Raya (2027) memasang lampu jalan surya. Satu unit memakai lampu LED 24 W yang menyala 11 jam tiap malam. Jam matahari puncak 4,5 jam dan efisiensi sistem 0,7. Sistem 12 V memakai baterai $LiFePO_4$ yang boleh dikosongkan sampai DoD 0,8, dengan hari otonomi 2 hari. Modul yang tersedia 100 Wp; baterai yang tersedia 50 Ah dan 60 Ah.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Energi lampu per malam 264 Wh, dan modul 100 Wp menghasilkan 315 Wh per hari sehingga mencukupi.	○	○
Baterai 12 V 50 Ah sudah cukup untuk dua hari otonomi.	○	○
Bila PSH musim hujan turun menjadi 3,6 jam, modul 100 Wp tetap mencukupi.	○	○

13. Balai nelayan Tanjung Harapan (2027) memasang tiga modul surya 275 Wp. Matahari bersinar sekitar 12 jam sehari, dengan jam matahari puncak (PSH) 4,6 jam. Efisiensi sistem 0,78.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Energi listrik yang tersedia di beban dalam sehari adalah ....

A. 7.722 Wh
B. 4.865 Wh
C. 4.630 Wh
D. 3.795 Wh
E. 2.960 Wh

14. Pabrik kopra kecil Harapan Jaya (2027) memakai gasifier dan genset dengan bahan bakar tempurung kelapa. Nilai kalor tempurung 16 MJ/kg dan efisiensi total pembangkit 18 %. Gunakan 1 kWh = 3,6 MJ. Pabrik menargetkan 60 kWh listrik per hari.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tempurung kelapa yang diperlukan per hari sekitar ....

A. 172,8 kg
B. 75 kg
C. 20,8 kg
D. 13,5 kg
E. 5,8 kg

15. Bengkel mebel SMK Karya Mandiri (2027) memakai PLTS off-grid dengan inverter berkapasitas 3.000 W. Jadwal pemakaian bebannya terlihat pada gambar. Setiap beban

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

harus tetap bekerja selama lama kerjanya sekarang (jamnya boleh digeser), beban yang menyala bersamaan tidak boleh melebihi kapasitas inverter, dan inverter tidak diganti.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Perubahan yang paling tepat adalah ....



A. Menggeser jam kerja kompresor ke pukul 12.00–14.00 agar tidak lagi menyala bersama ketam dan gergaji
B. Menambah kapasitas baterai dua kali lipat agar daya yang tersimpan cukup untuk menopang beban puncak
C. Menambah dua modul 330 Wp supaya produksi PLTS bertambah saat beban puncak berlangsung di siang hari
D. Memajukan jam kerja kompresor ke pukul 08.00–10.00 agar pukul 10.00–11.00 tidak lagi menjadi jam puncak
E. Mengganti lampu bengkel dengan LED yang hanya berdaya 100 W agar beban bersamaan menjadi lebih kecil

16. Kelompok tani di Pulau Nusa Indah (2027) memasang turbin angin kecil berdiameter rotor 5 m untuk memompa air. Angin rata-rata 4 m/s, massa jenis udara 1,2 kg/m^3, koefisien daya (Cp) 0,30. Gunakan π = 3,14.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Daya turbin angin itu sekitar ....

A. 188.400 W
B. 904 W
C. 754 W
D. 452 W
E. 226 W

17. Enam keluarga di Dusun Mekar Tirta (2027) masing-masing memakai satu kompor biogas berkonsumsi 0,32 m^3 per jam selama 2,5 jam per hari. Tiap sapi menghasilkan 16 kg kotoran per hari yang masuk digester, tiap 1 kg kotoran menghasilkan 0,036 m^3 biogas, dan hanya 80 % biogas yang terpakai kompor (sisanya hilang di sambungan pipa).

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Jumlah sapi paling sedikit yang diperlukan adalah ....

A. 5 ekor
B. 7 ekor
C. 9 ekor
D. 10 ekor
E. 11 ekor

18. Peternakan itik Sido Mulyo (2027) memakai turbin angin kecil. Menurut brosur, pada angin 5 m/s turbin menghasilkan 70 W, daya berubah menurut kecepatan angin pangkat tiga, dan turbin mulai menghasilkan listrik pada kecepatan 4 m/s. Hasil pengukuran angin sehari:

Kecepatan angin	Lama per hari
3 m/s	6 jam
5 m/s	8 jam
7 m/s	6 jam
9 m/s	4 jam

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Energi listrik yang dihasilkan turbin dalam sehari sekitar ....

A. 1.680 Wh
B. 1.904 Wh
C. 2.446 Wh
D. 3.345 Wh
E. 3.436 Wh

19. Pemilik tambak di Teluk Lestari (2027) membandingkan dua turbin angin kecil: turbin X berdiameter rotor 3 m dipasang di halaman (angin 4 m/s) dan turbin Y berdiameter rotor 2 m dipasang di bukit (angin 6 m/s). Massa jenis udara 1,2 kg/m³ dan koefisien daya 0,30 untuk keduanya. Gunakan π = 3,14.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pernyataan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Turbin Y menghasilkan daya lebih kecil daripada turbin X karena diameter rotornya lebih kecil.
☐ B. Daya turbin X sekitar 81 W.
☐ C. Bila turbin Y dipasang di halaman (angin 4 m/s), dayanya sekitar 81 W.
☐ D. Daya turbin Y sekitar 122 W.
☐ E. Daya turbin Y adalah 1,5 kali daya turbin X.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

20. Siswa PKL di toko perlengkapan energi Karya Bayu (2027) memeriksa brosur turbin angin kecil yang menyebut diameter rotor 2 m dan koefisien daya 0,65. Untuk perhitungan, ia memakai massa jenis udara 1,2 kg/m³ dan π = 3,14.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Luas sapuan rotor sekitar 12,6 m².	○	○
Koefisien daya 0,65 pada brosur tidak mungkin tercapai karena melebihi batas Betz, yaitu sekitar 0,59.	○	○
Bila angin naik dari 5 m/s menjadi 10 m/s, daya angin yang melewati rotor menjadi 8 kali lipat.	○	○

21. Koperasi energi Desa Sumber Jaya (2027) menimbang tiga bahan untuk gasifier–genset. Gunakan 1 kWh = 3,6 MJ.

Bahan	Nilai kalor (MJ/kg)	Efisiensi gasifier–genset
Cangkang sawit	17	0,20
Serbuk gergaji	16	0,18
Sekam padi	14	0,15

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pernyataan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Untuk menghasilkan 90 kWh, sekam padi yang diperlukan sekitar 23 kg.
☐ B. Tiap kilogram cangkang sawit menghasilkan sekitar 0,94 kWh listrik.
☐ C. Seratus kilogram serbuk gergaji menghasilkan sekitar 80 kWh listrik.
☐ D. Bila efisiensi untuk sekam naik menjadi 0,21, kebutuhan sekam turun menjadi sekitar 1,22 kg per kWh.
☐ E. Campuran 60 kg cangkang sawit dan 20 kg sekam menghasilkan sekitar 58 kWh listrik.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

22. Kelompok ternak Sido Rukun di Desa Wonosari (2027) mengandangkan 14 sapi. Asumsi hitung: tiap sapi menghasilkan 18 kg kotoran per hari yang masuk digester, dan tiap 1 kg kotoran menghasilkan 0,03 m^3 biogas.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Produksi biogas per hari adalah ....

A. 0,42 m^3
B. 0,54 m^3
C. 7,56 m^3
D. 75,6 m^3
E. 252 m^3

23. Pos pemantau banjir di Desa Sungai Kuning (2027) memakai PLTS off-grid dengan satu baterai timbal-asam 24 V 150 Ah yang boleh dikosongkan sampai DoD 0,5. Beban malam 1.150 Wh. Pada hari mendung berturut-turut modul tidak mengisi baterai sama sekali, dan pengelola ingin baterai mampu melayani dua malam.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pernyataan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Menambah baterai membuat energi harian yang dihasilkan modul ikut bertambah.
☐ B. Dua malam tanpa pengisian dapat dilayani karena kapasitas baterai 24 V × 150 Ah = 3.600 Wh.
☐ C. Energi yang dapat dipakai dari baterai ini sekitar 1.800 Wh.
☐ D. Baterai ini sudah cukup melayani beban satu malam penuh.
☐ E. Menambah satu baterai 24 V 150 Ah yang diparalel membuat dua malam dapat dilayani.

24. Dusun Lembah Pinang (2027) memakai PLTMH tanpa baterai. Pada puncak kemarau, debit 42 liter per detik, tinggi jatuh efektif 28 m, dan efisiensi total 0,55. Gunakan massa jenis air 1.000 kg/m^3 dan g = 9,8 m/s^2. Data beban:

Beban	Daya	Menyala
70 rumah	80 W per rumah	18.00–22.00
Surau	600 W	18.00–22.00
20 lampu jalan	20 W per lampu	18.00–22.00
Pompa air desa	1.800 W	05.00–07.00
Mesin penggiling	3.600 W	10.00–13.00

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pernyataan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Daya listrik PLTMH pada puncak kemarau sekitar 6,3 kW.
☐ B. Beban pukul 18.00–22.00 sebesar 6.600 W, sehingga PLTMH kurang sekitar 260 W.
☐ C. Energi PLTMH sekitar 152 kWh per hari jauh melebihi energi beban desa, sehingga beban malam pasti terpenuhi.
☐ D. Bila surau dan 20 lampu jalan tetap menyala, rumah yang dapat dilayani malam hari paling banyak 67 rumah.
☐ E. Mematikan 20 lampu jalan saja sudah membuat beban malam lebih kecil daripada daya PLTMH.

25. Puskesmas pembantu di Desa Karang Rejo (2027) memakai PLTS off-grid 1.800 Wp dengan jam matahari puncak 4,2 jam dan efisiensi sistem 0,75. Beban harian sekarang 4.300 Wh. Puskesmas akan menambah freezer vaksin 190 W yang kompresornya bekerja 10 jam per hari. Modul tambahan yang tersedia berdaya 150 Wp dan 200 Wp.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Setelah freezer ditambahkan, produksi PLTS kurang sekitar 530 Wh per hari dari kebutuhan beban.	○	○
Satu modul tambahan 150 Wp sudah cukup menutup kekurangan itu.	○	○
Satu modul tambahan 200 Wp cukup menutup kekurangan itu.	○	○

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Tabel skor dan anjuran

Sub bab / subtopik	Nomor soal	Benar	Jika kurang separuh benar
Sub bab 4.1 · Konservasi energi	2, 4, 5, 6	___ / 4	Ulangi hlm. 269
Sub bab 4.2 · Perhitungan dasar konversi energi hidro	1, 3, 8, 9	___ / 4	Ulangi hlm. 283
Sub bab 4.3 · Perhitungan dasar konversi energi surya	7, 10, 11, 12, 13	___ / 5	Ulangi hlm. 295
Sub bab 4.4 · Perhitungan dasar konversi energi bayu	16, 18, 19, 20	___ / 4	Ulangi hlm. 309
Sub bab 4.5 · Perhitungan dasar konversi energi biomassa	14, 17, 21, 22	___ / 4	Ulangi hlm. 322
Sub bab 4.6 · Analisis kecukupan energi hasil konversi terhadap kebutuhan beban	15, 23, 24, 25	___ / 4	Ulangi hlm. 335

Skor 70 % atau lebih: lanjut ke bab berikutnya. Skor 50–69 %: ulangi sub bab pada tabel yang kurang dari separuh benar. Skor di bawah 50 %: baca ulang bab ini dari awal. (Angka ini anjuran belajar, bukan prediksi nilai TKA.)

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Bab 5 · Alat Ukur dan Alat Uji

SMKTET-B5

Setelah mempelajari bab ini, kamu dapat:

- menyebutkan jenis dan fungsi alat ukur dan alat uji dan memilihnya berdasarkan besaran yang ditanyakan
- mengukur debit, tinggi jatuh, dan kecepatan angin dengan cara yang sah
- menafsirkan hasil ukur pada PLTS dan biogas untuk menemukan penyebab masalah
- memakai multimeter dan tang ampere sesuai prosedur kerja

Peta bab

Sub bab	Judul
5.1	Jenis dan fungsi alat ukur dan alat uji energi terbarukan
5.2	Alat ukur pada pembangkit listrik tenaga hidro dan bayu
5.3	Alat ukur pada pembangkit listrik tenaga surya dan biomassa
5.4	Penggunaan alat ukur dan alat uji sesuai prosedur kerja

Bab 5 di LMS

Buka seluruh latihan bab ini di LMS.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktet&node=SMKTET-B5

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 5.1 · Jenis dan fungsi alat ukur dan alat uji energi terbarukan

SMKTET-5.1

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu **mengenali jenis dan fungsi alat ukur dan alat uji** yang dipakai pada pembangkit energi terbarukan. Soalnya biasanya bercerita tentang satu pekerjaan nyata di lapangan, misalnya memeriksa PLTS atap sebuah gedung, merawat PLTMH kelompok tani, atau memantau digester biogas. Lalu kamu diminta **memasangkan kegiatan dengan alat yang tepat**, atau **memilih satu alat** yang paling cocok untuk menjawab sebuah pertanyaan teknis.

Soal seperti ini tampak mudah, tetapi pengecohnya licin. Hampir semua alat pada daftar pilihan memang ada di tas teknisi, dan hampir semuanya bisa "mengukur sesuatu". Kamu perlu tahu **besaran apa yang diukur oleh alat itu**, dan juga **besaran apa yang sebenarnya ditanyakan**. Di sub bab ini kamu akan berkenalan dengan semua alat utama, satu per satu, beserta cara kerjanya dalam bahasa sederhana.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- membedakan alat ukur dan alat uji, serta menjelaskan istilah rentang, ketelitian, dan kalibrasi;
- menyebutkan besaran, satuan, dan alat untuk pengukuran listrik pada pembangkit energi terbarukan;
- menjelaskan fungsi penguji isolasi dan penguji tahanan pembumian dan mengapa multimeter tidak dapat menggantikannya;
- menyebutkan alat untuk mengukur iradiasi, angin, suhu, putaran, tekanan, debit, keasaman, kadar air, dan berat jenis elektrolit baterai;
- memilih alat yang tepat dari gejala yang diceritakan.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Seorang teknisi energi terbarukan jarang bekerja dengan perasaan. Ia tidak berkata "kayaknya panel ini lemah" atau "airnya terasa kurang deras". Ia mengukur, mencatat angkanya, lalu membandingkan angka itu dengan nilai yang seharusnya. Pembangkit yang dipasang di desa, di pulau kecil, atau di atap sekolah tidak punya pengawas tetap, sehingga angka hasil ukurlah yang "berbicara" tentang kesehatan pembangkit. Karena itu memilih alat ukur yang benar adalah keterampilan dasar. Salah memilih alat membuat angka yang diperoleh tidak menjawab pertanyaan, bahkan bisa membahayakan.

1. Alat ukur, alat uji, dan beberapa istilah dasar

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Alat ukur adalah alat yang menunjukkan **nilai** suatu besaran, misalnya tegangan 25,8 V, iradiasi 812 W/m², atau kecepatan angin 5,4 m/s. **Alat uji** adalah alat yang dipakai untuk **memeriksa kondisi atau kelaikan** sesuatu, dan hasilnya dibandingkan dengan syarat. Penguji isolasi, misalnya, menghasilkan angka tahanan isolasi kabel, tetapi tujuan utamanya adalah memutuskan kabel itu **layak atau tidak**. Dalam praktik kedua istilah sering dipakai bergantian, dan buku ini juga menyebutnya berdampingan.

Setiap alat ukur menunjukkan sebuah **besaran** dalam sebuah **satuan**. Besaran adalah sesuatu yang dapat diukur: tegangan, arus, hambatan, suhu, tekanan. Satuan adalah ukuran bakunya: volt (V), ampere (A), ohm (Ω), derajat Celsius (°C), bar. Hubungan keduanya selalu tetap, jadi kalau soal menyebut satuan **W/m²**, kamu langsung tahu besaran yang dimaksud adalah **iradiasi**, bukan daya listrik.

Awalan satuan perlu kamu kenal karena alat sering menampilkan nilai kecil atau sangat besar:

Awalan	Arti	Contoh
m (mili)	seperseribu (0,001)	450 mA = 0,45 A
k (kilo)	seribu (1.000)	4,7 kΩ = 4.700 Ω
M (mega)	sejuta (1.000.000)	0,6 MΩ = 600.000 Ω

Ada tiga istilah lagi yang akan muncul di semua sub bab Bab 5:

- **Rentang (range)** adalah batas nilai terkecil sampai terbesar yang dapat dibaca alat pada satu pengaturan. Multimeter dengan rentang 20 V tidak dapat membaca 48 V dengan benar.
- **Ketelitian** menyatakan seberapa dekat hasil baca dengan nilai sebenarnya. Alat genggam murah biasanya kurang teliti daripada alat laboratorium, dan itu wajar selama dipakai untuk pemeriksaan lapangan.
- **Kalibrasi** adalah pembandingan alat dengan acuan yang lebih teliti, supaya penyimpangannya diketahui dan dikoreksi. Alat yang lama tidak dikalibrasi atau pernah jatuh keras patut diragukan.

Gambar 5.1 merangkum besaran, alat, dan satuan yang dibahas di sub bab ini. Pelajari bagan itu sebagai peta; tiap baris dijelaskan di bagian berikutnya.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Peta besaran, alat, dan satuan

Kelompok	Besaran yang ditanyakan	Alat	Satuan
LISTRIK	Tegangan	**multimeter (fungsi V DC / V AC)**	V
	Arus tanpa memutus kabel	**tang ampere (AC atau AC/DC)**	A
	Arus kecil, rangkaian dibuka	**multimeter (fungsi A, mA)**	A, mA
	Hambatan, kontinuitas	**multimeter (fungsi Ω)**	Ω, kΩ
	Tahanan isolasi kabel	**penguji isolasi (megger)**	MΩ
	Tahanan pembumian	**penguji tahanan pembumian**	Ω
	Energi yang terpakai	**kWh meter**	kWh
LINGKUNGAN dan mesin	Iradiasi (cahaya matahari)	**solar power meter**	W/m²
	Suhu permukaan	**termometer inframerah, kamera termal**	°C
	Kecepatan angin	**anemometer**	m/s
	Putaran poros	**tachometer**	rpm
	Tekanan air atau gas	**manometer, pengukur tekanan**	bar, kPa, cm air
	Debit air	**ember + stopwatch, pelampung**	L/s, m³/s
BAHAN: biogas, biomassa, baterai	Keasaman cairan	**pH meter**	pH
	Berat jenis elektrolit	**hidrometer baterai**	tanpa satuan
	Kadar air bahan	**pengukur kadar air**	%

Satu besaran, satu jenis alat. Alat yang mirip (lux meter, tang ampere khusus AC) belum tentu mengukur besaran yang ditanyakan.

Gambar 5.1 Peta besaran yang ditanyakan, alat yang mengukurnya, dan satuannya, dikelompokkan menjadi alat listrik, alat lingkungan dan mesin, serta alat untuk bahan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. Alat ukur listrik

Multimeter adalah alat serba bisa untuk pekerjaan listrik. Satu alat dapat mengukur **tegangan** (volt), **arus** (ampere atau miliampere), dan **hambatan** (ohm), serta memeriksa **kontinuitas**, yaitu apakah sebuah kabel atau sambungan benar-benar menyambung (alat berbunyi bila menyambung). Pada multimeter ada **sakelar putar** untuk memilih fungsi dan rentang, **layar angka**, dan tiga atau empat **jack** (lubang) tempat probe dipasang. Jack hitam bernama **COM** dan selalu dipakai; probe merah dipindah ke jack **V Ω** untuk mengukur tegangan dan hambatan, atau ke jack **A** (biasanya berlabel 10 A) untuk mengukur arus besar. Prosedur pemakaiannya dibahas rinci di sub bab 5.4.

Kamu juga harus membedakan **DC** dan **AC**. Arus searah (DC) dihasilkan oleh modul surya dan baterai; arus bolak-balik (AC) dihasilkan oleh generator PLTMH atau PLTB dan oleh inverter. Multimeter memiliki fungsi terpisah untuk keduanya (biasanya V dengan garis lurus untuk DC dan V dengan gelombang untuk AC). Tegangan modul surya selalu diukur dengan fungsi **V DC**.

Tang ampere (*clamp meter*) mengukur arus **tanpa memutus kabel**. Rahangnya dibuka, dijepitkan pada satu kabel, lalu ditutup. Arus yang mengalir menimbulkan medan magnet di sekeliling kabel, dan tang membaca medan itu. Ada dua jenis. Tang **khusus AC** memakai prinsip transformator dan hanya dapat membaca arus bolak-balik. Tang **AC dan DC** memakai sensor medan magnet (sensor Hall) sehingga dapat membaca arus searah juga. Karena PLTS bekerja dengan arus searah, tang untuk string modul dan kabel baterai harus berjenis AC/DC. Tang DC perlu **dinolkan** sebelum dipakai, dan kabel yang dijepit harus **satu kabel saja**. Alasannya dibahas di sub bab 5.4.

kWh meter menjumlahkan **energi** (daya dikali waktu) terus-menerus. Contohnya, pompa 0,75 kW yang menyala 5,2 jam memakai 3,9 kWh. Alat ini cocok untuk beban yang menyala dan mati sendiri karena dayanya berubah-ubah. **Wattmeter** menunjukkan **daya sesaat**; sekali baca tidak mewakili pemakaian seharian. Pada PLTS rumah tangga yang tersambung jaringan, ada meter yang mencatat energi masuk dan keluar, dan inverter biasanya menampilkan daya serta produksi energi pada layarnya. **Data logger** adalah pencatat data yang merekam hasil sensor secara otomatis dari menit ke menit, sehingga kamu mendapat data berhari-hari tanpa menunggui alatnya.

Frekuensi meter menunjukkan frekuensi listrik dalam hertz (Hz). Di Indonesia listrik PLN berfrekuensi 50 Hz, dan generator pembangkit mandiri diatur supaya mendekati nilai itu.

3. Alat uji keselamatan: penguji isolasi dan penguji pembumian

Dua alat ini bukan sekadar "alat ukur lain". Keduanya menjawab pertanyaan keselamatan: apakah arus listrik mengalir **hanya di tempat yang seharusnya**?

Penguji isolasi (sering disebut **megger**, dari nama sebuah merek yang menjadi sebutan umum) mengukur **tahanan isolasi**, yaitu seberapa baik lapisan pembungkus kabel menahan arus agar tidak bocor ke rangka atau ke tanah. Alat ini memberi **tegangan uji yang tinggi**, misalnya 500 V atau 1.000 V arus searah, lalu membaca arus bocor yang sangat kecil, dan hasilnya ditampilkan dalam megaohm (MΩ). Isolasi yang baik menghasilkan angka puluhan atau ratusan MΩ.

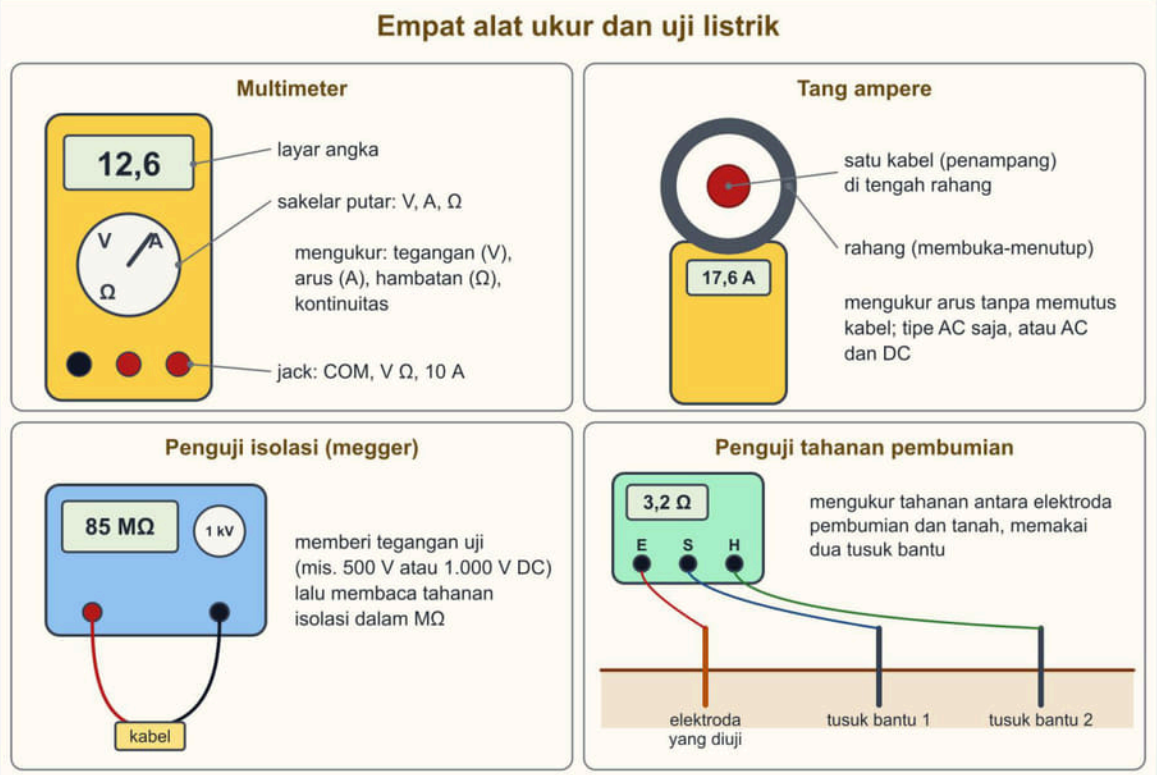
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Ringkasan standar IEC 62446-1 yang dimuat produsen alat uji menyebut, untuk susunan PLTS, tegangan uji 500 V DC bagi sistem 120 sampai 500 V dan 1.000 V DC bagi sistem 500 sampai 1.000 V, dengan hasil minimal **1 MΩ**.

Mengapa multimeter pada fungsi ohm tidak cukup? Karena multimeter hanya memakai **tegangan kecil** dari baterai kecilnya. Retakan isolasi yang baru "tembus" pada tegangan ratusan volt, atau kabel yang bocor hanya saat lembap, akan terlihat baik-baik saja di multimeter. Penguji isolasi memeriksa kabel pada kondisi yang lebih mendekati tegangan kerjanya. Penguji isolasi hanya boleh dipakai pada penghantar yang **sudah dilepas dari alat elektronik dan tidak bertegangan**, karena tegangan ujinya dapat merusak inverter atau pengendali pengisian.

Penguji tahanan pembumian (*earth tester*) mengukur tahanan antara **elektroda pembumian** dan tanah di sekitarnya. Pembumian adalah penghubung rangka logam dan penangkal petir ke tanah, supaya arus bocor atau sambaran petir mengalir ke tanah, bukan ke tubuh manusia. Tahanan pembumian yang kecil menandakan hubungan yang baik. Cara kerja alat ini memakai **dua tusuk bantu** yang ditancapkan ke tanah sejajar dengan elektroda yang diuji, biasanya dengan jarak sekitar 20 m (sesuai petunjuk alat). Alat mengalirkan arus kecil lewat salah satu tusuk bantu dan membaca tegangan pada tusuk bantu yang lain, lalu menghitung tahanannya. Elektroda yang diuji harus dilepas dahulu dari sistem agar hasilnya tidak tercampur. Multimeter dan tang ampere tidak dapat melakukan pengukuran ini dengan benar.

Gambar 5.2 memperlihatkan empat alat listrik yang baru saja kamu kenal.



Gambar 5.2 Multimeter, tang ampere, penguji isolasi, dan penguji tahanan pembumian beserta fungsinya. Tampilan alat adalah skema, bukan merek tertentu. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

4. Alat ukur lingkungan dan mesin

Pembangkit energi terbarukan bekerja dari alam, jadi teknisinya harus mengukur alam.

Solar power meter mengukur **iradiasi**, yaitu daya cahaya matahari yang jatuh pada tiap meter persegi, dalam satuan **W/m²**. Nilai acuan modul surya, yang disebut kondisi uji standar (STC), adalah iradiasi 1.000 W/m² dengan suhu sel 25 °C. Sensornya harus menghadap arah yang sama dengan bidang modul. Jangan keliru dengan **lux meter**, yang mengukur **kuat penerangan** (lux) menurut kepekaan mata manusia. Lux bukan satuan daya cahaya matahari, sehingga lux meter tidak cocok untuk memeriksa kinerja modul.

Termometer inframerah membaca suhu **permukaan** dari jarak jauh tanpa menyentuh benda, sehingga aman untuk memeriksa benda panas atau benda bertegangan. **Kamera termal** bekerja dengan prinsip serupa, tetapi menghasilkan **gambar** sebaran suhu sehingga bagian yang lebih panas daripada sekitarnya (titik panas) langsung terlihat. Keduanya hanya membaca permukaan: suhu cairan di dalam digester tidak bisa dibaca dari luar dinding beton.

Anemometer mengukur **kecepatan angin** dalam m/s. Jenis yang umum berupa tiga mangkuk yang berputar ditiup angin. Kecepatan putarnya diubah menjadi angka kecepatan angin. Alat berbeda, **wind vane** (penunjuk angin), menunjukkan **arah** angin, bukan kecepatannya.

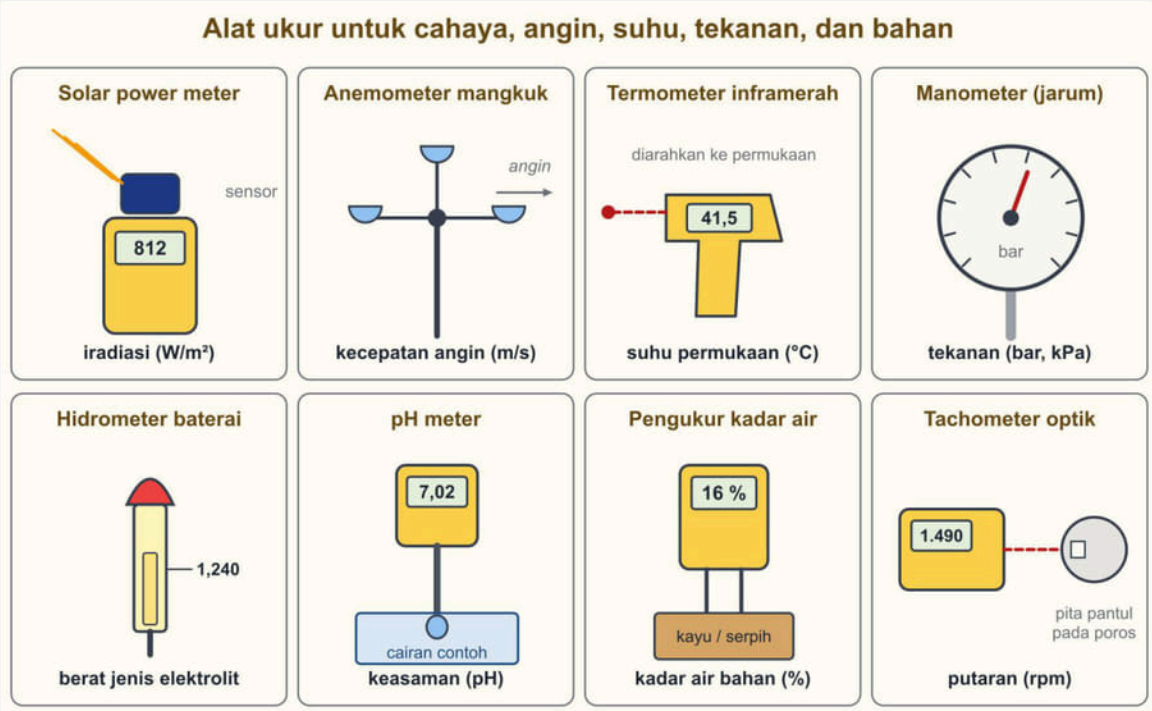
Tachometer mengukur **putaran** poros dalam rpm (putaran per menit). Tachometer optik menyorotkan cahaya ke pita pantul yang ditempel pada poros dan menghitung pantulannya, sehingga tidak perlu menyentuh poros yang berputar cepat.

Manometer (pengukur tekanan) menunjukkan tekanan air atau gas, dengan satuan bar, kilopascal (kPa), atau sentimeter kolom air. Manometer jarum dipasang pada pipa pesat PLTMH. Manometer pipa U berisi air dipakai untuk tekanan rendah pada biogas. **Debit air** diukur secara sederhana dengan ember dan stopwatch atau dengan pelampung, dibahas di sub bab 5.2.

Gambar 5.3 menunjukkan alat-alat itu dalam bentuk skema.

Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 5.3 Delapan alat ukur lapangan: solar power meter, anemometer mangkuk, termometer inframerah, manometer jarum, hidrometer baterai, pH meter, pengukur kadar air bahan, dan tachometer optik. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

5. Alat untuk bahan: biogas, biomassa, dan baterai

Tiga alat berikut mengukur sifat **bahan**, bukan sifat listrik atau cuaca.

pH meter mengukur **keasaman** cairan dengan skala pH. Angka 7 berarti netral, di bawah 7 asam, dan di atas 7 basa. Pada digester biogas, bakteri penghasil metana bekerja baik pada pH mendekati netral, jadi pH meter dipakai untuk memeriksa kesehatan isian. Elektrodanya dicelupkan ke contoh cairan, dan alat harus dikalibrasi dengan larutan penyangga (larutan bufer) yang nilai pH-nya diketahui.

Pengukur kadar air bahan menunjukkan persentase air di dalam bahan bakar biomassa, misalnya sekam, serpih kayu, atau kayu bakar. Air dalam bahan bakar harus diuapkan lebih dulu sebelum bahan itu dapat menyala, dan proses menguap itu memakan panas. Bahan yang terlalu basah menghasilkan panas dan gas yang lebih sedikit. Karena itu kadar air diperiksa sebelum bahan dimasukkan ke tungku atau gasifier.

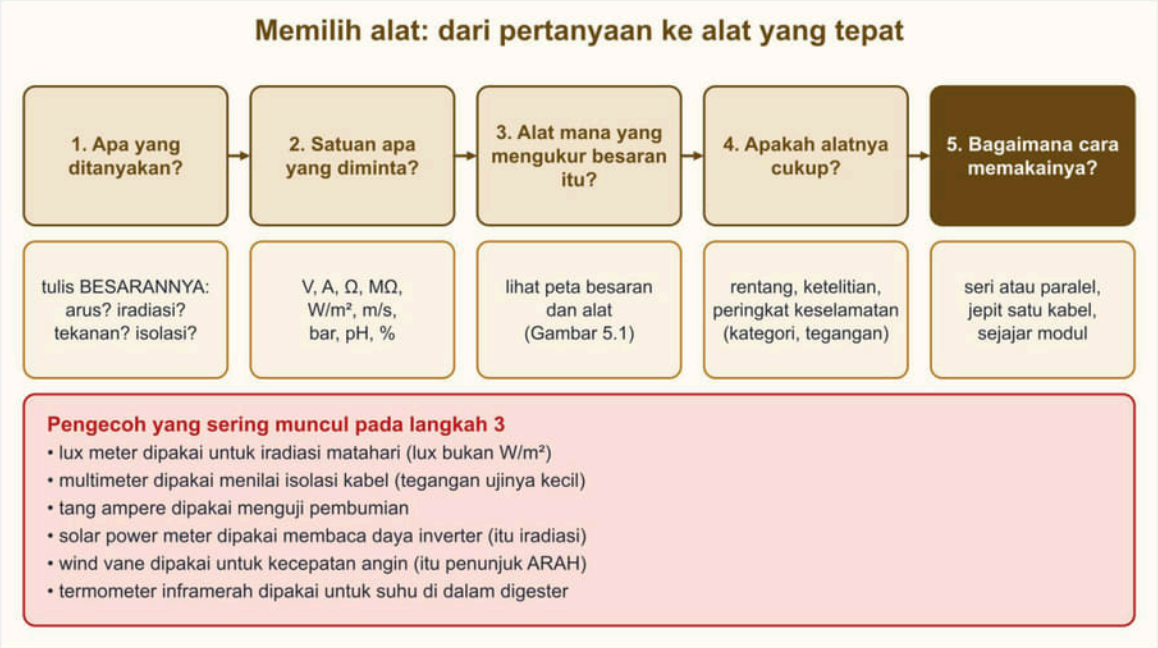
Hidrometer baterai mengukur **berat jenis elektrolit**, yaitu cairan asam di dalam baterai timbal-asam yang cairannya dapat dibuka dan diisi ulang. Sebuah pelampung berskala mengapung lebih tinggi bila cairan lebih pekat. Pada baterai yang terisi penuh, asam di dalamnya pekat dan berat jenisnya tinggi, sedangkan pada baterai yang kosong berat jenisnya turun. Pada baterai penuh, nilainya berada kira-kira antara 1,265 dan 1,280, tetapi nilai persis bergantung pada pabrikan dan suhu. Alat ini hanya cocok untuk baterai yang cairannya dapat dibuka. Baterai bersegel (AGM, gel) dan baterai litium tidak boleh diuji dengan cara ini.

Karena elektrolit adalah asam sulfat yang merusak mata dan kulit, pakai kacamata dan sarung tangan tahan asam. Baterai timbal-asam juga melepaskan gas hidrogen yang mudah meledak saat diisi, jadi jauhkan dari api dan percikan.

6. Memilih alat dari gejala

Sekarang kamu sudah mengenal semua alat. Soal di TKA tidak menyebut "pilih alat X"; soal menceritakan **gejala**, dan kamu yang harus menentukan alatnya. Gunakan urutan berpikir pada Gambar 5.4: tentukan besaran yang ditanyakan, tentukan satuannya, pilih alat yang mengukur besaran itu, pastikan alat cukup (rentang, ketelitian, peringkat keselamatan), lalu pikirkan cara pemasangannya.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 5.4 Lima langkah memilih alat, dengan daftar pengecoh yang sering muncul pada langkah ketiga. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Tabel berikut berisi gejala khas dan alat yang tepat.

Gejala yang diceritakan	Besaran yang ditanyakan	Alat yang tepat
inverter menolak menyala dan menampilkan pesan kesalahan isolasi	tahanan isolasi kabel	penguji isolasi
rangka modul menyengat saat disentuh	kondisi pembumian	penguji tahanan pembumian
arus string perlu dibaca tanpa membongkar sambungan	arus DC	tang ampere AC/DC
modul tampak lemah padahal cuaca cerah	iradiasi di bidang modul	solar power meter
kincir angin lambat dan listriknya tidak stabil	putaran, frekuensi	tachometer, frekuensi meter
nyala kompor biogas kecil dan lemah	tekanan gas	manometer pipa U
baterai cepat habis di sore hari	berat jenis elektrolit	hidrometer (sel basah)
tumpukan sekam masih lembap	kadar air	pengukur kadar air

Perhatikan bahwa alat yang salah pilih biasanya **mengukur besaran lain yang masih berkaitan**. Itulah yang disebut pengecoh.

Contoh 1 — Memilih alat untuk lima gejala

Pada Februari 2027, tim teknisi sebuah SMK diminta memeriksa instalasi di sebuah pos pemantau cuaca di sebuah pulau kecil di Selat Sunda: PLTS atap kecil, baterai, dan pompa air yang digerakkan mesin kecil. Mereka menemukan lima gejala. (a) Beberapa kabel luar tampak

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

retak terjemur dan tersiram hujan. (b) Rangka modul terasa menyengat tipis saat basah. (c) Daya PLTS terasa kurang pada pukul 11.00 walau langit cerah. (d) Poros mesin pompa tampak bergetar dan berputar tidak rata. (e) Lampu cadangan padam lebih cepat dari biasanya sore hari. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. Gejala (a): kabel retak. Yang dicurigai adalah isolasi, jadi besarannya tahanan isolasi. Alat: **penguji isolasi**, dengan kabel dilepas dari inverter. Multimeter pada fungsi ohm tidak dapat menguji isolasi pada tegangan kerja.
2. Gejala (b): rangka modul menyengat. Yang dicurigai adalah pembumian, jadi besarannya tahanan pembumian. Alat: **penguji tahanan pembumian**. Tang ampere dan multimeter tidak dapat mengukur tahanan elektroda terhadap tanah.
3. Gejala (c): daya kurang. Mula-mula tanyakan apakah cahaya yang diterima cukup. Besarannya iradiasi di bidang modul. Alat: **solar power meter**. Lux meter bukan alat yang benar.
4. Gejala (d): putaran tidak rata. Besarannya putaran poros. Alat: **tachometer**, sebaiknya jenis optik dari jarak aman karena poros berputar.
5. Gejala (e): baterai cepat habis. Bila baterainya timbal-asam sel basah, besarannya berat jenis elektrolit. Alat: **hidrometer baterai** (dan tegangan terminal dengan multimeter). Bila baterainya litium atau bersegel, hidrometer tidak dipakai.

Jawaban: penguji isolasi, penguji pembumian, solar power meter, tachometer, dan hidrometer. Kunci cara berpikirnya adalah **mulai dari besaran, bukan dari alat**.

Contoh 2 — Mencocokkan alat, besaran, dan satuan serta membaca hasil uji isolasi

Pada Mei 2027, siswa PKL di sebuah bengkel di Kabupaten Wonogiri mengisi tabel hasil pekerjaan. Tiga string PLTS diuji dengan penguji isolasi pada 500 V DC (tegangan sistem tiap string sekitar 380 V). Hasil: string A 45 MΩ, string B 2,3 MΩ, string C 0,4 MΩ. Selain itu ia menulis nilai lain: arus 450 mA, iradiasi 0,8 kW/m², dan tahanan pembumian 0,6 kΩ. Ia harus menentukan string mana yang layak, dan menyeragamkan satuan. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. Tentukan batas yang dipakai: minimal 1 MΩ.
2. String A: 45 MΩ lebih besar dari 1 MΩ, layak. String B: 2,3 MΩ lebih besar dari 1 MΩ, layak, tetapi lebih rendah daripada A dan patut dipantau.
3. String C: 0,4 MΩ lebih kecil dari 1 MΩ, **tidak layak**. Arus bocornya pada 500 V sekitar 500 V ÷ 0,4 MΩ = 1,25 mA, jauh lebih besar daripada string A (sekitar 11 µA). Kabel string C perlu dicari titik cacatnya.
4. Seragamkan satuan: 450 mA = 0,45 A. Iradiasi 0,8 kW/m² = 800 W/m². Tahanan pembumian 0,6 kΩ = 600 Ω.
5. Cocokkan alat: tahanan isolasi, penguji isolasi; arus, tang ampere atau multimeter; iradiasi, solar power meter; tahanan pembumian, penguji pembumian.

Jawaban: string A dan B layak, string C tidak layak; 0,45 A; 800 W/m²; 600 Ω. *Catatan: nilai batas*

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

minimal yang berlaku mengikuti prosedur dan standar yang dipakai; angka 1 MΩ di sini mengikuti ringkasan IEC 62446-1.

Ringkasan bagian ini. Alat ukur menunjukkan nilai, alat uji menilai kelaikan. Multimeter (V, A, Ω) dan tang ampere untuk listrik, penguji isolasi untuk kebocoran isolasi (MΩ), penguji pembumian untuk tahanan elektroda ke tanah (Ω), kWh meter untuk energi. Solar power meter untuk iradiasi (W/m^2), anemometer untuk kecepatan angin, tachometer untuk putaran, manometer untuk tekanan, termometer inframerah dan kamera termal untuk suhu permukaan. pH meter, pengukur kadar air, dan hidrometer baterai untuk sifat bahan. Mulai dari besaran yang ditanyakan, baru memilih alat.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

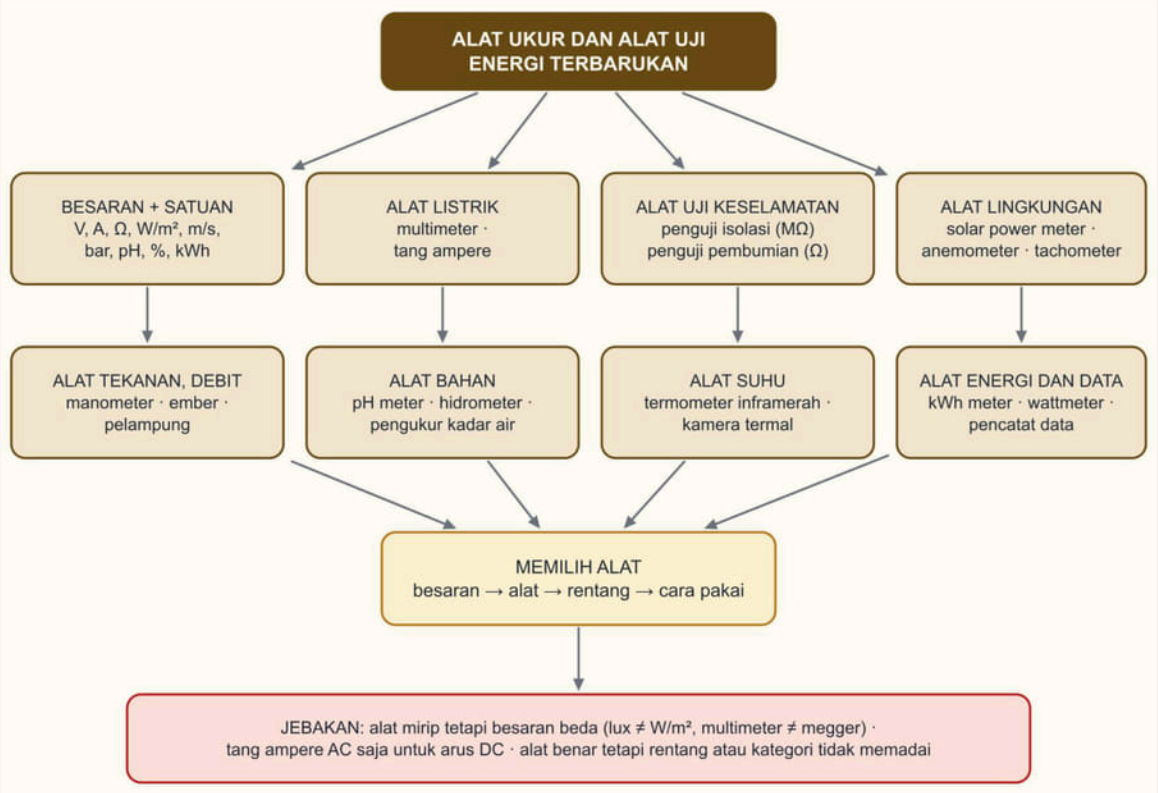
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- **Alat ukur** menunjukkan nilai; **alat uji** menilai kelaikan terhadap syarat.
- **Besaran dan satuan** menentukan alat: W/m^2 = iradiasi (solar power meter), MΩ = isolasi (megger), Ω pembumian (earth tester), m/s = angin (anemometer), rpm = putaran (tachometer), pH = keasaman.
- **Multimeter:** tegangan, arus, hambatan, kontinuitas. **Tang ampere:** arus tanpa memutus kabel; untuk arus DC harus tipe AC/DC.
- **Penguji isolasi** memakai tegangan uji tinggi (misalnya 500 atau 1.000 V DC); multimeter tidak dapat menggantikannya.
- **kWh meter** menjumlahkan energi; wattmeter hanya daya sesaat; data logger merekam otomatis.
- **Hidrometer** hanya untuk baterai timbal-asam yang cairannya dapat dibuka.
- **Mulai dari besaran**, bukan dari alat yang tersedia.

Gambar 5.5 merangkum hubungan antarkonsep itu.



Gambar 5.5 Peta konsep jenis dan fungsi alat ukur dan alat uji energi terbarukan, dari besaran dan satuan sampai cara memilih alat. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal pemilihan alat:

1. **Garis bawahi besaran yang ditanyakan** (arus, iradiasi, isolasi, pembumian, suhu cairan), bukan alat yang disebut dalam cerita.
2. **Tulis satuan yang mungkin muncul:** W/m^2, MΩ, Ω, m/s, bar.
3. **Coret alat yang besarannya lain**, lalu periksa cara pakai pada opsi yang tersisa.
4. **Pada soal "jawaban benar lebih dari satu"**, periksa tiap pasangan sendiri, jangan menilai kelompoknya.

Jebakan khas pada soal ini:

- **Tang ampere** dipakai untuk menilai kondisi isolasi atau pembumian.
- **Penguji isolasi** dipakai untuk menguji pembumian (atau sebaliknya).
- **Multimeter ohm** dianggap cukup untuk isolasi kabel.
- **Solar power meter** dipakai membaca daya inverter, atau **lux meter** dipakai untuk iradiasi.
- **Alat serupa tanpa melihat besaran:** wind vane untuk kecepatan, termometer inframerah untuk suhu di dalam digester.

● BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menyebut empat kegiatan survei PLTS atap dan meminta pasangan kegiatan dan alat yang tepat. Bedahlah dengan urutan pada Gambar 5.4: tentukan besaran tiap kegiatan, cari alat yang mengukur besaran itu, lalu periksa posisi pengaturan alatnya. Perhatikan satu pasangan yang alatnya benar tetapi posisi pengaturan alatnya salah.

►. Tim teknisi muda dari SMK (2027) menyiapkan alat untuk survei dan pemeriksaan PLTS atap sebuah puskesmas. Kegiatannya: mengukur intensitas radiasi matahari (W/m^2) di atap, mengukur arus string tanpa memutus kabel, menentukan arah hadap dan kemiringan atap, serta mengukur tegangan rangkaian terbuka modul.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pasangan kegiatan dan alat yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Tegangan rangkaian terbuka modul — multimeter pada posisi tegangan AC (V~).
☐ B. Intensitas radiasi matahari — solar power meter (W/m^2).
☐ C. Arus string tanpa memutus kabel — tang ampere yang dapat mengukur arus DC.
☐ D. Intensitas radiasi matahari — lux meter yang dihadapkan ke langit.
☐ E. Arah hadap dan kemiringan atap — kompas dan pengukur sudut (inklinometer).

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Pembahasan **Kunci: B, C, E**

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Alat ukur PLTS: solar power meter (iradiasi), multimeter (tegangan, arus kecil, hambatan), tang ampere DC (arus tanpa memutus kabel), kompas dan inklinometer (orientasi dan kemiringan), termometer inframerah (suhu permukaan), anemometer (kecepatan angin).

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: alatnya benar, tetapi tegangan modul adalah tegangan searah; posisi yang tepat V DC.

• **Pernyataan 2** ✓ Solar power meter mengukur iradiasi dalam W/m^2.

• **Pernyataan 3** ✓ Tang ampere DC mengukur arus dengan menjepit satu kabel.

• **Pernyataan 4** ✗ Jebakan: lux meter mengukur kuat penerangan (lux) yang disesuaikan dengan kepekaan mata, bukan radiasi matahari dalam W/m^2.

• **Pernyataan 5** ✓ Kompas untuk arah, inklinometer untuk sudut kemiringan.

Jawaban: pernyataan 2, 3, 5.

✎ LATIHAN

Kerjakan tanpa melihat kunci. Untuk setiap soal, tulis dulu besaran yang ditanyakan dan satuannya, lalu cocokkan dengan alat.

1. Kabel string PLTS atap gudang pakan (2027) ditemukan tergigit tikus di beberapa titik, walaupun tembaganya tidak terlihat. Inverter sesekali menampilkan peringatan kebocoran arus ke tanah saat pagi berembun. Teknisi ingin memastikan apakah isolasi kabel bocor ke rangka sebelum memutuskan mengganti kabel. String sudah dilepas dari inverter.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Alat uji yang paling tepat dipakai adalah ....

A. Multimeter pada posisi ohm
B. Tang ampere arus searah (DC)
C. Pengukur tahanan pembumian
D. Solar power meter digital
E. Penguji tahanan isolasi

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. Rangka modul dan penangkal petir PLTS atap gedung koperasi (2027) dibumikan dengan elektroda batang tembaga yang ditanam di halaman. Sebelum serah terima, pemilik gedung meminta bukti angka resistansi antara elektroda itu dan tanah di sekitarnya sesuai syarat. Di gudang tersedia multimeter, penguji tahanan isolasi, tang ampere, earth tester, dan solar power meter.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Alat yang paling tepat dipakai adalah ....

A. Multimeter pada posisi ohm
B. Penguji tahanan isolasi
C. Tang ampere arus bolak-balik
D. Earth tester
E. Solar power meter digital

Kunci singkat: 1. E 2. D

✔ PERIKSA DIRI

- Kabel string PLTS terlihat utuh, tetapi alarm kebocoran arus sering menyala saat pagi berembun. Mengapa multimeter pada fungsi ohm belum cukup untuk memastikan kondisi isolasinya, dan alat apa yang lebih tepat?
- Seorang teknisi memakai lux meter untuk "mengukur panas matahari" yang diterima modul. Besaran apa yang sebenarnya diukur alat itu, dan alat apa yang seharusnya dipakai?
- **Yang harus kuingat:** mulai dari besaran dan satuan yang ditanyakan, lalu pilih alat yang mengukur besaran itu; penguji isolasi untuk MΩ isolasi, penguji pembumian untuk Ω pembumian, tang ampere untuk arus tanpa memutus kabel, solar power meter untuk W/m^2.

Latihan interaktif di LMS
Sub bab 5.1: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.
next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktet&node=SMKTET-5.1

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 5.2 · Alat ukur pada pembangkit listrik tenaga hidro dan bayu

SMKTET-5.2

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu mengenali **alat ukur yang dipakai pada pembangkit hidro dan bayu** (angin) dan **cara mengukurnya**. Soalnya biasanya berupa kasus survei: sekelompok siswa atau teknisi ingin tahu apakah sebuah aliran air atau sebuah lapangan layak untuk dipasangi pembangkit, atau mereka memeriksa pembangkit yang dayanya turun. Kamu diminta memilih metode pengukuran yang sah, menghitung debit dari hasil ukur, atau menilai apakah letak alat ukurnya sudah benar.

Ada dua pertanyaan besar yang selalu muncul. Pertama, **berapa potensi sumbernya**: debit dan tinggi jatuh untuk air, kecepatan angin untuk bayu. Kedua, **bagaimana kinerja mesinnya**: putaran, frekuensi, tegangan, dan arus. Kedua pertanyaan itu dijawab dengan alat yang berbeda.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menghitung debit dengan metode ember (volumetrik) dan metode pelampung;
- mengukur tinggi jatuh dengan selang air dan dengan manometer, serta menjelaskan bedanya tinggi jatuh kotor dan tinggi efektif;
- memilih alat untuk putaran, frekuensi, tegangan, dan arus pada PLTMH, dengan prosedur yang benar;
- menentukan tinggi dan letak anemometer serta lama perekaman untuk calon lokasi turbin angin;
- mencatat data ukur dan membaca kecenderungannya.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Air di sungai kecil dan angin di tepi pantai tampak "gratis" dan selalu ada. Tetapi besar daya yang bisa dipanen dari keduanya ditentukan oleh angka yang harus diukur. Untuk air, dayanya bergantung pada **debit** (berapa banyak air mengalir) dan **tinggi jatuh** (berapa tinggi air itu dapat dijatuhkan). Untuk angin, dayanya bergantung pada **kecepatan angin**, dan pengaruhnya sangat besar: kecepatan yang naik dua kali lipat menaikkan daya delapan kali lipat. Karena itu teknisi tidak boleh menebak. Bagian ini menjelaskan cara mengukur setiap besaran itu dengan peralatan yang sederhana dan terjangkau.

1. Debit: pengertian dan satuan

Debit (dilambangkan Q) adalah **volume air yang mengalir melewati suatu penampang setiap satuan waktu**. Satuan yang umum adalah liter per detik (L/s) untuk aliran kecil dan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

meter kubik per detik (m^3/s) untuk aliran besar. Hubungannya: **$1\ m^3/s = 1.000\ L/s$**, sehingga 2,5 L/s sama dengan 0,0025 m^3/s.

Rumus dasarnya sederhana: **Q = V ÷ t**, yaitu volume dibagi waktu. Kalau 15 liter air mengisi sebuah ember dalam 6 detik, debitnya 15 ÷ 6 = 2,5 L/s. Perhatikan **tanda bagi**. Volume dikali waktu tidak punya arti fisik, dan satuan hasilnya (liter detik) tidak masuk akal sebagai debit.

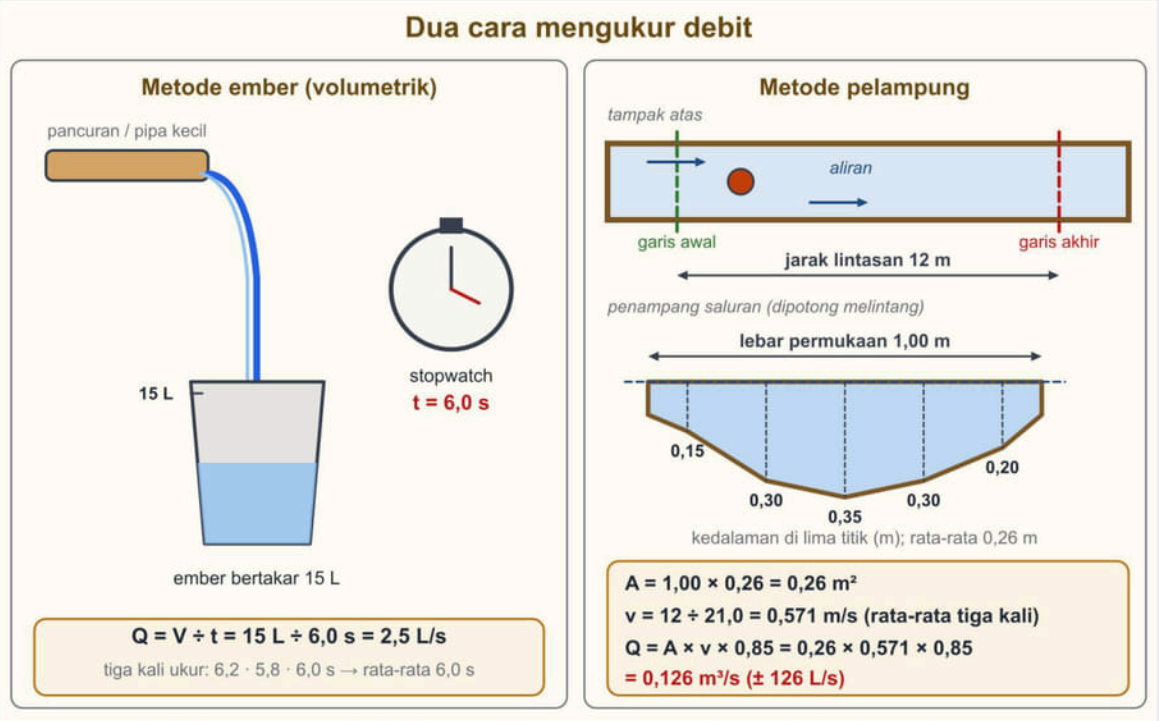
Ada dua metode sederhana yang dipakai di lapangan, tergantung besar aliran.

2. Metode ember (volumetrik)

Metode ini cocok untuk aliran **kecil yang seluruhnya dapat ditampung**, misalnya pancuran, pipa kecil, atau mata air yang keluar dari satu lubang. Peralatannya: wadah (ember) yang volumenya diketahui, dan stopwatch. Langkahnya:

1. Pastikan **seluruh aliran** masuk ke dalam ember. Bila sebagian air terbuang ke samping, debit yang terhitung terlalu kecil.
2. Siapkan ember yang volumenya jelas (misalnya bertakar sampai garis 15 liter).
3. Mulai stopwatch tepat saat ember mulai diisi dan hentikan tepat saat air mencapai garis takar.
4. Hitung Q = V ÷ t.
5. **Ulangi tiga kali** dan rata-ratakan waktunya, karena satu pengukuran bisa meleset akibat reaksi tangan.

Gambar 5.6 (panel kiri) memperlihatkan metode ember, dan panel kanan memperlihatkan metode pelampung yang dibahas berikutnya.



Gambar 5.6 Metode ember (kiri): Q = V ÷ t. Metode pelampung (kanan): Q = A × v × 0,85, dengan luas penampang A dari kedalaman di beberapa titik dan kecepatan v dari jarak lintasan dibagi waktu tempuh. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

3. Metode pelampung

Untuk aliran besar, seperti sungai atau saluran irigasi, air tidak mungkin ditampung seluruhnya. Debit dihitung dari **luas penampang basah A** dan **kecepatan aliran v**:

Q = A × v × k,

dengan k adalah faktor koreksi. Alasannya begini. Pelampung kecil yang dihanyutkan bergerak pada **permukaan**, dan air di permukaan mengalir lebih cepat daripada rata-rata seluruh kedalaman karena air di dekat dasar dan dinding diperlambat oleh gesekan. Karena itu kecepatan pelampung dikalikan faktor koreksi yang nilainya kurang dari 1. Banyak pedoman memakai kira-kira **0,85** (kisarannya sekitar 0,8 untuk dasar kasar sampai 0,9 untuk dasar halus). Perhatikan bahwa pelampung hanya memberi **kecepatan**, bukan debit. Untuk menjadi debit, kecepatan itu harus dikalikan dengan luas penampang.

Langkah-langkahnya:

1. Pilih ruas saluran yang **lurus**, penampangnya cukup seragam, dan alirannya tidak bergolak.
2. Tandai **garis awal** dan **garis akhir** dengan jarak tertentu, misalnya 12 m.
3. Hanyutkan pelampung kecil (bola ringan) di tengah aliran dari sebelum garis awal, lalu catat waktu tempuh antara kedua garis. **Ulangi tiga kali** dan rata-ratakan.
4. Hitung kecepatan permukaan: v = jarak ÷ waktu.
5. Ukur **luas penampang basah**: ukur lebar permukaan air, ukur kedalaman di beberapa titik, rata-ratakan kedalamannya, lalu kalikan dengan lebar. Untuk penampang kira-kira persegi panjang, A = lebar × kedalaman rata-rata.
6. Hitung Q = A × v × 0,85.

Ada alat lain yang lebih teliti, yaitu **current meter** (alat baling-baling kecil yang berputar sesuai kecepatan air) dan **bendung ukur** (sekat sementara dengan takik berbentuk segitiga atau persegi panjang). Pada bendung ukur segitiga siku-siku, debit dapat dibaca dari tabel menurut tinggi muka air di atas takik, atau dihitung dengan rumus pendekatan Q ≈ 1,38 × H^2,5 (Q dalam m^3/s, H dalam meter). Misalnya H = 0,12 m menghasilkan Q ≈ 0,0069 m^3/s atau sekitar 6,9 L/s. Rumus ini berlaku untuk bendung yang dibuat sesuai ketentuan alat, jadi ikuti petunjuk pembuatnya.

Debit berubah menurut musim. Debit pada musim hujan jauh lebih besar daripada musim kemarau. Karena itu debit sebaiknya diukur **beberapa kali sepanjang tahun**, dan pembangkit direncanakan menurut debit yang tersedia pada musim paling kering, bukan menurut satu hari pengukuran saat sungai penuh.

4. Tinggi jatuh: gambaran dan dua cara mengukur

Tinggi jatuh (h) adalah **beda tinggi tegak** antara permukaan air di bak penampung dan turbin. Bagian ini mudah disalahpahami: yang dihitung adalah beda tinggi **tegak lurus ke atas dan ke bawah**, bukan panjang pipa yang miring. Pipa sepanjang 100 m yang hanya turun 20 m menghasilkan tinggi jatuh 20 m.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

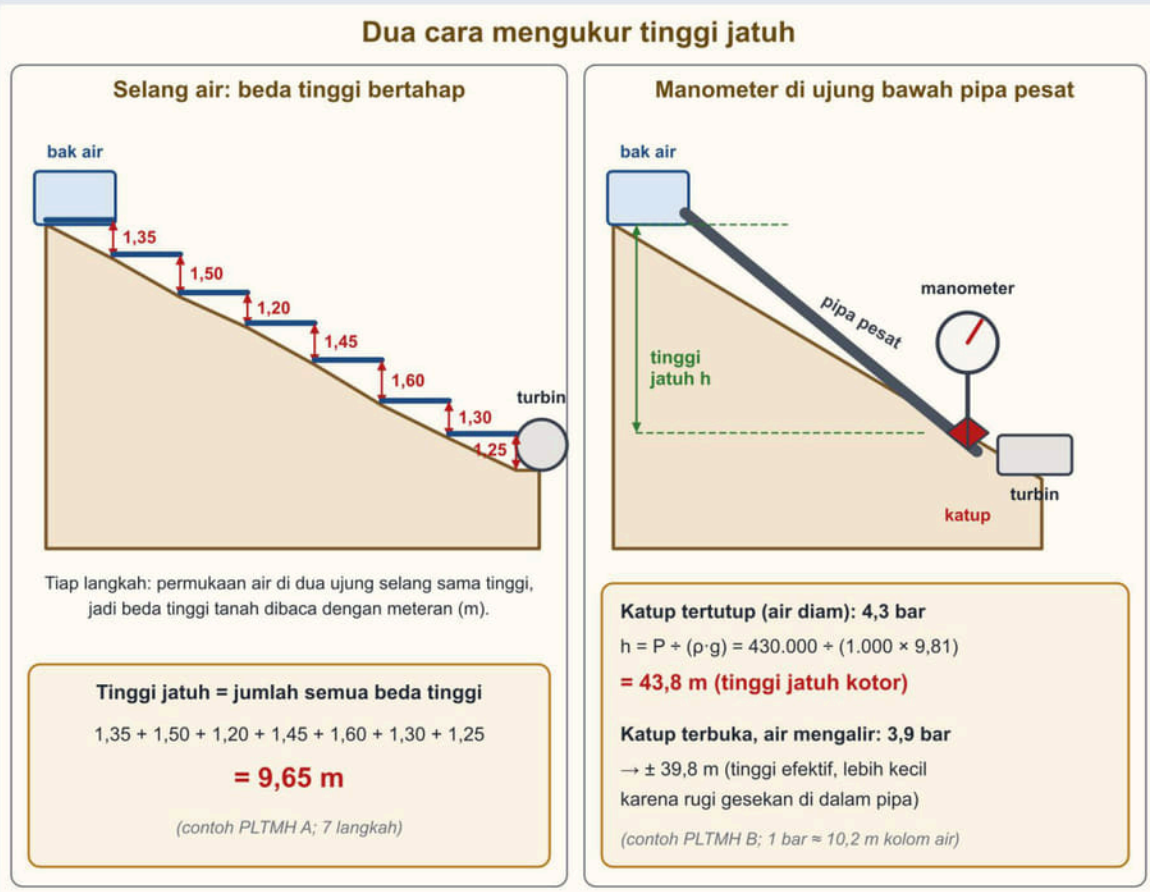
Cara pertama: selang air sebagai sipat datar. Selang plastik bening diisi air dan dipakai sebagai sipat datar. Permukaan air di kedua ujung selang yang terbuka **selalu sama tinggi**. Satu orang menahan satu ujung selang di titik atas, orang lain membawa ujung satunya ke titik di bawahnya dan mengatur supaya permukaan air tetap dalam selang, lalu mengukur dengan meteran berapa selisih tinggi tanah antara kedua titik. Pekerjaan diulang bertahap dari bak sampai lokasi turbin, dan semua selisih dijumlahkan. Contoh pada Gambar 5.7 (panel kiri): tujuh langkah dengan selisih 1,35; 1,50; 1,20; 1,45; 1,60; 1,30; dan 1,25 m menghasilkan tinggi jatuh 9,65 m.

Cara kedua: manometer pada pipa pesat. Bila pipa pesat sudah terpasang, kamu dapat memasang **manometer** di ujung bawahnya. Tekanan air diam di ujung bawah pipa ditentukan oleh tinggi kolom air di atasnya: **$P = \rho \times g \times h$**. Dari sini $h = P \div (\rho \times g)$. Dengan massa jenis air $\rho = 1.000$ kg/m^3 dan percepatan gravitasi $g = 9{,}81$ m/s^2, tekanan 1 bar (100.000 Pa) setara dengan kolom air $100.000 \div (1.000 \times 9{,}81) = 10{,}2$ m. Jadi pegangan cepat: **sekitar 1 bar untuk setiap 10 m tinggi jatuh**.

Pembacaan manometer bergantung pada keadaan air. Bila **katup ditutup** dan air diam, tekanan yang terbaca memberi **tinggi jatuh kotor** (tinggi jatuh bruto). Bila **katup dibuka** dan air mengalir, sebagian tekanan terpakai untuk melawan gesekan di dalam pipa, sehingga tekanan terbaca lebih kecil. Tinggi yang diperoleh disebut tinggi jatuh **efektif** atau neto, dan itulah yang benar-benar menggerakkan turbin. Dalam contoh pada Gambar 5.7 (panel kanan), katup tertutup menunjukkan 4,3 bar atau 43,8 m, sedangkan saat katup terbuka terbaca 3,9 bar atau sekitar 39,8 m. Selisih sekitar 4,1 m adalah tinggi yang hilang oleh gesekan.

Dua cara lain sering muncul sebagai pengecoh. **GPS ponsel** dapat menunjukkan ketinggian, tetapi kesalahannya biasanya beberapa meter, jadi tidak cocok untuk tinggi jatuh puluhan meter yang memerlukan ketelitian. **Panjang pipa miring** yang diukur dengan meteran gulung bukan beda tinggi, melainkan panjang lintasan.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 5.7 Tinggi jatuh dengan selang air (kiri, jumlah selisih tiap langkah, contoh PLTMH A) dan dengan manometer pada pipa pesat (kanan, contoh PLTMH B). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

5. Putaran, frekuensi, tegangan, dan arus pada PLTMH

Setelah pembangkit berdiri, kinerjanya dipantau dengan alat berikut.

Tachometer mengukur putaran poros turbin atau generator dalam rpm. Jenis kontak ditempelkan pada poros, sedangkan jenis optik membaca pita pantul dari jarak aman. Mendekatkan alat dan tangan ke bagian yang berputar cepat berbahaya, apalagi pada rotor turbin angin yang tinggi di atas menara, jadi pilih tachometer optik atau baca putaran dari data pengendali.

Frekuensi meter menunjukkan frekuensi listrik keluaran generator dalam hertz. Pada generator sinkron, frekuensi mengikuti putaran: $n = 120 \times f \div p$ dengan n putaran per menit, f frekuensi, dan p jumlah kutub. Generator 4 kutub yang berputar 1.500 rpm menghasilkan 50 Hz. Bila putaran turbin turun karena debit turun, frekuensi ikut turun. Perhatikan bahwa frekuensi adalah besaran tersendiri, bukan besaran tegangan.

Voltmeter dan **amperemeter** (atau multimeter dan tang ampere) mengukur tegangan dan arus keluaran generator. Pada generator tiga fasa, jepit tang ampere pada **satu kabel fasa dalam satu waktu**. Bila ketiga kabel fasa dijepit bersamaan, arus yang kira-kira seimbang saling meniadakan sehingga alat membaca mendekati nol, padahal arus mengalir. **kWh meter** pada panel mencatat energi yang dihasilkan.

Bila daya PLTMH turun, periksa berurutan: **debit** (apakah air berkurang atau saringan tersumbat), **tinggi jatuh/tekanan** (apakah pipa bocor atau katup belum terbuka penuh), **putaran** (apakah turbin tertahan), lalu **tegangan dan arus** keluaran.

6. Mengukur angin: anemometer

Anemometer mengukur kecepatan angin, dan bentuk yang paling umum adalah anemometer mangkuk. **Wind vane** (penunjuk arah angin) hanya menunjukkan arah. Kebiasaan yang sering dilupakan: daya yang dapat dihasilkan turbin angin sebanding dengan **pangkat tiga kecepatan angin**. Akibatnya galat kecil pada kecepatan menjadi galat besar pada daya. Kecepatan sebenarnya 5,0 m/s yang terbaca 5,5 m/s (lebih 10 %) membuat daya terhitung $5{,}5^3 \div 5{,}0^3 = 1{,}331$ kali, yaitu lebih besar 33 %. Galat 5 % pada kecepatan menghasilkan galat sekitar 16 % pada daya. Itulah sebabnya letak dan tinggi anemometer harus dipilih dengan teliti.

Tiga prinsip pemasangan (lihat Gambar 5.8):

1. **Tinggi.** Pasang anemometer pada ketinggian yang sama dengan rencana rotor turbin (tinggi poros). Angin makin kencang makin ke atas, sehingga alat yang terlalu rendah menghasilkan data yang terlalu kecil. (Stasiun cuaca baku memakai tinggi 10 m untuk membandingkan data antartempat, sedangkan survei turbin angin mengutamakan tinggi rotor.)
2. **Letak.** Jauhkan dari penghalang seperti pohon dan bangunan. Pedoman umum menyebut jarak kira-kira **10 kali tinggi penghalang**. Pohon setinggi 9 m berarti jarak sekitar 90 m. Di belakang dan di atas penghalang, aliran angin bergolak, sehingga angin di sana tidak mewakili angin yang akan diterima turbin. Atap gedung dan sela-sela pepohonan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

termasuk tempat yang buruk.

3. **Lama.** Angin berubah menurut jam, hari, dan musim. Pengukuran satu minggu pada saat angin kencang menghasilkan rata-rata yang terlalu tinggi. Rekam dengan **data logger** selama **beberapa bulan, idealnya satu tahun penuh**, agar pola harian dan musiman terlihat.



Gambar 5.8 Letak anemometer untuk calon turbin angin: setinggi rotor (15 m), berjarak sekurang-kurangnya 10 kali tinggi penghalang, dan tidak di atap gudang. Gambar berskala. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

7. Mencatat data dan membaca kecenderungan

Hasil ukur tidak berguna bila tidak dicatat dengan baik. Catat selalu: **tanggal dan jam**, **lokasi atau titik ukur**, **nilai beserta satuannya**, **alat dan rentang yang dipakai**, dan **kondisi saat mengukur** (cuaca, katup terbuka atau tertutup, beban menyala atau tidak). Satu angka saja jarang cukup. Susunlah data menjadi tabel dan lihat kecenderungannya. Debit yang turun dari bulan ke bulan menandakan kemarau atau saluran yang menyempit, tegangan yang naik-turun bersama putaran menandakan debit atau beban yang tidak stabil.

Contoh 1 — Debit pancuran dengan metode ember

Pada Agustus 2027, kelompok pemuda di sebuah dusun di Kabupaten Garut ingin tahu apakah pancuran pipa di kebun mereka cukup untuk pembangkit piko hidro. Seluruh aliran keluar dari satu pipa. Mereka memakai ember bertakar 15 liter dan stopwatch. Tiga kali pengukuran memberi waktu 6,2 detik; 5,8 detik; dan 6,0 detik. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. Metode ember cocok karena seluruh aliran dapat ditampung.
2. Waktu rata-rata: (6,2 + 5,8 + 6,0) ÷ 3 = 6,0 detik.
3. Debit: Q = V ÷ t = 15 ÷ 6,0 = 2,5 L/s.
4. Ubah satuan: 2,5 L/s = 0,0025 m^3/s.

Jawaban: **2,5 L/s**. Bandingkan kesalahan umum: volume dikali waktu 15 × 6,0 = 90 (tidak bermakna sebagai debit), atau waktu dibagi volume 6,0 ÷ 15 = 0,4 (terbalik).

Contoh 2 — Debit sungai kecil dengan metode pelampung

Pada Oktober 2027, siswa SMK mengukur sungai kecil di belakang sekolah. Lebar permukaan air 1,00 m dan kedalaman di lima titik berurutan 0,15; 0,30; 0,35; 0,30; dan 0,20 m. Jarak antara garis awal dan garis akhir 12 m, dan tiga kali hanyutan pelampung memakan waktu 21,6; 20,4; dan 21,0 detik. Mereka memakai faktor koreksi 0,85. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. Kedalaman rata-rata: (0,15 + 0,30 + 0,35 + 0,30 + 0,20) ÷ 5 = 0,26 m.
2. Luas penampang (dianggap persegi panjang): A = 1,00 × 0,26 = 0,26 m^2.
3. Waktu rata-rata: (21,6 + 20,4 + 21,0) ÷ 3 = 21,0 detik.
4. Kecepatan permukaan: v = 12 ÷ 21,0 = 0,571 m/s.
5. Debit: Q = A × v × 0,85 = 0,26 × 0,571 × 0,85 = 0,126 m^3/s, atau sekitar 126 L/s.

Jawaban: **sekitar 0,126 m^3/s**. Tanpa faktor koreksi hasilnya 0,149 m^3/s, terlalu besar sekitar 18 %.

Contoh 3 — Dua cara mengukur tinggi jatuh

Dua tim mengukur dua lokasi PLTMH berbeda pada 2027. Tim A memakai selang air dan mencatat tujuh selisih tinggi: 1,35; 1,50; 1,20; 1,45; 1,60; 1,30; dan 1,25 m. Tim B memasang manometer di ujung bawah pipa pesat yang sudah ada: 4,3 bar saat katup tertutup dan 3,9 bar saat katup terbuka dan air mengalir. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1. Tim A: jumlahkan semua selisih: 1,35 + 1,50 + 1,20 + 1,45 + 1,60 + 1,30 + 1,25 = 9,65 m.
2. Tim B, katup tertutup: h = P ÷ (ρ·g) = 430.000 ÷ (1.000 × 9,81) = 43,8 m, yaitu tinggi jatuh kotor.
3. Tim B, katup terbuka: h = 390.000 ÷ (1.000 × 9,81) = 39,8 m, yaitu tinggi efektif.
4. Selisih yang hilang karena gesekan: 43,83 − 39,76 = 4,08 m, dibulatkan menjadi 4,1 m.

Jawaban: tinggi jatuh PLTMH A **9,65 m**; PLTMH B **43,8 m kotor** dan **39,8 m efektif**. Untuk perhitungan daya, pakai tinggi efektif.

Contoh 4 — Memilih titik pasang anemometer

Pada Maret 2027, sebuah kelompok nelayan akan memasang turbin angin dengan poros setinggi 15 m di lapangan tepi dermaga. Di sekitar lapangan ada pohon setinggi 9 m dan gudang setinggi 6 m. Tersedia tiga calon titik pasang anemometer: titik P berjarak 93 m dari pohon dan 60 m dari gudang; titik Q berjarak 40 m dari pohon; titik R di atap gudang. Tersedia data logger dan tiang teleskopik 15 m. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. Tinggi: tiang dinaikkan sampai 15 m, sama dengan tinggi poros.
2. Jarak minimum: dari pohon 10 × 9 = 90 m, dari gudang 10 × 6 = 60 m.
3. Titik P: 93 m ≥ 90 m dan 60 m ≥ 60 m, memenuhi.
4. Titik Q: 40 m < 90 m dari pohon, tidak memenuhi. Titik R: di atap gudang, aliran bergolak, tidak memenuhi.
5. Lama: direkam terus oleh data logger selama beberapa bulan, idealnya setahun.

Jawaban: **titik P**, setinggi 15 m, direkam berbulan-bulan sampai setahun. Titik R mungkin terlihat praktis karena dekat sumber listrik, tetapi datanya tidak mewakili lapangan.

Ringkasan bagian ini. Debit Q = V ÷ t (ember, aliran kecil yang tertampung) atau Q = A × v × 0,85 (pelampung, aliran besar); 1 m^3/s = 1.000 L/s; ukur beberapa kali sepanjang tahun. Tinggi jatuh adalah beda tinggi tegak: jumlah selisih bertahap dengan selang air, atau h = P ÷ (ρ·g) dengan manometer (±1 bar per 10 m); katup tertutup memberi tinggi kotor, katup terbuka memberi tinggi efektif. Putaran dengan tachometer (optik dari jarak aman), frekuensi dengan frekuensi meter, arus tiga fasa dijepit satu fasa. Anemometer setinggi rotor, jauh dari penghalang (±10 kali tingginya), direkam berbulan-bulan sampai setahun.

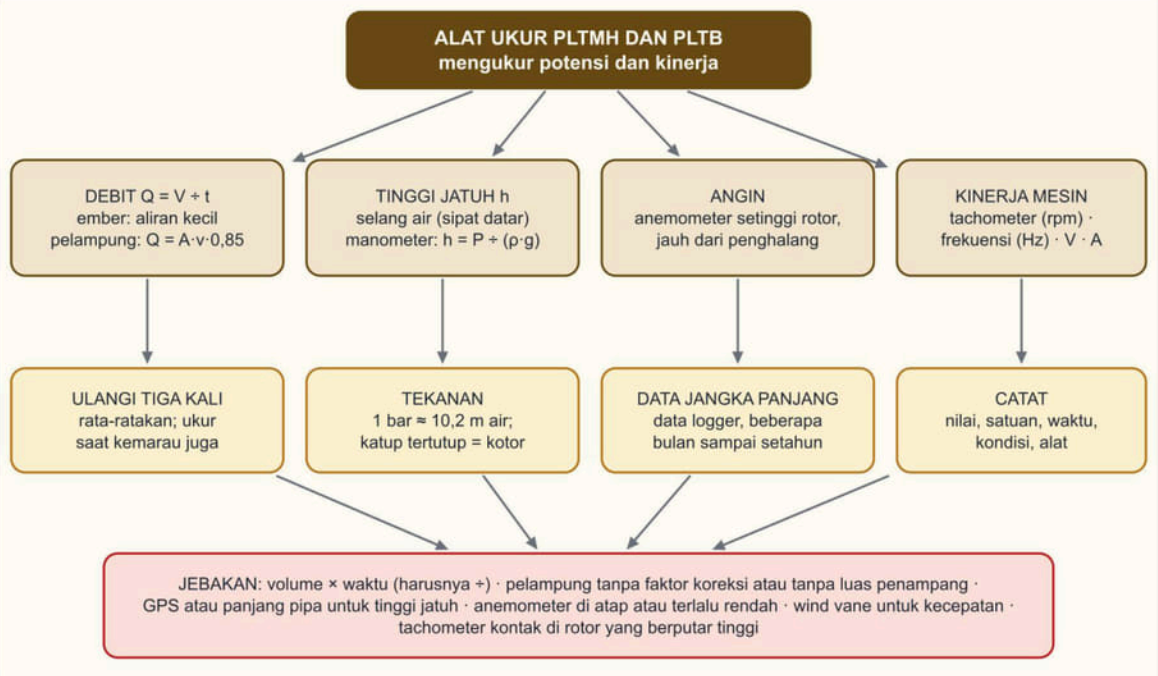
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- **Debit:** Q = V ÷ t (ember) atau Q = A × v × 0,85 (pelampung); 1 m^3/s = 1.000 L/s.
- **Pelampung** memberi kecepatan permukaan; dikalikan faktor koreksi dan luas penampang barulah menjadi debit.
- **Tinggi jatuh** = beda tinggi tegak: selang air bertahap atau manometer; ±1 bar per 10 m.
- **Katup tertutup:** tinggi kotor; **katup terbuka:** tinggi efektif (lebih kecil karena gesekan).
- **GPS ponsel dan panjang pipa miring bukan cara yang sah** untuk tinggi jatuh.
- **Putaran** dengan tachometer, **frekuensi** dengan frekuensi meter; tang ampere pada satu kabel fasa.
- **Anemometer:** setinggi rotor, jauh dari penghalang (±10 kali tingginya), direkam berbulan-bulan sampai setahun; wind vane hanya untuk arah.
- Daya angin sebanding dengan **pangkat tiga** kecepatan, jadi galat kecil pada kecepatan menjadi galat besar pada daya.

Gambar 5.9 merangkum hubungan antarkonsep itu.



Gambar 5.9 Peta konsep alat ukur pada pembangkit hidro dan bayu: debit, tinggi jatuh, angin, kinerja mesin, dan jebakan khasnya. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal alat ukur hidro dan bayu:

1. **Tentukan besaran yang dicari** (debit, tinggi jatuh, kecepatan angin, putaran, frekuensi, arus).
2. **Pilih metode yang sesuai kondisi:** ember untuk aliran kecil yang tertampung, pelampung untuk saluran atau sungai.
3. **Pada hitungan debit**, tulis rumusnya dulu dan periksa satuan; ubah liter ke m^3 bila perlu.
4. **Pada soal letak anemometer**, periksa tiga hal sekaligus: tinggi, penghalang, dan lama rekam. Jawaban benar memenuhi ketiganya.

Jebakan khas pada soal ini:

- **Volume dikali waktu** (seharusnya dibagi), atau waktu dibagi volume.
- **Pelampung tanpa faktor koreksi** atau tanpa luas penampang; kecepatan pelampung dianggap sama dengan debit.
- **GPS ponsel atau panjang pipa miring** dianggap memberi tinggi jatuh yang teliti.
- **Tachometer kontak** didekatkan ke rotor yang berputar cepat di puncak menara.
- **Anemometer di atap atau di sela pohon**, terlalu rendah, atau direkam hanya seminggu saat angin kencang.
- **Wind vane** dipakai untuk mengukur kecepatan angin; **tang ampere** menjepit ketiga fasa sekaligus.

● BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut meminta metode dan hasil pengukuran debit untuk aliran kecil yang dapat ditampung seluruhnya, dengan beberapa alat tersedia. Bedahlah dengan langkah pada bagian 1 sampai 3: pilih metode yang sesuai, tulis rumus, lalu periksa satuan hasilnya. Perhatikan opsi yang memakai metode benar tetapi hasil hitungnya terbalik.

►. Kelompok tani kopi (2027) ingin membuat pembangkit piko hidro dari mata air yang keluar melalui pancuran bambu kecil di kebun. Seluruh aliran dapat ditampung ember. Siswa SMK membawa ember 20 liter, stopwatch, current meter, dan bola pelampung. Uji coba: ember 20 liter penuh dalam 4 detik.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Metode dan hasil pengukuran debit yang tepat adalah ....

A. Metode pelampung di saluran, debit sekitar 80 L/s
B. Current meter di dalam ember, debit sekitar 5 L/s
C. Metode volumetrik dengan ember, debit sekitar 0,2 L/s
D. Metode volumetrik dengan ember, debit sekitar 80 L/s
E. Metode volumetrik dengan ember, debit sekitar 5 L/s

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Pembahasan **Kunci: E**

Konsep: Metode volumetrik (wadah dan stopwatch) dipakai untuk aliran kecil yang dapat ditampung seluruhnya: Q = volume ÷ waktu. Current meter dan pelampung dipakai untuk aliran di saluran/sungai.

Langkah:

1. Aliran kecil dan dapat ditampung → metode volumetrik.
2. Q = 20 L ÷ 4 s = 5 L/s.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Aliran keluar dari pancuran, tidak ada saluran terbuka; angka 80 juga hasil perkalian yang keliru.
- **B.** ✗ Current meter dipakai di aliran saluran/sungai, bukan di dalam ember.
- **C.** ✗ Jebakan: waktu dibagi volume (4 ÷ 20), terbalik.
- **D.** ✗ Jebakan: volume dikali waktu (20 × 4).
- **E.** ✓ Volumetrik: 20 L ÷ 4 s = 5 L/s.

Jawaban: E.

✎ LATIHAN

Kerjakan tanpa melihat kunci. Tulis dulu besaran yang dicari, metode yang sesuai, dan rumusnya, lalu bandingkan dengan opsi.

1. Kelompok nelayan (2027) ingin memasang turbin angin kecil dengan tinggi menara 12 m di tanah lapang dekat dermaga. Siswa SMK diminta mengukur kecepatan angin calon lokasi. Di sekitar lokasi terdapat deretan pohon kelapa setinggi 8 m dan sebuah gudang. Tersedia anemometer dengan pencatat data (data logger) dan tiang teleskopik yang dapat dinaikkan sampai 12 m.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Rencana pemasangan anemometer yang paling tepat adalah ....

A. Setinggi 12 m jauh dari pohon dan gudang, direkam terus selama beberapa bulan
B. Setinggi 12 m jauh dari pohon dan gudang, direkam seminggu saat angin kencang
C. Setinggi 12 m di atas atap gudang, direkam terus selama beberapa bulan
D. Setinggi 8 m jauh dari pohon dan gudang, direkam terus selama beberapa bulan
E. Setinggi 12 m di sela pohon kelapa, direkam terus selama beberapa bulan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. Teknisi muda Fikri ditugasi memeriksa kinerja PLTMH kelompok tani (2027) karena daya keluarannya turun. Ia akan memeriksa putaran poros turbin, tekanan air di ujung bawah pipa pesat, debit air di saluran pembawa, frekuensi listrik, dan arus keluaran generator tiga fasa.

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)

Pasangan besaran dan alat ukur yang tepat adalah ....

(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Putaran poros turbin — tachometer.

☐ B. Tekanan air di ujung bawah pipa pesat — manometer (pengukur tekanan).

☐ C. Debit di saluran pembawa — pelampung dan stopwatch saja, karena kecepatan pelampung sama dengan debit.

☐ D. Frekuensi listrik keluaran generator — frekuensi meter pada panel.

☐ E. Arus keluaran generator — tang ampere yang menjepit ketiga kabel fasa sekaligus.

Kunci singkat: 1. A 2. A, B, D

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa kecepatan pelampung tidak boleh langsung dianggap sebagai debit, dan dua hal apa yang harus ditambahkan pada hitungannya?
- Katup pipa pesat ditutup dan manometer menunjukkan 4,0 bar. Setelah katup dibuka, manometer menunjukkan angka lebih kecil. Mengapa, dan angka mana yang dipakai untuk menghitung daya turbin?
- **Yang harus kuingat:** debit $Q = V \div t$ atau $Q = A \times v \times 0{,}85$; tinggi jatuh adalah beda tinggi tegak (selang air bertahap atau $h = P \div \rho g$); anemometer setinggi rotor, jauh dari penghalang, direkam lama.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 5.2: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktet&node=SMKTET-5.2

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 5.3 · Alat ukur pada pembangkit listrik tenaga surya dan biomassa

SMKTET-5.3

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu mengenali **alat ukur untuk PLTS dan pembangkit biomassa** dan, yang lebih penting, **menafsirkan hasil ukurnya**. Soalnya berupa kasus pemeriksaan: sebuah modul baru tampak lemah, sebuah digester biogas produksinya turun, tumpukan bahan bakar belum juga menyala baik, atau baterai cepat habis. Hasil ukur disajikan dalam kalimat atau tabel kecil, lalu kamu diminta menyimpulkan: apakah itu normal, apa sebabnya, dan tindakan apa yang tepat.

Inilah sub bab yang paling banyak memuat soal sulit di Bab 5. Kesulitannya bukan pada alatnya, melainkan pada **cara membandingkan angka**. Sebuah angka tidak berarti apa-apa bila tidak dibandingkan dengan **nilai yang seharusnya pada kondisi saat itu**. Modul yang menghasilkan arus 5,9 A tampak rusak bila dibandingkan dengan label 10 A, tetapi normal bila kamu tahu bahwa saat itu cahaya hanya 60 % dari cahaya standar.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- meletakkan sensor iradiasi dengan benar dan membaca hasilnya;
- membedakan tegangan rangkaian terbuka (Voc) dan arus hubung singkat (Isc), serta menghitung nilai Isc yang diharapkan pada iradiasi tertentu;
- menjelaskan syarat pemakaian kamera termal dan menanggapi temuan titik panas;
- membaca manometer pipa U pada biogas untuk membedakan produksi, pemakaian, dan kebocoran;
- menjelaskan fungsi pH meter, termometer cairan, pengukur kadar air, dan hidrometer, termasuk syarat pengambilan contoh;
- menarik kesimpulan dari kumpulan hasil ukur.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Bayangkan seorang dokter yang hanya menimbang berat badan pasien lalu langsung menyimpulkan "sakit". Ia pasti bertanya dulu: berapa tinggi pasien itu? Angka berat badan baru bermakna setelah dibandingkan dengan acuan yang tepat. Teknisi PLTS dan biogas bekerja dengan cara yang sama. Ia mengukur beberapa besaran sekaligus, mencocokkannya dengan nilai harapan pada kondisi hari itu, dan dari ketidakcocokan antar-angka itulah ia menemukan penyebab. Bagian ini menjelaskan alat yang dipakai dan cara membaca angkanya.

1. Iradiasi dan solar power meter

Iradiasi adalah daya cahaya matahari yang jatuh pada satu meter persegi permukaan, diukur

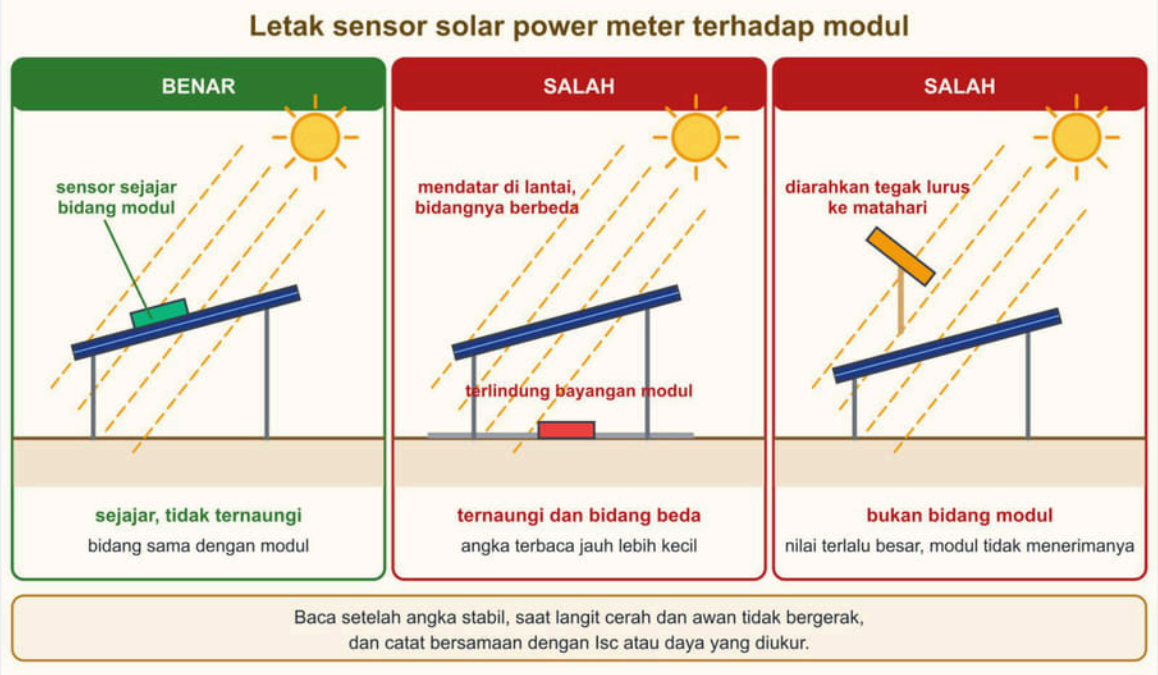
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

dalam **W/m²**. Modul surya dinilai dalam **kondisi uji standar (STC)**: iradiasi 1.000 W/m², suhu sel 25 °C, dan spektrum cahaya acuan yang disebut AM 1,5. Semua nilai pada label modul (daya, Voc, Isc) berlaku pada kondisi itu. Di lapangan, kondisi persis seperti itu hampir tidak pernah terjadi. Iradiasi berubah menurut jam dan awan, sehingga hasil ukur harus selalu dibandingkan dengan **iradiasi saat itu**.

Solar power meter mengukur iradiasi. Alat genggam ini mempunyai sensor di atas badannya. Nilai yang penting adalah **iradiasi pada bidang modul**, yaitu cahaya yang benar-benar diterima modul pada kemiringan dan arah hadapnya. Karena itu aturannya begini:

- Letakkan sensor **sejajar bidang modul** (kemiringan dan arah sama), misalnya menempel di bingkai modul.
- Pastikan sensor **tidak ternaungi**, baik oleh bayangan modul lain, kabel, maupun tubuhmu.
- **Tunggu angka stabil** sebelum membaca, dan lakukan saat langit cerah serta awan tidak bergerak.
- **Catat iradiasi bersamaan** dengan pengukuran Voc, Isc, atau daya yang hendak dibandingkan.

Gambar 5.10 membandingkan satu cara yang benar dengan dua kesalahan yang sering terjadi: sensor mendatar di lantai di bawah modul (bidangnya berbeda dan ternaungi) dan sensor dihadapkan tegak lurus ke matahari (nilainya terlalu besar karena bukan bidang modul).



Gambar 5.10 Letak sensor solar power meter: sejajar bidang modul dan tidak ternaungi (kiri); keliru bila mendatar di bawah modul (tengah) atau dihadapkan ke matahari (kanan). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Jangan keliru dengan **lux meter**. Alat itu mengukur kuat penerangan dalam lux, satuan yang mengikuti kepekaan mata manusia. Lux bukan ukuran daya cahaya matahari, sehingga tidak dapat dipakai menilai modul. Alat yang lebih teliti daripada solar power meter genggam adalah piranometer dan sel acuan, yang dipasang tetap sejajar modul dan dibaca otomatis oleh pencatat

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

data pada pemantauan jangka panjang.

2. Suhu modul

Termometer inframerah membaca suhu permukaan modul dari jarak tertentu tanpa menyentuhnya. Mengapa suhu penting? Suhu sel yang naik membuat **tegangan** modul turun dan **daya** modul turun. Lembar data modul silikon kristalin umumnya menyebut koefisien suhu daya kira-kira minus 0,4 sampai minus 0,5 persen untuk setiap kenaikan 1 °C, dan koefisien tegangan sekitar minus 0,3 persen per °C (nilai persis ada di lembar data tiap modul). Sebaliknya **arus** (Isc) naik sedikit sekali bila suhu naik. Jadi pada siang yang terik, modul yang panas menghasilkan daya lebih kecil daripada hitungan berdasarkan iradiasi saja, dan itu wajar. Karena itu suhu permukaan belakang modul perlu dicatat bersama iradiasi.

3. Voc dan Isc

Dua nilai pada label modul sering diperiksa di lapangan.

Voc (tegangan rangkaian terbuka) adalah tegangan modul saat **tidak ada beban**, yaitu kabelnya tidak tersambung ke apa pun. **Isc (arus hubung singkat)** adalah arus modul saat kedua kutubnya **dihubungkan langsung** tanpa hambatan. Keduanya adalah ujung-ujung dari kurva kerja modul; pada saat bekerja normal, tegangan dan arus modul berada di antara keduanya.

Pada rangkaian modul, sifatnya sebagai berikut:

- Modul **seri**: Voc dijumlahkan, arus sama. Satu string 12 modul dengan Voc 41,2 V per modul memiliki Voc 12 × 41,2 = 494,4 V pada STC.
- String **paralel**: arus dijumlahkan, tegangan sama.

Voc diukur dengan multimeter pada fungsi **V DC**, dengan string dilepas dari inverter (jika tersambung, yang terbaca tegangan kerja, bukan Voc). **Isc** lebih berbahaya untuk diukur. Menghubungsingkatkan string dengan potongan kabel adalah salah dan berbahaya. Isc diukur dengan **penguji PV khusus** yang dapat menghubungsingkatkan string secara terkendali, atau dengan saklar hubung singkat yang peringkatnya sesuai. Alat dan titik ukur harus sanggup menahan tegangan dan arus string.

Hubungan terpenting di sub bab ini: **Isc sebanding dengan iradiasi**, sedangkan **Voc hampir tidak berubah** bila iradiasi turun. Alasan fisiknya: arus modul dihasilkan oleh cahaya. Cahaya setengahnya menghasilkan elektron setengahnya, jadi arusnya setengah. Tegangan modul ditentukan oleh sifat bahan sel dan hanya berubah sedikit (secara logaritmik) bila cahaya berubah. Karena itu **nilai Isc yang diharapkan** pada iradiasi G (W/m^2) adalah:

Isc diharapkan = Isc label × G ÷ 1.000.

Gambar 5.11 menggambarkan hubungan itu. Garis merah (Isc) turun lurus bersama iradiasi, sedangkan kurva biru (Voc) hampir mendatar. Bentuk kurva Voc pada gambar adalah ilustrasi dari model sel sederhana, bukan data satu modul tertentu.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 5.11 Isc turun sebanding dengan iradiasi, Voc turun sedikit (kurva konsep), dengan tabel Isc yang diharapkan untuk modul berlabel 9,2 A. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

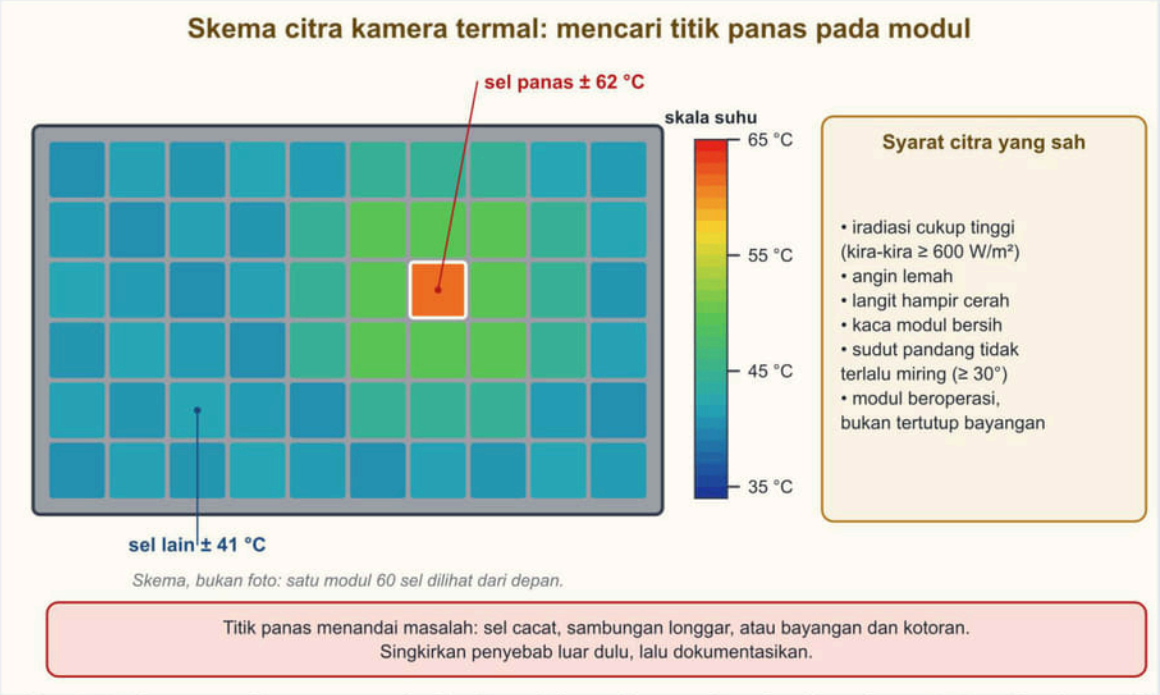
Membandingkan hasil ukur dengan nilai harapan: bila Isc terukur dekat nilai harapan (selisih beberapa persen), modul dianggap normal. Selisih besar, misalnya belasan persen, patut diselidiki: modul ternaungi sebagian, kotor, ada sel cacat, atau sambungan buruk. Batas persis yang dipakai mengikuti prosedur serah terima atau lembar data. Untuk string yang sejenis dan menerima cahaya yang sama, hasil ukurnya harus **mirip satu sama lain**. String yang menyimpang jauh dari saudara-saudaranya adalah petunjuk untuk diperiksa.

4. Kamera termal dan titik panas

Kamera termal membuat gambar sebaran suhu permukaan. Pada modul yang beroperasi, sel yang sehat berada pada suhu hampir sama, sedangkan sel bermasalah menjadi **titik panas** (*hot spot*). Sel itu mampu menghasilkan arus lebih kecil daripada sel lain dalam string yang sama, tetapi arus yang sama tetap harus melewatinya, sehingga ia menjadi beban dan menyerap daya yang berubah menjadi panas. Penyebabnya antara lain sel retak atau cacat, bayangan atau kotoran yang menutup sebagian sel, dan sambungan yang longgar (sambungan longgar juga menghasilkan panas karena hambatannya tinggi).

Citra kamera termal hanya sah bila syaratnya dipenuhi. Panduan inspeksi termografi PLTS (IEC TS 62446-3) umumnya mensyaratkan iradiasi pada bidang modul yang cukup tinggi, kira-kira sekurang-kurangnya 600 W/m², angin yang lemah, langit hampir cerah, kaca modul yang bersih, dan sudut pandang yang tidak terlalu miring. Tanpa iradiasi cukup, perbedaan suhu tidak muncul. Angin yang kencang mendinginkan modul dan menyamarkan titik panas. Kaca yang basah atau terlalu miring dilihat dari kamera memantulkan benda lain dan menimbulkan "titik panas" palsu.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 5.12 Skema citra kamera termal sebuah modul 60 sel: satu sel pada suhu sekitar 62 °C, sedangkan sel lain sekitar 41 °C. Panel kanan memuat syarat citra yang sah. Gambar adalah skema, bukan foto. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

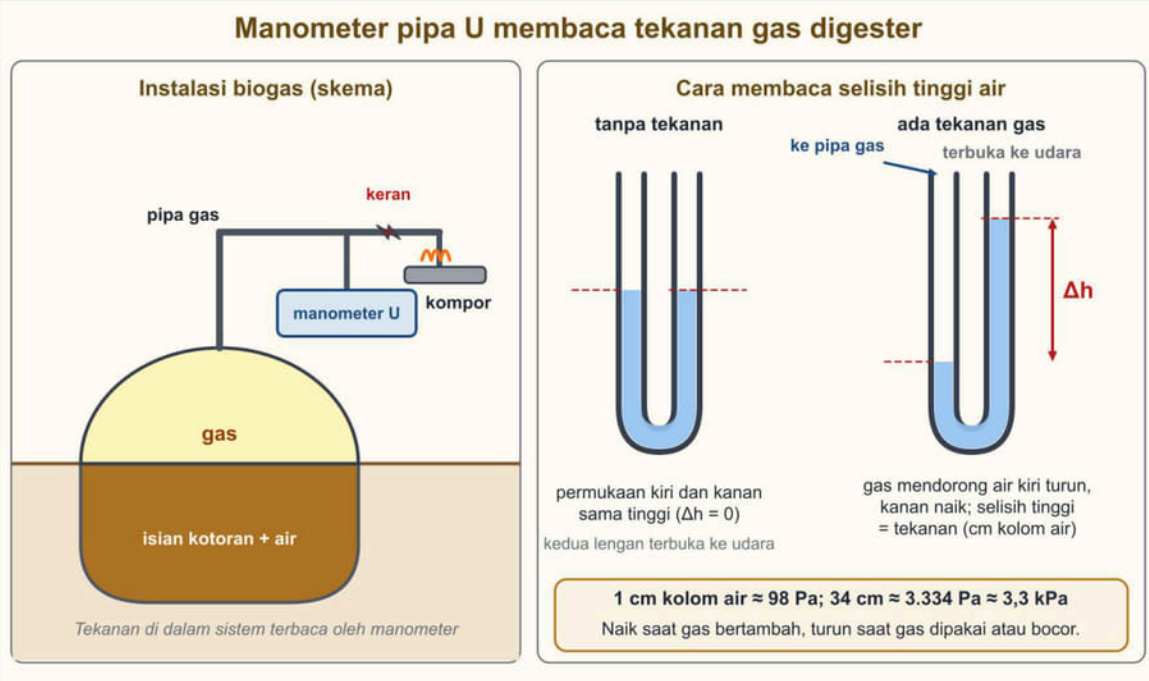
Lihat Gambar 5.12. Bila titik panas ditemukan, tindakan yang benar berurutan: **singkirkan dulu penyebab luar** (bayangan, kotoran di kaca, ranting), **dokumentasikan** (gambar, nomor modul, suhu, waktu), lalu **laporkan** agar modul diperiksa atau diganti. Membiarkannya berbulan-bulan berisiko merusak modul, bahkan memicu kebakaran. Jangan membongkar modul sendiri, karena sel modul tidak dirancang untuk diganti satu per satu.

5. Biogas: manometer pipa U

Pada digester biogas, gas yang dihasilkan bakteri terkumpul di bagian atas digester dan mengalir lewat pipa ke kompor. Gas itu bertekanan, dan tekanan itulah yang dibaca. Biogas sebagian besar terdiri atas metana dan karbon dioksida, dan metana mudah terbakar. Campuran metana dengan udara dapat meledak pada kisaran konsentrasi kira-kira 5 sampai 15 persen volume, sehingga jauhkan api dan percikan dari tempat yang diduga bocor.

Manometer pipa U berisi air adalah alat yang sederhana tetapi sangat berguna. Pipa kaca atau selang bening berbentuk huruf U diisi air. Satu lengan disambung ke pipa gas, lengan lain dibiarkan terbuka ke udara. Tanpa tekanan, permukaan air di kedua lengan sama tinggi. Bila gas bertekanan masuk, air di lengan gas terdorong turun dan di lengan lain naik. **Selisih tinggi air (Δh) adalah tekanan gas**, dinyatakan dalam sentimeter kolom air. Satu sentimeter kolom air kira-kira 98 Pa (hampir 1 mbar), sehingga selisih 34 cm setara 3.334 Pa atau sekitar 3,3 kPa. Perhatikan Gambar 5.13.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 5.13 Manometer pipa U pada instalasi biogas: selisih tinggi air sama dengan tekanan gas dalam sentimeter kolom air. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Membaca tren tekanan adalah kunci diagnosisnya:

- **Tekanan naik** saat tidak ada pemakaian: digester menghasilkan gas dan gas tertampung. Ini normal.
- **Tekanan turun tajam** saat kompor dipakai: gas keluar lewat kompor. Ini juga normal.
- **Tekanan turun saat semua kompor tertutup dan tidak ada pemakaian**: gas hilang ke tempat lain, yaitu **bocor**. Cari titik bocor dengan **air sabun** yang dioleskan pada sambungan: gelembung muncul di tempat gas lolos. Untuk kebocoran yang sangat kecil, pembacaan manometer lebih peka daripada air sabun, tetapi air sabun membantu menemukan letaknya.
- **Tekanan naik sangat lambat** padahal isian dan pemakaian seperti biasa: produksi gas rendah. Periksa penyebab biologis, yaitu pH dan suhu isian (bagian berikut).

Bacalah **tren**, bukan satu angka. Satu pembacaan 15 cm bisa berarti banyak hal; tiga pembacaan sepanjang malam menunjukkan arah. Pembacaan saat kompor mati sesaat setelah masak berbeda dari pembacaan saat gas sudah tertampung lama.

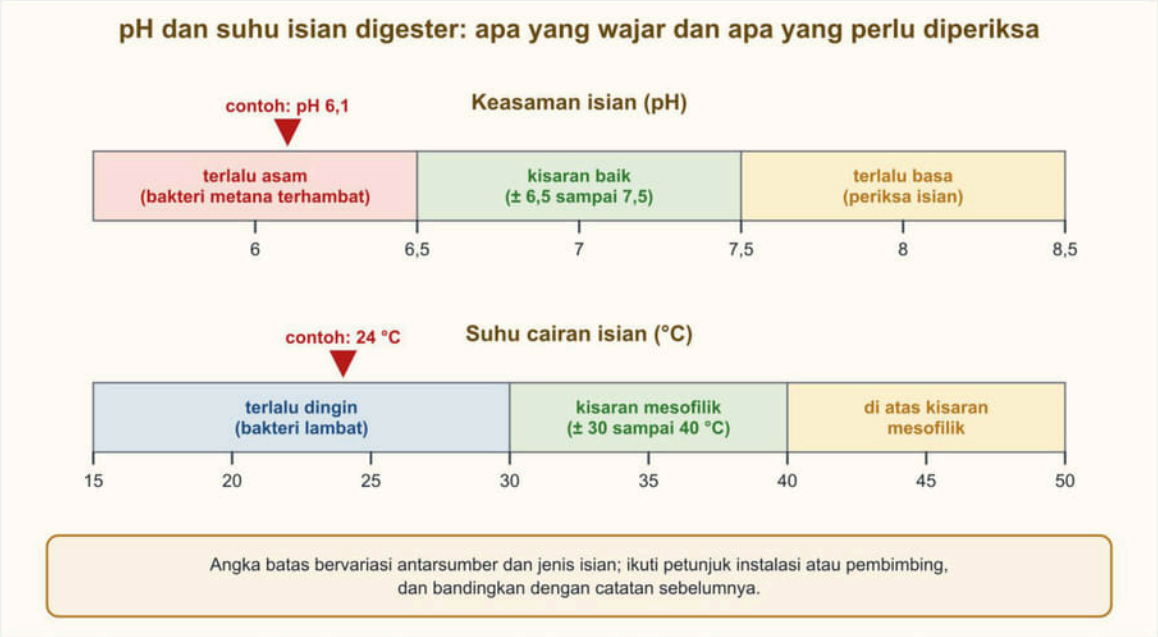
6. pH meter dan termometer cairan

Gas dihasilkan oleh bakteri di dalam isian digester (kotoran ternak yang dicampur air). Bakteri penghasil metana peka terhadap keasaman dan suhu. Dua besaran itu diukur langsung pada **cairan isian**.

pH meter mengukur keasaman. Aturan penting: ambil contoh dari cairan yang **sudah berada di dalam digester**, misalnya dari bak keluaran atau lubang pemeriksaan. Kotoran segar di bak masukan belum mengalami fermentasi, sehingga pH-nya tidak mewakili isian digester. Sebelum dipakai, pH meter dikalibrasi dengan larutan bufer, elektroda dibilas air bersih di antara pengukuran, dan tidak boleh dibiarkan kering. Kisaran pH isian yang baik umumnya kira-kira 6,5 sampai 7,5. Bila pH turun jauh di bawahnya, asam organik menumpuk dan bakteri metana terhambat sehingga gas berkurang.

Termometer celup (atau termokopel) mengukur suhu cairan dengan langsung menyentuh cairan, dimasukkan lewat lubang pemeriksaan. Termometer inframerah tidak cocok untuk ini karena hanya membaca suhu **permukaan** dinding beton, bukan cairan di dalamnya. Digester bekerja paling baik pada kisaran mesofilik, kira-kira 30 sampai 40 °C. Suhu yang lebih rendah, misalnya pada musim hujan atau di dataran tinggi pada malam hari, membuat bakteri bekerja lambat sehingga gas berkurang.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 5.14 Kisaran pH (kira-kira 6,5 sampai 7,5) dan suhu (kira-kira 30 sampai 40 °C) yang wajar pada isian digester, dengan contoh pembacaan di luar kisaran. Batas persis bervariasi antarsumber. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Lihat Gambar 5.14. Batas pada gambar adalah kisaran umum, bukan angka mutlak; ikuti petunjuk instalasi dan bandingkan dengan catatan sebelumnya pada digester yang sama.

7. Kadar air bahan bakar biomassa

Bahan bakar biomassa seperti sekam padi, serpih kayu, dan kayu bakar mengandung air. Sebagian panas pembakaran terpakai untuk menguapkan air itu sehingga panas yang dihasilkan berkurang, dan pada gasifier bahan yang terlalu basah menurunkan mutu gas. Karena itu pembuat tungku atau gasifier menetapkan **batas kadar air**.

Kadar air dinyatakan sebagai persen. Dasar yang umum dipakai adalah **dasar basah**: kadar air = (massa basah − massa kering) ÷ massa basah × 100 %. Massa kering diperoleh dengan **mengeringkan contoh dalam oven pada suhu sekitar 105 °C sampai massanya tetap**, lalu menimbangnya (cara baku untuk bahan bakar padat). **Pengukur kadar air** (moisture meter) memberi angka lebih cepat tanpa oven, dengan menusukkan atau menempelkan sensor pada bahan, tetapi ketelitiannya bergantung pada jenis bahan dan kalibrasinya.

Karena tumpukan bahan tidak kering merata, **ukur di beberapa titik dan kedalaman**. Permukaan tumpukan terkena angin dan matahari sehingga cepat kering, sedangkan bagian dalam bisa masih basah. Satu angka dari permukaan tidak mewakili seluruh tumpukan.

8. Hidrometer baterai

Pada baterai timbal-asam sel basah, cairan di dalam setiap sel (asam sulfat encer) menjadi lebih pekat saat baterai terisi dan lebih encer saat baterai kosong. **Hidrometer** mengukur kepekatan itu sebagai **berat jenis**. Pada baterai yang terisi penuh nilainya kira-kira 1,265 sampai 1,280, bergantung pabrikan, dan menurun bila baterai kosong. Selain memberi tanda tingkat isi, perbedaan besar antarsel menandakan ada sel yang lemah.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Prosedur dan syaratnya:

1. Pakai **kacamata pelindung dan sarung tangan tahan asam**; elektrolit merusak mata dan kulit.
2. Hisap cairan secukupnya sampai pelampung bebas mengapung, lalu **baca skala dengan mata sejajar permukaan cairan** (menghindari kesalahan paralaks).
3. **Kembalikan cairan ke sel yang sama** agar kadarnya tidak berubah.
4. **Jangan mengukur sel yang baru ditambah air suling.** Air suling belum tercampur rata, sehingga berat jenis terbaca terlalu rendah. Ukur setelah baterai diisi ulang dan cairan tercampur.
5. **Koreksi suhu.** Hidrometer dikalibrasi pada suhu acuan (sekitar 25 sampai 27 °C). Panduan umum menyebut tambahkan 0,004 untuk setiap 10 °F (kira-kira 0,007 untuk setiap 10 °C) di atas suhu acuan, dan kurangi bila di bawahnya. Contoh: pembacaan 1,240 pada 35 °C (8,3 °C di atas acuan 26,7 °C) dikoreksi menjadi sekitar 1,246.

Untuk memeriksa **suhu sel** tanpa membuka tutup dan tanpa menyentuh terminal bertegangan, pakai termometer inframerah dari jarak aman. Baterai bersegel dan litium tidak diperiksa dengan hidrometer; tegangan terminal dan data pengendali baterai yang dipakai.

9. Menafsirkan hasil ukur

Berikut beberapa pola yang sering muncul. Perhatikan bahwa kesimpulan datang dari **membandingkan** angka, bukan dari satu angka tunggal.

Hasil ukur	Kemungkinan penjelasan	Langkah berikutnya
Isc jauh di bawah label, tetapi dekat nilai harapan pada iradiasi saat itu	normal, cahaya sedang kurang	catat dan bandingkan lagi pada iradiasi lain
Isc string jauh di bawah string sejenis	naungan, kotor, sel cacat, sambungan buruk	periksa visual, ukur Voc, kamera termal
satu sel jauh lebih panas dari sekitarnya, penyebab luar sudah dihilangkan	sel cacat	dokumentasikan, laporkan, ganti lewat garansi
tekanan biogas turun saat tidak ada pemakaian	kebocoran	cari titik bocor dengan air sabun
tekanan naik sangat lambat, pH rendah, suhu rendah	produksi gas rendah	kurangi isian, perbaiki suhu dan keasaman
kadar air permukaan rendah, bagian dalam tinggi	tumpukan belum kering merata	balik dan keringkan lagi, ukur di beberapa titik
berat jenis satu sel jauh di bawah sel lain	sel lemah	periksa dan isi ulang, ganti bila tetap rendah

Contoh 1 — Isc string seri pada iradiasi tertentu

Pada Juni 2027, seorang siswa PKL memeriksa satu string berisi tiga modul seri yang sejenis. Label tiap modul: Isc 9,2 A pada 1.000 W/m². Pukul 10.30, solar power meter yang diletakkan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

sejajar permukaan modul menunjukkan 750 W/m². Penguji PV mencatat Isc string 6,8 A. Rekannya memberi dua usul yang berbeda: "Seharusnya arusnya tiga kali 9,2 A" dan "Arusnya jauh di bawah label 9,2 A, jadi ada modul rusak." *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. Modul tersambung **seri**: arus string sama dengan arus satu modul (tidak dijumlahkan), yang dijumlahkan tegangannya. Jadi acuan arus adalah 9,2 A, bukan 27,6 A.
2. Hitung Isc yang diharapkan pada iradiasi saat itu: 9,2 × 750 ÷ 1.000 = 6,9 A.
3. Bandingkan dengan hasil ukur: 6,8 ÷ 6,9 = 0,986, yaitu 98,6 % dari harapan, selisih sekitar 1,4 %. Selisih sekecil itu wajar.
4. Kesalahan usul pertama: 27,6 × 750 ÷ 1.000 = 20,7 A (menjumlahkan arus pada rangkaian seri). Kesalahan usul kedua: 6,8 ÷ 9,2 = 73,9 % (membandingkan dengan label tanpa memperhitungkan iradiasi).

Jawaban: **string normal**; Isc harapan 6,9 A, terukur 6,8 A. Pada rangkaian seri arus tidak dijumlah, dan Isc turun sebanding dengan iradiasi.

Contoh 2 — Menafsirkan tiga malam pembacaan manometer biogas

Pada September 2027, kelompok peternak di sebuah desa mencatat tekanan digester (selisih tinggi air manometer pipa U) selama tiga malam. Pada ketiga malam, kompor ditutup rapat sesudah masak pukul 17.00 dan tidak ada pemakaian sampai pagi. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

Malam	17.00	22.00	05.30
1	10 cm	34 cm	36 cm
2	10 cm	33 cm	9 cm
3	10 cm	14 cm	16 cm

1. Malam 1: tekanan naik dari 10 ke 36 cm tanpa pemakaian. Produksi berjalan dan gas tertampung. **Normal.** (34 cm = 34 × 98,07 = 3.334 Pa ≈ 3,3 kPa.)
2. Malam 2: naik ke 33 cm, lalu turun ke 9 cm padahal tidak ada pemakaian. Gas hilang selama malam. **Kebocoran**, kira-kira 9 cm (± 0,9 kPa) tersisa dari 33 cm. Periksa sambungan dengan air sabun.
3. Malam 3: naik sangat lambat, hanya dari 10 ke 16 cm (16 cm ≈ 1,57 kPa) dan tidak ada penurunan. Tidak ada kebocoran, tetapi **produksi rendah**. Periksa pH dan suhu isian.

Jawaban: malam 1 normal, malam 2 bocor, malam 3 produksi rendah. Kunci diagnosisnya adalah membandingkan **arah perubahan** saat tidak ada pemakaian.

Contoh 3 — Penyebab produksi gas turun dari pH dan suhu

Pada Desember 2027, produksi gas digester sebuah kelompok ternak di dataran tinggi turun sejak musim hujan. Siswa mengambil contoh cairan dari bak keluaran dan mengukur pH 6,1. Termometer celup yang dimasukkan lewat lubang pemeriksaan menunjukkan 24 °C. *Kasus*

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.

1. Bandingkan pH: 6,1 berada di bawah kisaran 6,5 sampai 7,5. Isian terlalu asam, dan bakteri metana terhambat.
2. Bandingkan suhu: 24 °C berada di bawah kisaran mesofilik 30 sampai 40 °C. Bakteri bekerja lambat.
3. Kedua temuan sejalan dengan produksi yang turun, jadi penyebabnya ada pada **kondisi biologis isian**, bukan sekadar kebocoran (periksa kebocoran lewat manometer secara terpisah).
4. Tindakan: kurangi atau hentikan sementara pengisian bahan segar sambil memantau pH setiap hari, perbaiki suhu bila memungkinkan (misalnya menutup bak dan mengisolasi), dan ikuti petunjuk pembimbing atau pabrikan.

Jawaban: **produksi turun karena isian terlalu asam dan terlalu dingin**. Mengukur suhu dinding beton dengan termometer inframerah tidak akan mengungkap suhu 24 °C cairan di dalamnya.

Contoh 4 — Kadar air tumpukan sekam padi

Pada Agustus 2027, sebuah penggilingan padi memakai sekam untuk tungku pengering. Pabrik tungku menetapkan kadar air sekam tidak lebih dari 14 %. Siswa PKL mengambil dua contoh masing-masing 250 g: dari permukaan tumpukan dan dari kedalaman 40 cm. Setelah dioven pada 105 °C sampai massa tetap, contoh permukaan menjadi 218 g dan contoh dalam menjadi 205 g. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. Kadar air permukaan (dasar basah): (250 − 218) ÷ 250 × 100 % = 32 ÷ 250 × 100 % = 12,8 %.
2. Kadar air bagian dalam: (250 − 205) ÷ 250 × 100 % = 45 ÷ 250 × 100 % = 18 %.
3. Bandingkan dengan batas 14 %: permukaan memenuhi, bagian dalam melampaui.
4. Simpulkan: tumpukan belum kering merata. Rata-rata dua titik (15,4 %) pun masih di atas batas.

Jawaban: **permukaan 12,8 % dan bagian dalam 18 %**; tumpukan belum boleh dipakai sepenuhnya. Balik dan keringkan lagi, lalu ukur di beberapa titik dan kedalaman.

Ringkasan bagian ini. Iradiasi diukur sejajar bidang modul, tidak ternaungi, setelah stabil. Isc sebanding dengan iradiasi (Isc harapan = Isc label × G ÷ 1.000), Voc hampir tetap; hasil ukur dibandingkan dengan nilai harapan pada iradiasi saat itu. Kamera termal sah bila iradiasi cukup, angin lemah, langit hampir cerah; titik panas didokumentasikan dan dilaporkan setelah penyebab luar disingkirkan. Manometer pipa U menunjukkan tekanan biogas: tekanan turun tanpa pemakaian berarti bocor. pH diukur dari cairan di dalam digester, suhu dengan termometer celup. Kadar air diukur di beberapa titik dan kedalaman. Hidrometer hanya untuk sel basah, dengan APD, pembacaan sejajar mata, dan koreksi suhu.

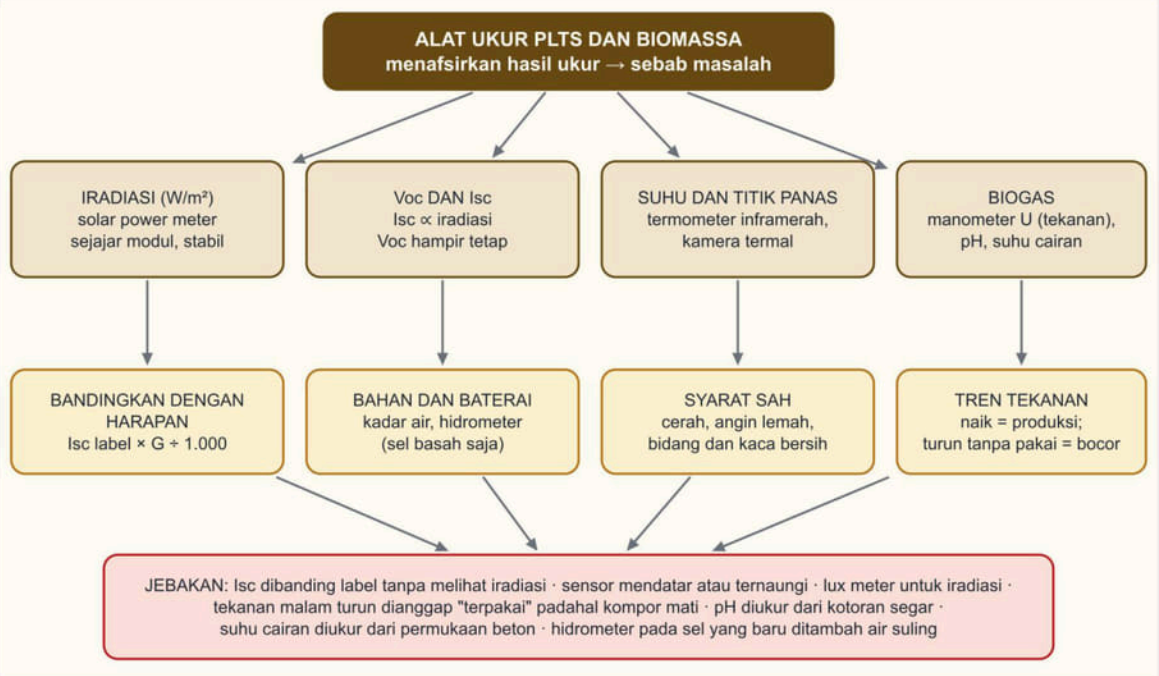
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- **Iradiasi (W/m²):** solar power meter sejajar bidang modul, tidak ternaungi, setelah stabil; bukan lux meter.
- **Isc diharapkan = Isc label × G ÷ 1.000**; Isc sebanding dengan iradiasi, Voc hampir tetap; bandingkan dengan harapan, bukan dengan label.
- **Isc** diukur dengan alat berperingkat, bukan dengan menghubungsingkatkan kabel.
- **Kamera termal:** iradiasi ≥ ± 600 W/m², angin lemah, langit hampir cerah, kaca bersih; singkirkan penyebab luar, dokumentasikan, laporkan.
- **Manometer U:** Δh = tekanan (cm air; 1 cm ≈ 98 Pa); turun tanpa pemakaian = bocor, naik lambat = produksi rendah.
- **pH** (± 6,5–7,5) dan **suhu** (± 30–40 °C) dari cairan di dalam digester; termometer inframerah hanya membaca permukaan.
- **Kadar air** dasar basah, ukur di beberapa titik dan kedalaman; **hidrometer** hanya sel basah, dengan APD, baca sejajar mata, jangan pada sel yang baru ditambah air suling.

Gambar 5.15 merangkum hubungan antarkonsep itu.



Gambar 5.15 Peta konsep alat ukur pada pembangkit listrik tenaga surya dan biomassa: iradiasi, Voc dan Isc, titik panas, biogas, bahan dan baterai, serta jebakan khasnya. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal tafsir hasil ukur:

1. **Catat kondisi saat mengukur** (iradiasi, suhu, katup, pemakaian) sebelum melihat angkanya.
2. **Hitung nilai harapan pada kondisi itu** (misalnya Isc label × G ÷ 1.000), lalu bandingkan dengan hasil ukur.
3. **Baca tren, bukan angka tunggal**, terutama pada tekanan biogas.
4. **Periksa dulu cara pengukurannya**: sensor sejajar atau tidak, contoh dari dalam digester atau bak masukan, titik ukur di permukaan atau di dalam.
5. **Pilih tindakan yang aman dan bertahap**: dokumentasi dan laporan, bukan membongkar atau menunda.

Jebakan khas pada soal ini:

- **Isc dibandingkan langsung dengan label** padahal iradiasinya lain; atau dianggap tetap walau iradiasi turun.
- **Sensor mendatar atau ternaungi**, atau lux meter untuk iradiasi.
- **Penurunan tekanan malam hari dibaca "terpakai"** padahal kompor mati.
- **pH diukur dari kotoran segar** atau suhu isian dari dinding beton dengan termometer inframerah.
- **Kadar air hanya diukur di permukaan.**
- **Hidrometer pada sel yang baru ditambah air suling**, atau pada baterai bersegel.

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menyajikan modul berlabel Isc tertentu, iradiasi saat pengukuran, dan arus terukur, lalu meminta tanggapan atas kesimpulan seorang siswa. Bedahlah dengan bagian 3: hitung dulu Isc yang diharapkan pada iradiasi itu, bandingkan dengan hasil ukur, lalu periksa alasan tiap opsi. Perhatikan opsi yang kesimpulannya benar tetapi alasannya salah.

►. Siswa PKL, Tika (2027), memeriksa modul baru berlabel Isc 10,0 A pada 1.000 W/m^2. Pukul 08.00, solar power meter yang diletakkan sejajar permukaan modul menunjukkan 600 W/m^2, dan arus hubung singkat yang terukur 5,9 A. Tika menyimpulkan modul cacat karena arusnya jauh di bawah label dan mengusulkan pengembalian ke pemasok. *(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tanggapan yang paling tepat terhadap kesimpulan Tika adalah ....

A. Modul normal karena arus yang diharapkan sekitar 6,0 A pada radiasi tersebut
B. Modul cacat karena arus yang terukur hanya 59% dari arus pada label
C. Modul normal karena arus hubung singkat tidak dipengaruhi radiasi matahari
D. Modul cacat karena pada 600 W/m^2 arusnya semestinya tetap mendekati 10,0 A
E. Pengukuran tidak sah karena arus hubung singkat hanya boleh diukur malam hari

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Pembahasan **Kunci: A**

Konsep: Arus hubung singkat (Isc) modul sebanding dengan radiasi: Isc terukur ≈ Isc label × (radiasi terukur ÷ 1.000 W/m²). Hasil ukur dibandingkan dengan nilai yang sudah disesuaikan, bukan dengan label secara langsung.

Langkah:

1. Isc yang diharapkan = 10,0 × 600/1.000 = 6,0 A.
2. Terukur 5,9 A ≈ 6,0 A (selisih kecil).
3. Kesimpulan: modul normal.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ Isc diharapkan 10 × 0,6 = 6,0 A; 5,9 A sesuai.
- **B.** ✗ Jebakan: membandingkan langsung dengan label tanpa memperhitungkan radiasi 600 W/m².
- **C.** ✗ Kesimpulan "normal" benar, tetapi alasannya salah: Isc justru sangat dipengaruhi radiasi.
- **D.** ✗ Isc turun sebanding dengan radiasi, tidak tetap 10 A.
- **E.** ✗ Pada malam hari modul tidak menghasilkan arus sehingga tidak ada yang dapat diukur.

Jawaban: A.

✎ LATIHAN

Kerjakan tanpa melihat kunci. Hitung nilai harapan atau tuliskan syarat pengukuran yang benar lebih dulu, baru bandingkan dengan opsi.

1. Instalasi biogas kubah tetap milik kelompok tani (2027) dilengkapi manometer pipa U berisi air. Selama pengamatan malam, semua kompor ditutup dan tidak ada yang memakai gas. Isian kotoran tetap seperti biasa.

Waktu	Selisih tinggi air manometer
18.00 (setelah memasak)	15 cm
21.00	42 cm
05.00 (sebelum memasak)	18 cm

Malam itu suhu udara tidak jauh berbeda dari malam-malam sebelumnya, dan pada malam sebelumnya pembacaan pukul 05.00 mencapai sekitar 60 cm.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Kesimpulan dan tindakan yang paling tepat adalah ....

A. Produksi gas berkurang di malam hari; isian kotoran ditambah
B. Tekanan normal karena gas dipakai; tidak perlu tindakan
C. Manometer rusak; manometer diganti tanpa memeriksa pipa
D. Ada kebocoran gas; sambungan diuji dengan air sabun
E. Digester terlalu penuh; sebagian isian dibuang dari outlet

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. Produksi gas digester milik kelompok ternak (2027) turun sejak dua minggu. Pembimbing meminta siswa memeriksa keasaman (pH) cairan isian di dalam digester, suhu cairan isian, dan tekanan gas. Digester memiliki lubang pemeriksaan dan bak keluaran yang terhubung dengan ruang isian. Siswa menyusun rencana pemakaian alat.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Rencana pemakaian alat yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

- ☐ A. pH meter dicelupkan ke kotoran segar di bak masukan untuk mengetahui keasaman isian digester.
- ☐ B. pH meter dicelupkan ke contoh cairan dari bak keluaran untuk memeriksa keasaman isian.
- ☐ C. Termometer inframerah diarahkan ke permukaan kubah beton untuk mengukur suhu cairan isian.
- ☐ D. Termometer celup dimasukkan lewat lubang pemeriksaan sampai menyentuh cairan isian.
- ☐ E. Manometer pipa U dipasang pada saluran gas untuk membaca tekanan gas.

Kunci singkat: 1. D 2. B, D, E

✔ PERIKSA DIRI

- Modul berlabel Isc 8,0 A pada 1.000 W/m² menunjukkan Isc 4,7 A saat solar power meter sejajar modul membaca 600 W/m². Hitung Isc yang diharapkan dan nyatakan apakah modul normal.
- Mengapa contoh cairan untuk pH meter harus diambil dari bak keluaran atau lubang pemeriksaan, bukan dari kotoran segar di bak masukan?
- **Yang harus kuingat:** Isc harapan = Isc label × G ÷ 1.000 dan bandingkan hasil ukur dengan harapan; tekanan biogas yang turun tanpa pemakaian berarti bocor; ukur bahan dari dalam dan di beberapa titik, bukan hanya dari permukaan.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 5.3: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktet&node=SMKTET-5.3

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab 5.4 · Penggunaan alat ukur dan alat uji sesuai prosedur kerja

SMKTET-5.4

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu **menerapkan prosedur penggunaan alat ukur dan alat uji**. Pada level ini kamu tidak hanya dituntut tahu alatnya, tetapi juga **urutan langkah yang benar dan aman**. Soalnya biasanya menceritakan seorang teknisi atau siswa PKL yang sedang bersiap mengukur, lalu memperlihatkan rencana langkahnya atau kondisi alat pada saat itu. Kamu diminta menilai: langkah mana yang benar, apa yang harus diperbaiki sebelum probe ditempelkan, atau cara meletakkan sensor yang paling sah.

Pengecohnya sering berupa **satu langkah yang terlewat atau tertukar**, misalnya probe merah masih tertinggal di jack arus, rentang terlalu kecil, tang menjepit dua kabel, atau sensor ditaruh di tempat yang salah. Karena itu sub bab ini mengajarkan prosedur sebagai urutan yang punya alasan di balik setiap langkah. Bila kamu paham alasannya, kamu tidak perlu menghafal.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan peringkat dan kategori alat ukur, dan memilih alat yang sesuai dengan sistem yang diukur;
- menerapkan urutan keselamatan sebelum mengukur: periksa alat, isolasi, dan lepas beban;
- memakai multimeter untuk tegangan, arus, dan hambatan dengan jack, fungsi, dan rentang yang benar;
- memakai tang ampere dengan benar (nolkan, satu kabel, di tengah rahang, di bawah batas ukur);
- menyusun urutan pengukuran dan mencatat hasilnya dengan syarat kondisi yang sah;
- menjelaskan prosedur singkat penguji isolasi dan penguji pembumian.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Alat ukur yang sama bisa menjadi penolong atau penyebab kecelakaan. Multimeter yang dipakai dengan benar memberi angka yang jujur dalam hitungan detik. Multimeter yang probe-nya salah jack dapat meledakkan sekering, merusak alat, bahkan melukai pemakainya. Pada PLTS risikonya lebih besar karena modul **tidak pernah bisa dimatikan sepenuhnya** selama masih ada cahaya, dan tegangan string bisa mencapai beberapa ratus volt arus searah. Karena itu pengukuran selalu mengikuti **prosedur**: urutan langkah tetap yang dibuat dari pengalaman pahit orang-orang sebelum kita. Bagian ini membahas prosedur itu langkah demi langkah.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1. Keselamatan sebelum mengukur

Peringkat dan kategori alat. Setiap alat ukur listrik yang baik mencantumkan dua hal: **batas tegangan** (misalnya 1.000 V) dan **kategori pengukuran** (CAT I sampai CAT IV, menurut standar keselamatan IEC 61010-1). Kategori menyatakan seberapa dekat titik ukur dengan sumber listrik dan seberapa besar energi yang tersedia bila terjadi gangguan atau lonjakan:

Kategori	Titik ukur	Contoh
CAT I	rangkaian yang tidak langsung tersambung ke jaringan	rangkaian elektronik yang terlindungi
CAT II	beban yang tersambung lewat stopkontak	alat rumah tangga, perkakas portabel
CAT III	instalasi tetap di dalam bangunan	papan distribusi, pemutus sirkuit, kabel dan kotak sambung
CAT IV	sumber instalasi	meter listrik, pengaman utama

Makin besar nomornya, makin besar energi yang tersedia di titik itu dan makin kuat perlindungan yang dibutuhkan. Angka batas tegangan saja belum cukup: alat 600 V berkategori tinggi bisa lebih aman daripada alat 1.000 V berkategori rendah. Untuk PLTS, alat harus sanggup menahan **tegangan DC terbesar** string, yaitu Voc pada suhu terdingin (bagian 6), dan sebaiknya memiliki kategori yang sesuai untuk instalasi tetap. Peringkat satu rangkaian pengukuran dibatasi oleh **komponen berperingkat terendah**, jadi kabel uji, klip, dan adaptor juga harus sama baiknya.

Periksa alat sebelum dipakai. Lihat apakah kabel uji retak atau isolasinya terkelupas, apakah sekering di jack arus utuh, dan apakah baterai alat cukup. Sebelum dan sesudah mengukur sebuah kabel yang dianggap mati, coba alat pada sumber yang pasti bertegangan untuk memastikan alat itu sendiri berfungsi. Alat yang rusak bisa menampilkan nol padahal kabelnya bertegangan.

Isolasi dan lepas beban. Pada PLTS, urutan yang aman adalah memutus **sisi AC lebih dulu** (inverter dan saklar sambungan jaringan), baru sisi DC. Alasannya: memutus arus searah di bawah beban menimbulkan **busur api** karena arus searah tidak pernah melewati nol seperti arus bolak-balik, sehingga busurnya sulit padam. Dengan beban dilepas lebih dahulu, saklar DC memutus tanpa arus. Perlu diingat bahwa modul tetap menghasilkan tegangan selama ada cahaya, sehingga kabel dari modul tetap bertegangan walaupun inverter dimatikan. Pasang gembok dan label (penguncian dan pelabelan) pada saklar yang dimatikan sesuai prosedur Bab 2, dan jangan mencabut konektor modul saat arus mengalir.

Perlengkapan pelindung. Pakai sarung tangan isolasi, kacamata pelindung, dan sepatu isolasi bila perlu. Bekerjalah **berdua** untuk pekerjaan berisiko, dan gunakan tali pengaman bila mengukur di atap.

2. Multimeter: fungsi, jack, dan rentang

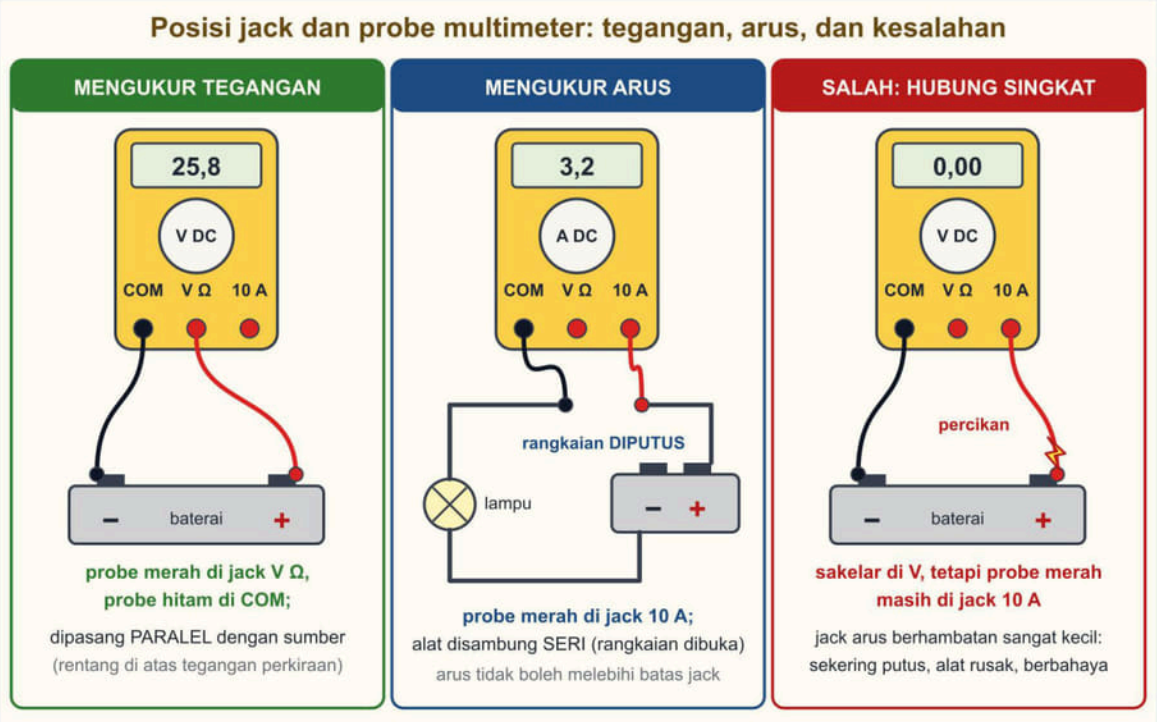
Multimeter memiliki sakelar putar dan **tiga atau empat jack**. Jack **COM** (hitam) selalu dipakai.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Probe merah dipasang pada jack yang sesuai dengan besaran: jack **V Ω** untuk tegangan dan hambatan, jack **A** atau **10 A** untuk arus besar, dan jack **mA** untuk arus kecil pada alat yang memilikinya. Pilihan jack dan sakelar harus **cocok**, karena alat tidak mencegah kesalahan di sisi pemakai.

Perbedaan penting antara jack tegangan dan jack arus adalah **hambatan di dalamnya**. Rangkaian tegangan multimeter memiliki hambatan yang sangat besar, sehingga hampir tidak ada arus yang mengalir saat probe ditempel pada sumber. Jack arus justru memiliki hambatan yang **sangat kecil** (sebuah shunt dan sekering), karena alat harus disisipkan ke dalam rangkaian tanpa mengganggunya. Akibatnya: bila probe masih di jack arus lalu ditempelkan **paralel** pada sumber seperti baterai atau modul, sumber itu praktis **terhubung singkat** lewat alat. Sekering putus, alat rusak, dan pemakainya terancam. Pabrik alat ukur memperingatkan ini sebagai kesalahan yang sangat umum.

Gambar 5.16 menunjukkan tiga keadaan: mengukur tegangan, mengukur arus, dan kesalahan hubung singkat.



Gambar 5.16 Posisi jack dan probe multimeter: tegangan dipasang paralel (probe merah di jack V Ω), arus dipasang seri (probe merah di jack 10 A, rangkaian dibuka), dan kesalahan probe yang tertinggal di jack arus. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Tabel berikut merangkum pengaturan untuk tiap pekerjaan.

Pekerjaan	Fungsi sakelar	Probe merah di jack	Sambungan ke rangkaian
tegangan modul, string, baterai	V DC	V Ω	paralel (menempel pada kedua kutub)
tegangan PLN, keluaran inverter, generator	V AC	V Ω	paralel

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

arus beban atau pengisian (kecil, di bawah batas jack)	A DC atau A AC	A atau 10 A	seri (rangkaian dibuka, alat disisipkan)
hambatan, kontinuitas	Ω atau bunyi	V Ω	paralel pada rangkaian **mati**

Memilih rentang. Pada multimeter manual, tiap fungsi memiliki beberapa rentang, misalnya 20 V, 200 V, dan 600 V. Aturannya: pilih rentang **terdekat di atas** nilai yang diperkirakan. Rentang 20 V tidak sanggup membaca 48 V sehingga alat menampilkan **OL** (*overload*, kelebihan batas). Rentang terlalu besar membuat angka kurang teliti. Bila nilainya tidak diketahui, mulailah dari **rentang terbesar** lalu turunkan. Alat dengan pemilihan rentang otomatis memilihnya sendiri, tetapi batas tegangan dan arus tertingginya tetap berlaku. **Jangan memutar sakelar rentang saat probe masih menempel pada tegangan tinggi**: kontak di dalam sakelar dapat memercikkan busur dan merusak alat. Lepaskan probe lebih dulu.

Mengukur arus memerlukan perhatian khusus. Karena alat harus dilewati seluruh arus, rangkaian harus **dibuka** dan alat **disisipkan seri**. Arus yang akan diukur tidak boleh melebihi batas jack (biasanya 10 A, dan hanya untuk waktu singkat). Pada string PLTS, arus bisa mendekati atau melebihi batas itu, jadi untuk arus besar pakai **tang ampere** (bagian 3). Setelah selesai mengukur arus, **kembalikan probe merah ke jack V Ω dan sakelar ke posisi aman** sebelum mengukur hal lain. Kesalahan paling sering terjadi justru pada pengukuran berikutnya.

Mengukur hambatan dan kontinuitas hanya boleh pada rangkaian yang **tidak bertegangan**, karena alat memberi arus kecilnya sendiri. Bila ada tegangan dari luar, hasilnya salah dan alat bisa rusak.

3. Tang ampere

Tang ampere mengukur arus tanpa membuka rangkaian. Karena prinsipnya membaca medan magnet di sekitar kabel, ada beberapa ketentuan. Perhatikan Gambar 5.17.

1. **Pilih fungsi yang benar.** Arus searah (string, baterai) memerlukan tang berjenis AC/DC dengan fungsi A DC. Tang khusus AC tidak dapat membaca arus searah.
2. **Nolkan (hanya untuk A DC).** Dengan rahang tertutup dan tanpa kabel di dalamnya, tekan tombol ZERO. Medan magnet bumi dan medan sekitar dapat menggeser pembacaan, dan pengenolan menghilangkan pergeseran itu.
3. **Jepit satu kabel saja.** Kabel plus dan minus dari satu rangkaian membawa arus yang sama besar dengan arah berlawanan. Bila keduanya dijepit bersamaan, medan magnetnya saling meniadakan sehingga alat membaca mendekati nol, padahal arus mengalir. Hal yang sama berlaku pada tiga kabel fasa yang seimbang: jepit satu kabel fasa dalam satu waktu.
4. **Kabel di tengah rahang, rahang tertutup rapat.** Rahang yang tidak menutup penuh atau kabel yang berada di pinggir rahang mengurangi ketelitian.
5. **Pilih rentang di atas arus perkiraan** dan di bawah batas ukur tertinggi alat. Bila alat memiliki dua rentang (misalnya 40 A dan 400 A), pakai yang terkecil yang masih di atas arus perkiraan agar angkanya lebih teliti.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

6. **Perhatikan arah.** Panah atau tanda pada tang menunjukkan arah acuan; tanda minus pada layar berarti arus berlawanan dengan arah acuan.



Gambar 5.17 Tang ampere: (1) nolkan tanpa kabel, (2) jepit satu kabel di tengah rahang, (3) keliru bila menjepit dua kabel plus dan minus, (4) keliru bila rahang tidak rapat. Tanda × berarti arus masuk ke halaman dan titik berarti arus keluar. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

4. Penguji isolasi dan penguji pembumian

Penguji isolasi (megger). Prosedurnya singkat tetapi ketat. Pertama, putuskan dan lepaskan penghantar dari alat elektronik (inverter, pengendali pengisian, penangkal lonjakan) karena tegangan uji tinggi dapat merusaknya. Kedua, pastikan penghantar tidak bertegangan. Ketiga, pilih **tegangan uji** yang sesuai dengan tegangan sistem: ringkasan standar IEC 62446-1 menyebut 500 V DC untuk sistem 120 sampai 500 V dan 1.000 V DC untuk sistem 500 sampai 1.000 V. Keempat, sambungkan alat antara penghantar dan rangka atau tanah, dan lakukan untuk kutub plus dan kutub minus secara terpisah. Kelima, tahan sesuai petunjuk alat, baca nilai, lalu **bandingkan dengan batas minimal** (untuk PLTS ringkasan standar menyebut tidak kurang dari 1 MΩ). Terakhir, biarkan alat selesai membuang muatan sisa sebelum klip dilepas. Alat sering menolak mengukur bila terdeteksi tegangan di titik ukur; itu perlindungan, jangan dipaksa.

Penguji pembumian. Elektroda yang diuji dilepas dahulu dari sistem agar hasilnya murni tahanan elektroda terhadap tanah. Dua tusuk bantu ditancapkan sejajar dengan elektroda, dengan jarak menurut petunjuk alat (sekitar 20 m untuk elektroda biasa). Dalam metode yang umum, tusuk tegangan diletakkan sekitar 62 % jarak dari elektroda ke tusuk arus. Tusuk-tusuk itu harus berada di luar daerah pengaruh satu sama lain agar hasilnya sah. Hasilnya dibaca dalam ohm, lalu dibandingkan dengan syarat yang berlaku pada instalasi itu.

5. Urutan mengukur dan kondisi pengukuran yang sah

Semua pengukuran mengikuti urutan yang sama, ditunjukkan pada Gambar 5.18.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan



Gambar 5.18 Delapan langkah mengukur: perkirakan nilai, pilih alat berperingkat, periksa alat, atur fungsi dan jack dan rentang, sambung dengan aman, baca setelah stabil, catat, lepas dan kembalikan alat. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

1. **Perkirakan nilainya.** Dari label atau hitungan: misalnya Voc string = jumlah modul seri × Voc modul.
2. **Pilih alat berperingkat memadai** (batas tegangan dan kategori), dengan kabel uji yang utuh.
3. **Periksa alat** (sekering, kabel, baterai) dan coba pada sumber yang diketahui.
4. **Atur fungsi, jack, dan rentang**: V atau A, AC atau DC, probe di jack yang sesuai, rentang di atas perkiraan.
5. **Sambung dengan aman**: paralel untuk tegangan, seri atau jepit satu kabel untuk arus; isolasi sesuai prosedur. Kebiasaan baik: sambungkan probe hitam dulu, lalu probe merah, dan lepas dengan urutan terbalik.
6. **Baca setelah angka stabil.**
7. **Catat** nilai, satuan, waktu, dan kondisi.
8. **Lepas dan kembalikan**: lepas probe, kembalikan probe merah ke jack V Ω, sakelar ke OFF.

Kondisi yang sah menentukan apakah angka itu bisa dibandingkan. Untuk PLTS: iradiasi stabil (awan tidak bergerak), sensor iradiasi **sejajar bidang modul dan tidak ternaungi**, modul bersih, dan iradiasi dicatat **bersamaan** dengan arus atau tegangan yang diukur. Untuk membandingkan produksi string dengan cahaya yang diterima, kedua nilai harus diambil pada saat yang sama dan pada bidang yang sama. Hasil pengukuran yang diambil dalam kondisi tidak sah tidak dapat dibandingkan, sebagus apa pun alatnya.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

6. Mencatat dan menafsirkan

Catatan yang baik memudahkan orang lain, termasuk dirimu sendiri bulan depan, untuk memeriksa kembali. Gunakan tabel sederhana: tanggal dan jam, lokasi (nomor string), besaran, nilai dan satuan, alat dan rentang, iradiasi, suhu modul, dan keterangan. **Ulangi pengukuran tiga kali** bila kondisi memungkinkan dan catat rata-ratanya. Setelah itu bandingkan dengan **nilai harapan pada kondisi yang sama**, bukan dengan label. Bila selisih besar, selidiki penyebabnya secara bertahap dengan alat lain (Voc, kamera termal, pemeriksaan visual) sebelum mengambil tindakan.

Contoh 1 — Mengukur arus pengisian bank baterai dengan tang ampere

Pada Februari 2027, siswa PKL di sebuah pos kesehatan desa akan mengukur arus pengisian bank baterai 24 V pada PLTS pos itu. Dari panel pengendali, arus diperkirakan sekitar 18 A. Ia memiliki tang ampere AC/DC dengan dua rentang: 40 A dan 400 A. Tegangan baterai saat diisi terbaca 25,8 V pada multimeter. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. Perkirakan nilai: 18 A. Karena arus searah, pilih tang pada fungsi **A DC**.
2. Pilih rentang: 40 A (di atas 18 A, lebih teliti daripada 400 A).
3. Nolkan: dengan rahang tertutup dan tanpa kabel di dalamnya, tekan ZERO sampai layar menampilkan 0,00.
4. Jepit **satu kabel saja** (kabel plus pengisian) di tengah rahang, pastikan rahang menutup rapat. Jepit pada kabel minus saja sama sahnya, tetapi jangan keduanya.
5. Baca setelah angka stabil: 17,6 A. Catat nilai, satuan, rentang, waktu, dan tegangan baterai.
6. Daya pengisian kira-kira P = V × I = 25,8 × 17,6 = 454 W.

Jawaban: **arus pengisian 17,6 A**. Bila kedua kabel dijepit, layar akan menampilkan mendekati 0 A dan siswa bisa salah menyimpulkan bahwa baterai tidak diisi.

Contoh 2 — Memilih alat dan rentang untuk Voc string

Pada Mei 2027, teknisi akan mengukur Voc satu string PLTS atap sekolah berisi 12 modul seri. Label tiap modul: Voc 41,2 V pada STC. Lembar data menyebut koefisien suhu Voc −0,28 % per °C. Pengukuran dilakukan pagi hari saat suhu modul sekitar 15 °C. Multimeter yang tersedia memiliki rentang V DC 200 V, 600 V, dan 1.000 V; ada dua multimeter dengan batas masukan 600 V dan 1.000 V DC berkategori CAT III. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. Voc pada STC: 12 × 41,2 = 494,4 V.
2. Koreksi suhu: suhu 15 °C berada 10 °C di bawah 25 °C, jadi Voc naik 0,28 % × 10 = 2,8 %. Faktor 1,028. Voc diperkirakan 494,4 × 1,028 = 508,2 V.
3. Rentang: 200 V terlalu kecil. Pilih rentang **600 V**, yaitu terdekat di atas 508 V.
4. Alat: batas masukan 600 V hanya sedikit di atas 508 V dan tidak menyisakan margin, apalagi pada hari yang lebih dingin. Pilih multimeter berbatas **1.000 V DC CAT III**.
5. Prosedur: lepas string dari inverter (agar yang terbaca Voc), probe hitam di COM dan probe merah di jack V Ω, fungsi V DC, sambung paralel pada kutub plus dan minus string, baca setelah stabil, lalu lepas dan kembalikan alat.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Jawaban: Voc diperkirakan **sekitar 508 V**, rentang **600 V**, alat **1.000 V DC CAT III**. Memilih rentang 200 V karena "satu modul hanya 41 V" menghasilkan OL dan berisiko merusak alat.

Contoh 3 — Membandingkan produksi dua string dengan iradiasi

Pada Agustus 2027, siswa PKL membandingkan dua string sejenis (masing-masing 12 modul seri, Isc label tiap modul 10,1 A pada 1.000 W/m²) di atap bengkel sekolah. Solar power meter diletakkan sejajar modul, tidak ternaungi, dan menunjukkan stabil 840 W/m². Arus tiap string diukur tiga kali dengan tang ampere DC pada satu kabel: string 1: 8,3; 8,2; 8,4 A. String 2: 7,0; 7,1; 7,2 A. *Kasus disusun untuk contoh; tempat dan tokoh fiktif.*

1. Rata-rata string 1: (8,3 + 8,2 + 8,4) ÷ 3 = 8,3 A. Rata-rata string 2: (7,0 + 7,1 + 7,2) ÷ 3 = 7,1 A.
2. Arus harapan pada 840 W/m² (seri: arus sama dengan satu modul): 10,1 × 840 ÷ 1.000 = 8,484 A, kira-kira 8,5 A.
3. Bandingkan: string 1 = 8,3 ÷ 8,484 = 97,8 % dari harapan, wajar. String 2 = 7,1 ÷ 8,484 = 83,7 %, kekurangan sekitar 16 %.
4. Selisih kedua string: (8,3 − 7,1) ÷ 8,3 = 14,5 %. Pada kondisi cahaya yang sama, string sejenis seharusnya hasilnya mirip.
5. Tindakan: periksa string 2 secara bertahap: lihat naungan atau kotoran, ukur Voc, periksa dengan kamera termal.

Jawaban: **string 1 wajar (97,8 %), string 2 patut diselidiki (83,7 %)**. Kesimpulan ini sah karena iradiasi diukur sejajar modul, stabil, dan diambil bersamaan dengan arus.

Ringkasan bagian ini. Sebelum mengukur: pilih alat berperingkat sesuai tegangan dan kategori, periksa alat, isolasi AC lalu DC, lepas beban. Multimeter: tegangan paralel (jack V Ω), arus seri (jack A, rangkaian dibuka), rentang di atas perkiraan, kembalikan probe ke jack V Ω setelah mengukur arus, jangan memutar sakelar saat probe tersambung. Tang ampere: pilih A DC untuk arus searah, nolkan, jepit satu kabel di tengah rahang, di bawah batas ukur. Penguji isolasi: lepas beban, tegangan uji sesuai sistem, bandingkan dengan minimal. Penguji pembumian: lepas elektroda dari sistem, tusuk bantu sejajar. Baca setelah stabil, pada kondisi sah, lalu catat dan bandingkan dengan harapan.

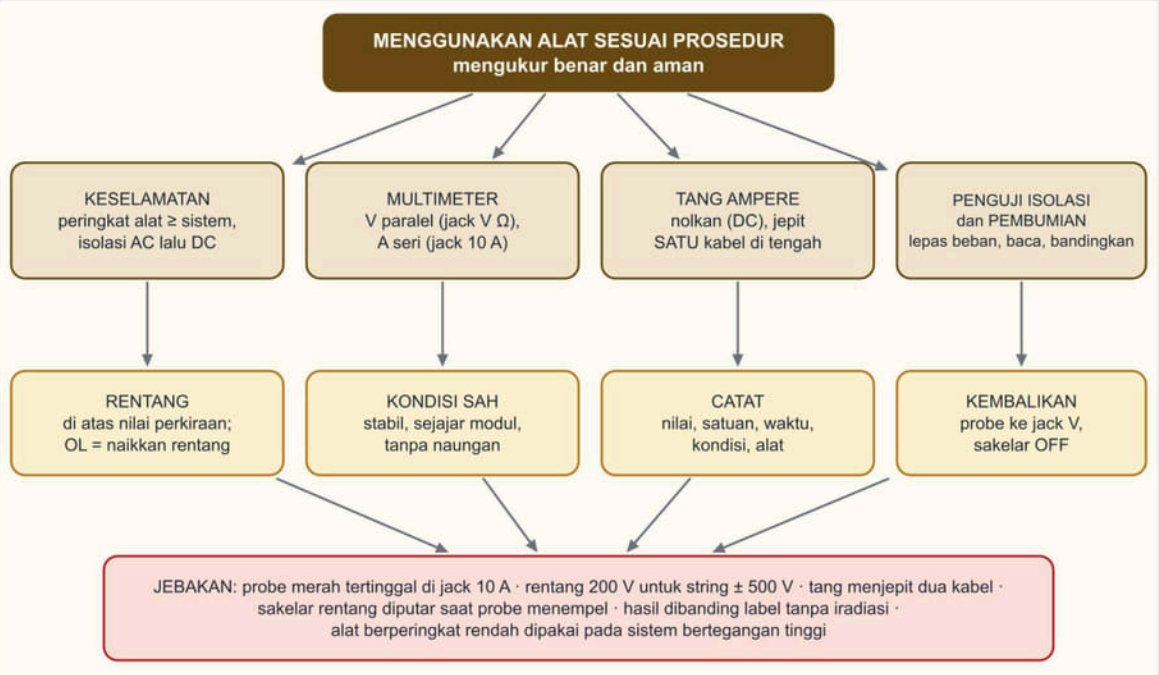
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

❖ PETA KONSEP

Yang harus kamu ingat:

- **Peringkat dan kategori alat** (CAT) harus memadai untuk tegangan dan titik ukur; PLTS: sanggup menahan Voc terdingin; komponen berperingkat terendah menentukan.
- **Urutan keselamatan:** periksa alat, isolasi AC lalu DC, lepas beban, modul tetap bertegangan selama ada cahaya.
- **Multimeter:** tegangan paralel (jack V Ω), arus seri (jack A, rangkaian dibuka); jack arus berhambatan kecil, sehingga probe tertinggal di sana lalu ditempel ke sumber menyebabkan hubung singkat.
- **Rentang:** terdekat di atas perkiraan; OL = naikkan rentang; jangan memutar sakelar saat probe menempel.
- **Tang ampere:** A DC untuk arus searah, nolkan, satu kabel saja di tengah rahang; dua kabel plus-minus terbaca ± 0 A.
- **Penguji isolasi dan pembumian:** lepas beban atau elektroda, pilih tegangan uji, bandingkan dengan syarat.
- **Kondisi sah dan catatan:** stabil, sejajar modul, tanpa naungan; catat nilai, satuan, waktu, kondisi; bandingkan dengan harapan.

Gambar 5.19 merangkum hubungan antarkonsep itu.



Gambar 5.19 Peta konsep penggunaan alat ukur dan alat uji sesuai prosedur kerja: keselamatan, multimeter, tang ampere, penguji isolasi dan pembumian, rentang, kondisi sah, pencatatan, dan jebakan khasnya. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal prosedur alat ukur:

1. **Tentukan besaran yang diukur**, lalu periksa tiga hal berurutan: fungsi sakelar, jack tempat probe merah, dan rentang.
2. **Bayangkan keadaan sebelumnya** (alat baru dipakai untuk arus? probe masih di jack 10 A?). Banyak soal menyelipkan jebakan pada langkah sebelumnya.
3. **Hitung perkiraan nilainya** (mis. Voc string) sebelum menilai rentang.
4. **Pada soal tang ampere**, cek: fungsi A DC, nol, satu kabel, tengah rahang, rentang.
5. **Pada soal sensor iradiasi**, cek: sejajar bidang modul, tidak ternaungi, stabil, dicatat bersamaan.

Jebakan khas pada soal ini:

- **Probe merah tertinggal di jack 10 A** saat mengukur tegangan, atau sakelar diputar ke V tanpa memindah probe.
- **Rentang terlalu kecil** karena menghitung satu modul, bukan seluruh string.
- **Tang menjepit dua kabel** plus dan minus, atau tidak dinolkan.
- **Sakelar rentang diputar saat probe menempel** pada tegangan tinggi.
- **Alat berperingkat rendah** dipakai pada sistem bertegangan tinggi.
- **Hasil dibanding label** tanpa memperhitungkan iradiasi, atau sensor ditaruh mendatar atau ternaungi.

● BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut meminta cara meletakkan sensor solar power meter agar produksi string dapat dibandingkan dengan cahaya yang diterima modul miring. Bedahlah dengan bagian 5: syarat kondisi yang sah, yaitu sejajar bidang modul, tidak ternaungi, dan dibaca setelah stabil. Perhatikan opsi yang memenuhi sebagian syarat saja.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

►. Siswa PKL, Rara (2027), ingin membandingkan produksi string PLTS di atap sekolah dengan radiasi matahari yang diterima modul. Modul dipasang miring 15° menghadap utara. Ia memakai solar power meter genggam. Temannya mengusulkan berbagai cara meletakkan sensor; pembimbing meminta Rara memilih cara yang menghasilkan data paling sesuai dengan radiasi yang diterima modul.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Cara yang paling tepat adalah ....

A. Sensor diletakkan mendatar di lantai di bawah deretan modul agar terlindung panas
B. Sensor dipegang tegak lurus ke arah matahari agar terbaca nilai paling besar
C. Sensor diletakkan sejajar bidang modul tanpa naungan, lalu dibaca setelah angka stabil
D. Sensor diletakkan sejajar bidang modul di bawah naungan agar angkanya tidak berubah-ubah
E. Sensor diletakkan mendatar di atap lalu hasilnya dikalikan efisiensi modul

Pembahasan **Kunci: C**

Konsep: Solar power meter mengukur radiasi pada bidang sensor. Untuk membandingkan dengan produksi modul, sensor diletakkan sejajar bidang modul (kemiringan dan arah sama), tidak ternaungi, dan dibaca setelah stabil.

Langkah:
1. Modul menerima radiasi pada bidang miring 15° menghadap utara.
2. Sensor harus pada bidang yang sama dan tidak ternaungi.
3. Baca setelah angka stabil.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Di bawah modul sensor ternaungi dan bidangnya berbeda.
• **B.** ✗ Jebakan: nilai terbesar bukan nilai yang diterima modul, karena modul tidak selalu tegak lurus matahari.
• **C.** ✓ Bidang sama dengan modul, tidak ternaungi, dan dibaca setelah stabil.
• **D.** ✗ Jebakan: bidang sudah benar, tetapi naungan membuat radiasi terbaca jauh lebih kecil dari yang diterima modul.
• **E.** ✗ Efisiensi modul tidak berhubungan dengan pengukuran radiasi; bidang mendatar juga berbeda dari bidang modul.

Jawaban: C.

✎ LATIHAN

Kerjakan tanpa melihat kunci. Untuk setiap soal, periksa berurutan: fungsi sakelar, jack, rentang, cara menyambung, lalu kondisi pengukuran.

1. Siswa PKL, Fajar, akan mengukur arus pengisian baterai 48 V pada PLTS hibrida di kantor desa (2027) dengan tang ampere DC berbatas ukur 400 A. Perkiraan arus sekitar 60 A. Ia menyiapkan langkah: memilih posisi A DC dan menekan tombol nol (zero) sebelum menjepit kabel; menjepit kabel positif dan negatif bersamaan agar arus keduanya terbaca;

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

serta memastikan rahang tang tertutup rapat dan kabel berada di tengah rahang.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Penunjukan perlu dinolkan sebelum menjepit kabel agar sisa medan magnet tidak menambah hasil ukur.	○	○
Menjepit kabel positif dan negatif bersamaan memberi hasil arus pengisian yang benar.	○	○
Rahang yang tertutup rapat dengan kabel di tengah rahang membantu hasil ukur lebih teliti.	○	○

2. Rudi baru saja mengukur arus beban lampu DC 3 A memakai multimeter dengan probe merah di jack 10 A (2027). Berikutnya ia diminta mengukur tegangan bank baterai 48 V pada PLTS yang sama. Multimeter memiliki rentang tegangan DC 20 V, 200 V, dan 600 V. Temannya menyarankan langsung menempelkan probe ke terminal baterai agar cepat.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Langkah yang paling tepat sebelum menempelkan probe ke terminal baterai adalah ....

A. Memutar sakelar ke V DC 200 V tanpa memindah probe merah dari jack 10 A
B. Memindah probe merah ke jack V dan memutar sakelar ke V DC 20 V
C. Memindah probe merah ke jack V dan memutar sakelar ke V DC 200 V
D. Memindah probe merah ke jack V dan memutar sakelar ke V AC 600 V
E. Membiarkan probe di jack 10 A dan sakelar pada posisi arus DC

Kunci singkat: 1. 1B 2S 3B 2. C

✔ PERIKSA DIRI

- Siswa baru selesai mengukur arus lampu DC dengan probe merah di jack 10 A, lalu langsung menempelkan probe ke terminal bank baterai untuk mengukur tegangan. Apa yang terjadi, dan langkah apa yang terlewat?
- Mengapa tang ampere yang menjepit kabel plus dan minus sekaligus menampilkan angka mendekati nol padahal arus mengalir?
- **Yang harus kuingat:** perkirakan nilai → pilih alat berperingkat → periksa alat → atur fungsi, jack, rentang → sambung dengan aman → baca setelah stabil → catat → lepas dan kembalikan probe ke jack V Ω.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 5.4: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktet&node=SMKTET-5.4

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Kuis Akhir Bab 5

SMKTET-KB5

Jumlah soal: 25 **Waktu anjuran:** 60 menit

Kerjakan sendiri dan berwaktu. Setelah selesai, cocokkan dengan kunci di Bagian D, isi tabel skor, lalu lihat anjuran di bawahnya.

Kerjakan Kuis Bab 5 di LMS

Skor dan progresmu tersimpan di LMS.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktet&node=SMKTET-KB5

1. Tim pemeliharaan sebuah SMK (2027) memeriksa PLTS atap puskesmas yang terdiri atas 48 modul. Nabila diminta menemukan sel atau sambungan yang memanas tanpa menyentuh bagian bertegangan, dan pekerjaan harus selesai dalam satu jam saat cuaca cerah. Ia menginginkan hasil berupa gambar yang langsung menunjukkan letak bagian panas.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Alat yang paling tepat adalah ....

A. Kamera termal, karena menghasilkan gambar sebaran suhu seluruh modul sekaligus
B. Termometer inframerah, karena sekali bidik dapat memeriksa seluruh modul sekaligus
C. Multimeter, karena tegangan modul yang turun menunjukkan letak sel yang panas
D. Tang ampere DC, karena arus string yang kecil menunjukkan letak sel yang panas
E. Solar power meter, karena nilai iradiasi menunjukkan letak sel yang panas

2. Tiara memotret 36 modul PLTS atap puskesmas dengan kamera termal pukul 07.20 (2027). Iradiasi pada bidang modul 190 W/m² dan angin 6 m/s. Gambar menunjukkan semua sel bersuhu hampir sama, sehingga Tiara menyimpulkan tidak ada titik panas dan seluruh modul sehat. Pedoman inspeksi perusahaan: iradiasi bidang modul minimal sekitar 600 W/m², angin lemah, langit hampir cerah.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tanggapan yang paling tepat adalah ....

A. Kesimpulan benar, karena gambar menunjukkan suhu seragam di semua modul
B. Kesimpulan benar, karena modul pagi hari belum memiliki sel yang cacat
C. Kesimpulan belum sah, karena iradiasi terlalu rendah dan angin terlalu kencang
D. Kesimpulan belum sah, karena kamera termal hanya dapat dipakai pada malam hari
E. Kesimpulan belum sah, karena inspeksi termal harus dilakukan saat inverter mati

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

3. Wira, siswa PKL, memeriksa satu modul surya berlabel arus hubung singkat (Isc) 8,5 A pada 1.000 W/m² di sebuah bengkel PLTS (2027). Pukul 08.15, solar power meter yang diletakkan sejajar permukaan modul menunjukkan 400 W/m². Wira perlu mengetahui nilai Isc yang diharapkan pada kondisi itu.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Isc yang diharapkan adalah ....

A. 8,5 A
B. 3,4 A
C. 5,1 A
D. 21,3 A
E. 0,34 A

4. Rani, teknisi PLTS atap kandang ayam (2027), menemukan dua hal: rangka logam modul terasa menyengat tipis saat basah, dan pengendali pengisian sesekali mati sendiri padahal kabel DC tampak utuh. Ia menimbang cara pemeriksaan yang akan dipakai.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pernyataan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Multimeter pada fungsi ohm cukup untuk memastikan isolasi kabel DC tidak bocor pada tegangan kerja.
☐ B. Tahanan elektroda pembumian terhadap tanah diperiksa dengan penguji pembumian setelah elektroda dilepas dari sistem.
☐ C. Penguji isolasi boleh langsung disambung ke kabel yang masih terhubung pengendali supaya kondisi sistem tetap utuh.
☐ D. Tahanan isolasi kabel DC diuji dengan penguji isolasi setelah kabel dilepas dari pengendali dan tidak bertegangan.
☐ E. Tang ampere AC/DC yang menjepit kabel pembumian dapat memastikan tahanan pembumian sudah baik.

5. Kelompok ternak di Desa Pasir Emas (2027) mencatat selisih tinggi air manometer pipa U pada digesternya. Isian dan suhu sama seperti hari-hari sebelumnya.

Pukul	Keadaan	Selisih tinggi air (cm)
17.30	selesai memasak, semua kompor ditutup	14
22.00	semua kompor tertutup	36
04.30	semua kompor tertutup	41
06.40	selesai memasak 50 menit dengan dua kompor	17

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Kesimpulan yang paling tepat adalah ....

A. Tidak bocor, karena tekanan naik saat kompor tertutup dan turun setelah memasak
B. Ada kebocoran, karena tekanan turun dari 41 cm menjadi 17 cm pada pagi hari
C. Manometer rusak, karena tekanan naik tanpa ada gas tambahan dari luar digester
D. Produksi gas berhenti, karena tekanan hanya naik sedikit sepanjang malam hari
E. Digester terlalu penuh, karena tekanan malam hari terus meningkat walau tidak ada pemakaian

6. Kelompok teknisi muda (2027) menerima empat kabel string PLTS gudang kopra. Setiap kabel sudah dilepas dari inverter dan diuji dengan multimeter pada fungsi ohm (antara penghantar dan rangka; OL berarti hambatan melebihi batas baca alat) serta dengan penguji isolasi 500 V DC. Syarat serah terima: tahanan isolasi minimal 1 MΩ.

Kabel	Multimeter (ohm)	Penguji isolasi 500 V DC
K1	OL	85 MΩ
K2	OL	0,7 MΩ
K3	OL	12 MΩ
K4	OL	1,4 MΩ

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Kesimpulan yang tepat adalah ....

A. Keempat kabel layak, karena multimeter menunjukkan OL pada semua kabel
B. Kabel K2 dan K4 tidak layak, karena nilainya jauh lebih kecil daripada K1
C. Hanya K1 yang layak, karena hanya nilai K1 yang jauh di atas batas 1 MΩ
D. Kabel K2 layak, karena nilai 0,7 MΩ berarti isolasinya masih menahan arus
E. Hanya K2 yang tidak layak, karena di bawah 1 MΩ walau multimeter OL

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

7. Daya PLTMH piko sebuah kelompok tani (2027) turun. Dibandingkan bulan lalu: debit turun dari 28 menjadi 19 L/s; tekanan manometer saat katup terbuka naik sedikit dari 3,6 menjadi 3,7 bar; putaran poros turun dari 1.480 menjadi 1.150 rpm; dan frekuensi turun dari 49,3 menjadi 38,3 Hz. Siswa PKL diminta menafsirkan hasil itu.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pernyataan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Penurunan daya lebih mungkin bersumber dari debit daripada dari tinggi jatuh.
☐ B. Pipa pesat dipastikan bocor besar karena tekanan di ujung bawah pipa tidak turun.
☐ C. Generator perlu diganti lebih dulu karena putaran dan frekuensinya sudah turun.
☐ D. Frekuensi yang turun sejalan dengan putaran poros yang turun.
☐ E. Saringan dan saluran pembawa layak diperiksa lebih dulu untuk mencari penyebab debit turun.

8. Kelompok pemuda Desa Bukit Cemara (2027) ingin tahu debit air buangan kolam budidaya yang keluar dari satu pipa. Seluruh aliran dapat ditampung dalam ember bertakar 18 liter. Tiga kali pengisian ember sampai garis takar memakan waktu 4,2 detik; 4,5 detik; dan 4,8 detik.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Debit air buangan tersebut adalah ....

A. Sekitar 81 L/s
B. Sekitar 4,0 L/s
C. Sekitar 0,25 L/s
D. Sekitar 4,3 L/s
E. Sekitar 0,004 L/s

9. Reza, siswa PKL, mengisi lembar serah terima PLTS atap SD di Pulau Karang Sari (2027). Alat-alat menunjukkan: iradiasi 0,85 kW/m² (solar power meter), tahanan isolasi 2,4 MΩ (penguji isolasi), dan arus 350 mA (tang ampere). Ia harus menyeragamkan satuan sebelum mencatat.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Iradiasi 0,85 kW/m² sama dengan 85 W/m².	○	○
Tahanan isolasi 2,4 MΩ sama dengan 2.400.000 Ω.	○	○
Arus 350 mA sama dengan 0,35 A.	○	○

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

10. Modul surya baru berlabel Isc 9,6 A pada 1.000 W/m² diuji siswa PKL selama sehari di atap sekolah (2027). Solar power meter diletakkan sejajar permukaan modul dan tidak ternaungi. Hasil pengukuran:

Pukul	Iradiasi (W/m²)	Isc terukur (A)
08.30	250	2,4
10.30	600	5,7
12.30	900	7,1
14.30	700	6,6

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Kesimpulan yang tepat adalah ....

A. Semua pengukuran wajar karena Isc naik dan turun mengikuti iradiasi sepanjang hari
B. Pengukuran 08.30 menyimpang karena Isc 2,4 A jauh di bawah label 9,6 A
C. Pengukuran 14.30 menyimpang karena Isc 6,6 A lebih kecil daripada 7,1 A
D. Pengukuran 12.30 menyimpang: Isc harapan 8,6 A, terukur hanya 7,1 A
E. Pengukuran 12.30 wajar karena Isc 7,1 A adalah yang tertinggi sepanjang hari

11. Kelompok nelayan (2027) akan memasang turbin angin dengan poros setinggi 18 m di lapangan dekat tambak garam. Di tepi lapangan ada bangunan pengering setinggi 8 m. Pedoman survei: anemometer dipasang setinggi poros, berjarak sekurang-kurangnya 10 kali tinggi penghalang, dan direkam dengan data logger selama berbulan-bulan. Lima calon titik pasang:

Titik	Tinggi anemometer	Jarak dari bangunan	Lama rekam
P	18 m	60 m	6 bulan
Q	10 m	95 m	6 bulan
R	18 m	90 m	6 bulan
S	18 m	85 m	2 minggu
T	18 m	70 m	12 bulan

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Titik yang memenuhi seluruh pedoman adalah ....

A. Titik P
B. Titik Q
C. Titik R
D. Titik S
E. Titik T

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

12. Saluran irigasi di Desa Sinar Pagi (2027) lebarnya 2,4 m dengan kedalaman sekitar 0,4 m dan alirannya deras. Wawan, siswa PKL, ingin mengukur debitnya untuk calon PLTMH. Tersedia ember 20 liter, stopwatch, meteran, dan bola pelampung.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Metode pengukuran debit yang tepat adalah ....

A. Metode ember, karena ember dan stopwatch cukup untuk aliran sebesar apa pun
B. Metode ember, karena seluruh air saluran dapat dialirkan ke dalam ember
C. Metode pelampung, karena hanya waktu tempuh yang perlu diukur dengan stopwatch
D. Metode pelampung, karena kecepatan pelampung dalam m/s sudah sama dengan debit
E. Metode pelampung, karena debit dihitung dari kecepatan dan luas penampang

13. Pabrik tahu kecil di Desa Kali Bening (2027) memiliki digester biogas dan PLTS atap. Lutfi, siswa PKL, mencatat pasangan kegiatan pengukuran dan alat yang akan ia pakai selama seminggu.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pasangan kegiatan dan alat yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Keasaman cairan isian digester dari lubang pemeriksaan — pH meter.
☐ B. Kadar air ampas tahu untuk bahan bakar tungku — hidrometer baterai.
☐ C. Energi listrik hasil PLTS selama sebulan — kWh meter pada keluaran inverter.
☐ D. Kecepatan angin di halaman pabrik — penunjuk arah angin (wind vane).
☐ E. Produksi PLTS tiap menit selama berhari-hari tanpa ditunggui — data logger.

14. Siswa SMK memasang manometer di ujung bawah pipa pesat PLTMH sebuah dusun (2027). Saat katup ditutup dan air diam, manometer menunjukkan 5,1 bar. Setelah katup dibuka penuh dan turbin berputar, manometer menunjukkan 4,6 bar. Gunakan massa jenis air 1.000 kg/m^3 dan percepatan gravitasi 9,81 m/s^2. Tinggi jatuh itu akan dipakai untuk menghitung daya turbin.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tinggi jatuh yang tepat dipakai adalah ....

A. 46,9 m
B. 52,0 m
C. 5,1 m
D. 4,6 m
E. 49,4 m

15. Siswa SMK mengukur debit saluran irigasi calon lokasi PLTMH di Desa Bukit Cemara (2027) dengan metode pelampung. Hasil pengukuran ada pada gambar. Luas penampang basah

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

dihitung dari kedalaman rata-rata kelima titik dikali lebar permukaan air. Faktor koreksi kecepatan yang dipakai 0,85.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Debit saluran tersebut adalah ....

Pengukuran debit saluran irigasi dengan metode pelampung



Kedalaman diukur di lima titik berjarak sama.



Hanyutan	Waktu garis awal ke garis akhir
1	17,6 s
2	18,4 s
3	18,0 s

A. $0{,}701\ m^3/s$
B. $0{,}540\ m^3/s$
C. $0{,}833\ m^3/s$
D. $0{,}459\ m^3/s$
E. $0{,}661\ m^3/s$

16. Pembangkit mikrohidro piko di Desa Air Terang (2027) menyalakan lampu sekitar 40 rumah. Lampu sering berkedip setiap kali beban naik. Sekar, teknisi muda, menduga putaran poros turbin naik-turun. Poros berputar cepat dan berbahaya bila disentuh, sedangkan putarannya perlu dibaca dalam rpm.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Alat yang paling tepat dipakai Sekar adalah ....

A. Frekuensi meter, karena frekuensi listrik berubah mengikuti putaran poros
B. Manometer, karena tekanan air pada pipa pesat menentukan putaran poros
C. Tachometer optik, karena dapat membaca putaran poros dari jarak aman
D. Termometer inframerah, karena poros yang berputar cepat menjadi panas
E. Multimeter, karena tegangan generator naik dan turun bersama putaran

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

17. Teknisi akan mengukur Voc satu string 15 modul seri pada PLTS atap pabrik kerupuk (2027) pada pagi hari saat suhu modul sekitar 10 °C. Voc satu modul pada kondisi uji standar (25 °C) 38,5 V dengan koefisien suhu Voc −0,30 % per °C. Tersedia dua multimeter berkategori CAT III: alat X berbatas masukan 600 V DC (rentang 200 V dan 600 V), alat Y berbatas 1.000 V DC (rentang 200 V, 600 V, dan 1.000 V). String sudah dilepas dari inverter. *(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Alat dan rentang yang tepat adalah ....

A. Alat X rentang 600 V, karena Voc kondisi uji standar 577,5 V di bawah 600 V
B. Alat Y rentang 200 V, karena satu modul hanya 38,5 V sehingga cukup
C. Alat Y rentang 600 V, karena rentang terdekat di atas 577,5 V adalah 600 V
D. Alat Y rentang 1.000 V, karena Voc pagi dingin sekitar 603 V melebihi 600 V
E. Alat X rentang 200 V, karena rentang kecil lebih teliti untuk tegangan string

18. Produksi gas digester pabrik tahu di Desa Rawa Indah (2027) turun sejak dua minggu. Siswa PKL mengambil contoh cairan dari bak keluaran: pH 5,8. Termometer celup yang dimasukkan lewat lubang pemeriksaan menunjukkan 26 °C. Semalam, dengan semua kompor tertutup, selisih tinggi air manometer pipa U 12 cm pukul 21.00 dan 13 cm pukul 05.00. Panduan digester: pH isian sekitar 6,5–7,5 dan suhu sekitar 30–40 °C. *(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pernyataan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Suhu cairan isian cukup dibaca dengan termometer inframerah yang diarahkan ke dinding digester.
☐ B. Keasaman isian berada di bawah kisaran sehingga bakteri penghasil metana terhambat.
☐ C. Tekanan yang tidak turun saat kompor tertutup menunjukkan kebocoran bukan penyebab utama.
☐ D. Kebocoran harus dicari lebih dulu dengan air sabun karena produksi gas turun.
☐ E. Pengisian bahan segar dikurangi sambil memantau pH setiap hari.

19. Siswa PKL membandingkan arus satu string PLTS atap bengkel (2027) dengan nilai harapan menurut iradiasi. Catatan tiga percobaan:

Percobaan	Arus string dibaca	Iradiasi dibaca	Letak sensor iradiasi	Langit
1	10.00	10.00	sejajar modul, tidak ternaungi	cerah, stabil
2	10.30	10.45	sejajar modul, tidak ternaungi	awan berarak
3	11.00	11.00	mendatar di atap	cerah, stabil

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pernyataan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Percobaan 2 dapat dipakai karena sensor sudah sejajar modul.
☐ B. Percobaan 1 memenuhi syarat untuk dibandingkan dengan nilai harapan.
☐ C. Percobaan 3 dapat dipakai karena arus dan iradiasi dibaca bersamaan.
☐ D. Percobaan 2 perlu diulang saat langit stabil dengan arus dan iradiasi dibaca bersamaan.
☐ E. Percobaan 3 perlu diulang dengan sensor sejajar bidang modul.

20. Ulfa memeriksa aki 12 V sel basah (enam sel) pada PLTS pos ronda (2027) dengan hidrometer. Aki sudah diisi penuh semalam. Berat jenis tiap sel: sel 1 = 1,27; sel 2 = 1,28; sel 3 = 1,27; sel 4 = 1,12; sel 5 = 1,28; sel 6 = 1,27. Aki yang terisi penuh memiliki berat jenis sekitar 1,265–1,280.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Sel 4 dapat dianggap normal karena lima sel lainnya sudah menunjukkan berat jenis penuh.	○	○
Sel 4 tergolong lemah karena berat jenisnya jauh di bawah sel-sel lain.	○	○
Bila sel 4 ditambah air suling, hasil ukur ulang sesudahnya dapat langsung dipercaya.	○	○

21. Taufik, siswa PKL, akan mengukur arus beban pompa DC 12 V di PLTS kebun (2027) dengan multimeter yang jack arusnya berbatas 10 A. Arus pompa diperkirakan sekitar 6 A. Ia menulis rencana langkah dan meminta guru memeriksanya.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pernyataan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Probe merah dipasang di jack V Ω karena rangkaian hanya dialiri arus beban.
☐ B. Sakelar boleh diputar dari A DC ke V DC sambil probe masih menempel agar cepat.
☐ C. Rangkaian dibuka di satu titik lalu multimeter disisipkan seri pada jalur itu.
☐ D. Probe merah dipasang di jack 10 A karena arus 6 A masih di bawah batas jack.
☐ E. Setelah selesai, probe merah dikembalikan ke jack V Ω sebelum mengukur tegangan.

22. Edo akan menguji kabel DC string PLTS atap SD (2027) yang bertegangan sistem 420 V DC. Lembar prosedur: sistem 120–500 V diuji dengan penguji isolasi 500 V DC, sistem 500–

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1.000 V diuji dengan 1.000 V DC; tahanan isolasi minimal 1 MΩ. Edo menyusun rencana kerja untuk diperiksa pembimbing.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Kabel string dilepas dari inverter dan pengendali lebih dulu karena tegangan uji dapat merusak elektronik.	○	○
Tegangan uji 1.000 V DC dipilih untuk sistem ini karena makin tinggi tegangan uji makin baik.	○	○
Hasil 0,6 MΩ pada kutub plus berarti kabel belum layak dan titik cacatnya perlu dicari.	○	○

23. Dika, siswa PKL, akan mengukur arus pengisian baterai pada PLTS pos kesehatan desa (2027) dengan tang ampere AC/DC pada fungsi A DC. Arus diperkirakan sekitar 25 A. Sebelum menjepit kabel, rahang tertutup tanpa kabel, tetapi layar menunjukkan 0,4 A.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Langkah yang paling tepat adalah ....

A. Menjepit kabel plus dan minus sekaligus, lalu menekan tombol nol pada layar
B. Menekan tombol nol saat rahang tertutup tanpa kabel, lalu menjepit satu kabel
C. Mengganti fungsi ke A AC supaya angka 0,4 A hilang dari layar tang
D. Mengabaikan angka 0,4 A itu karena arus perkiraan 25 A jauh lebih besar darinya
E. Memilih rentang yang lebih besar supaya angka 0,4 A tidak terbaca pada layar

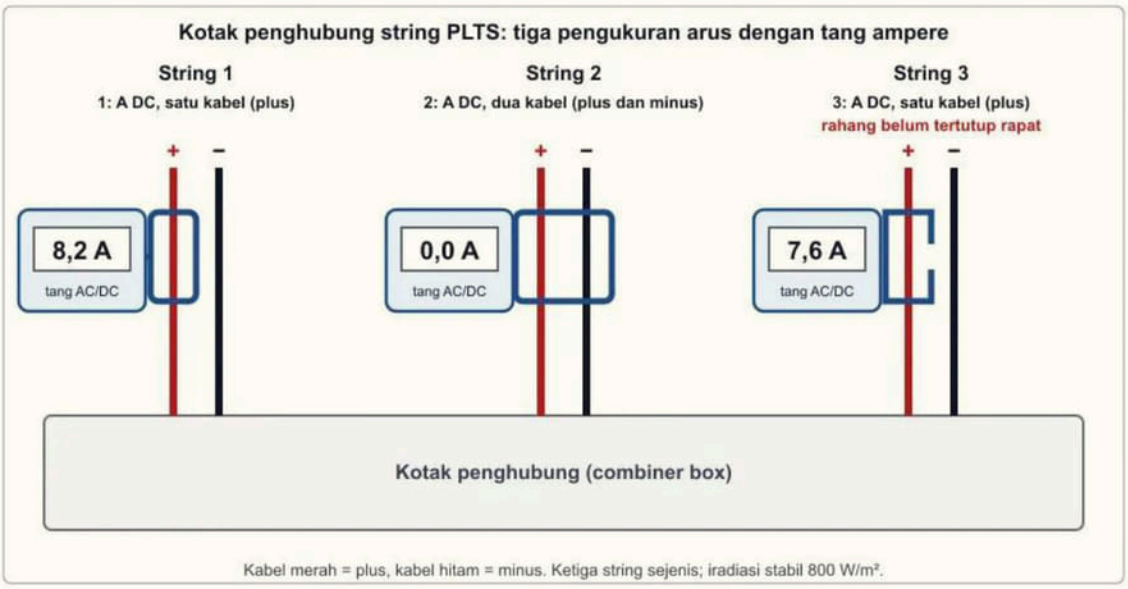
24. Sandi memeriksa serbuk gergaji untuk tungku pengering di sebuah usaha mebel (2027). Tungku mensyaratkan kadar air bahan bakar (dasar basah, yaitu massa air dibagi massa contoh awal) tidak lebih dari 15 %. Contoh serbuk 400 g dikeringkan dalam oven pada 105 °C sampai massanya tetap, dan massa akhirnya 332 g.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Kesimpulan yang tepat adalah ....

A. Kadar air 20,5 %, melebihi batas sehingga serbuk belum boleh dipakai
B. Kadar air 83 %, melebihi batas sehingga serbuk belum boleh dipakai
C. Kadar air 17 %, masih wajar sehingga serbuk boleh langsung dipakai
D. Kadar air 68 %, melebihi batas sehingga serbuk belum boleh dipakai
E. Kadar air 17 %, melebihi batas sehingga serbuk belum boleh dipakai

25. Gambar menunjukkan tiga pengukuran arus pada kotak penghubung PLTS atap bengkel sekolah (2027). Ketiga string sejenis dan menerima cahaya sama (iradiasi stabil 800 W/m^2), sehingga arus tiap string diperkirakan sekitar 8 A. Tang yang dipakai berjenis AC/DC pada fungsi A DC dan sudah dinolkan.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Pernyataan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)



Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Layar 0,0 A pada string 2 menunjukkan string itu tidak menghasilkan arus.
☐ B. Layar 8,2 A pada string 1 dapat dipercaya karena hanya satu kabel berada di rahang.
☐ C. Pengukuran string 3 sebaiknya diulang dengan rahang tertutup rapat.
☐ D. Ketiga pengukuran sah karena tang yang dipakai berjenis AC/DC.
☐ E. Pengukuran string 2 sebaiknya diulang dengan menjepit hanya satu kabel.

Tabel skor dan anjuran

Sub bab / subtopik	Nomor soal	Benar	Jika kurang separuh benar
Sub bab 5.1 · Jenis dan fungsi alat ukur dan alat uji energi terbarukan	1, 4, 6, 9, 13, 16	___ / 6	Ulangi hlm. 361
Sub bab 5.2 · Alat ukur pada pembangkit listrik tenaga hidro dan bayu	7, 8, 11, 12, 14, 15	___ / 6	Ulangi hlm. 376
Sub bab 5.3 · Alat ukur pada pembangkit listrik tenaga surya dan biomassa	2, 3, 5, 10, 18, 20, 24	___ / 7	Ulangi hlm. 389
Sub bab 5.4 · Penggunaan alat ukur dan alat uji sesuai prosedur kerja	17, 19, 21, 22, 23, 25	___ / 6	Ulangi hlm. 404

Skor 70 % atau lebih: lanjut ke bab berikutnya. Skor 50–69 %: ulangi sub bab pada tabel yang kurang dari separuh benar. Skor di bawah 50 %: baca ulang bab ini dari awal. (Angka ini anjuran belajar, bukan prediksi nilai TKA.)

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Bagian C · Simulasi TKA

Kerjakan setelah semua bab selesai. Kerjakan tiap simulasi dalam sekali duduk sesuai waktunya, tanpa membuka materi.

Daftar simulasi

Simulasi	Jumlah soal	Waktu	Kode LMS
Simulasi 1 — Prediksi TKA 2026	25 soal	60 menit	SMKTET-FIN1
Simulasi 2 — Prediksi TKA 2026	25 soal	60 menit	SMKTET-FIN2
Simulasi 3 — Prediksi TKA 2026	25 soal	60 menit	SMKTET-FIN3

Saran: beri jeda beberapa hari antarsimulasi. Setelah tiap simulasi, cocokkan jawaban di Bagian D lalu ulangi sub bab yang ditunjuk tabel anjuran sebelum mengerjakan simulasi berikutnya.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Simulasi 1 — Prediksi TKA 2026

SMKTET-FIN1

Petunjuk

Jumlah soal: 25. Waktu: 60 menit.

Kerjakan sekaligus tanpa membuka materi. Tandai jawaban pada lembar jawaban. Kunci dan pembahasan ada di Bagian D; hitung skor dan lihat tabel anjuran di akhir paket.

Kerjakan Simulasi 1 di LMS

Hasil dan analisis per sub bab tersimpan di LMS.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktet&node=SMKTET-FIN1

1. Atap rumah Bu Wati (2027) sebagian ternaungi pohon tetangga pada sore hari. Teknisi menawarkan dua pilihan: inverter string (10 modul dirangkai seri menjadi satu string, tegangan sekitar 400 V DC) atau mikroinverter (satu inverter kecil di bawah setiap modul yang langsung menghasilkan listrik AC). Bu Wati meminta penjelasan tertulis sebelum memilih.

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)

Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Dengan mikroinverter, modul yang ternaungi tidak menurunkan produksi modul lain yang terkena sinar penuh.	○	○
Dengan mikroinverter, modul yang ternaungi itu sendiri tetap menghasilkan daya penuh.	○	○
Mikroinverter mengurangi kabel DC bertegangan tinggi di atap karena DC langsung diubah menjadi AC di setiap modul.	○	○

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. Bengkel motor milik Pak Bayu (2027) memasang dua kelompok PLTS 2,5 kWp dengan tipe modul dan kemiringan yang sama, masing-masing memakai inverter 3 kW: satu di atap seng gudang (modul menempel rapat ke seng) dan satu di atap carport terbuka (modul di atas rangka setinggi 30 cm). Keduanya dibersihkan bersamaan dan tidak ternaungi. Pagi dan sore produksinya hampir sama, tetapi pukul 11.00–14.00 kelompok di atap seng 12% lebih rendah, dan permukaan belakang modulnya terasa jauh lebih panas.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Penyebab dan tindakan yang paling tepat adalah ....

A. Modul di atap seng terlalu panas; beri celah udara di bawah modul
B. Inverter atap seng membatasi daya siang hari; ganti inverter lebih besar
C. Kabel di atap seng memanas siang hari; ganti kabel yang lebih besar
D. Atap seng memantulkan cahaya; cat atap seng dengan warna gelap
E. Matahari siang tidak tegak lurus modul; ubah kemiringan modul

3. Rumah Pak Danu memakai PLTS atap on-grid 3 kWp tanpa baterai dengan kWh meter ekspor-impor (2027). Pukul 12.00, aplikasi inverter menunjukkan daya keluaran 2,8 kW, sedangkan beban rumah saat itu (kulkas, pompa air, dan lampu dapur) sekitar 1,0 kW. Anak Pak Danu, siswa SMK, diminta menjelaskan ke mana daya dari modul mengalir saat itu.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Penjelasan yang tepat adalah ....

A. Seluruh 2,8 kW dikirim ke jaringan PLN, lalu rumah membeli 1,0 kW dari PLN
B. Seluruh 2,8 kW dipakai rumah karena inverter menyesuaikan daya dengan beban
C. Sebanyak 1,8 kW disimpan di inverter untuk dipakai rumah pada malam hari
D. Sebanyak 1,0 kW dari PLN dan 1,8 kW dari modul memasok beban rumah bersama
E. Sebanyak 1,0 kW dipakai rumah dan 1,8 kW mengalir ke jaringan lewat meter

4. Dina, lulusan SMK Teknik Energi Terbarukan (2027), mahir membuat gambar CAD dan membaca diagram satu garis, teliti, dan memiliki sertifikat kompetensi gambar teknik berbasis CAD. Ia juga pernah PKL di bagian gudang pabrik modul surya. Namun, dokter menyatakan Dina memiliki gangguan keseimbangan sehingga tidak boleh bekerja di ketinggian. Ia menerima beberapa tawaran kerja dan meminta saran guru BK.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Profesi yang paling sesuai bagi Dina adalah ....

A. Teknisi pemasangan PLTS atap gedung bertingkat
B. Operator panel kontrol di rumah pembangkit PLTMH
C. Juru gambar perencanaan PLTS di kantor konsultan
D. Petugas pengujian mutu modul di laboratorium pabrik
E. Teknisi pembersihan modul surya di atap pabrik

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

5. Selama musim hujan 2027, air sungai yang masuk ke PLTMH Desa Kali Putih sangat keruh. Operator menemukan endapan pasir setinggi lutut di bak pengendap, dan saat perawatan terlihat ujung sudu turbin mulai aus. Sesekali terjadi banjir sehingga air di saluran pembawa hampir meluap. Operator menyusun langkah penanganan bersama siswa PKL. *(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pernyataan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Pintu penguras bak pengendap dibuka berkala untuk membuang endapan pasir.
☐ B. Pasir yang lolos ke pipa pesat mengikis sudu turbin sehingga sudu aus.
☐ C. Air keruh tidak merusak turbin selama bak penenang tetap penuh.
☐ D. Pintu air intake dibuka penuh saat banjir agar endapan di bak pengendap ikut terbawa keluar.
☐ E. Saat banjir, bukaan pintu air intake dikecilkan agar air di saluran pembawa tidak meluap.

6. PLTS off-grid di kebun sayur Pak Gani (2027) memakai inverter 1.000 W (kemampuan daya puncak sesaat 1.200 W) dan baterai 24 V yang terisi penuh. Lampu dan radio (total 150 W) menyala normal. Setiap kali pompa air bermotor 500 W dinyalakan pada siang hari, inverter langsung mati dan layar menampilkan "overload", padahal 500 W + 150 W masih di bawah 1.000 W. Data pompa menyebut arus start sekitar tiga kali arus kerja. *(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Penjelasan dan tindakan yang paling tepat adalah ....

A. Baterai terlalu kecil; tambah satu baterai agar tegangannya tidak turun
B. Lonjakan start melebihi daya puncak inverter; ganti inverter lebih kuat
C. Modul kurang menghasilkan daya; tambah modul agar pompa dapat menyala
D. Kabel pompa terlalu panjang; pindahkan pompa lebih dekat ke inverter
E. Lampu dan radio membebani inverter; matikan keduanya saat pompa menyala

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

7. Dinas pendidikan provinsi (2027) mengadakan lomba usulan energi terbarukan untuk empat lokasi: pulau kecil dengan angin laut kencang dan stabil sepanjang tahun; desa pegunungan dengan sungai berarus deras dan banyak terjunan; sentra penggilingan padi yang menghasilkan sekam berton-ton; dan kawasan kota padat dengan banyak atap gedung datar. Tim SMK menyusun usulan aktivitas produksi berikut.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Usulan yang sesuai dengan kondisi lokasinya adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. PLTB skala kecil untuk dermaga dan permukiman pulau.
☐ B. PLTMH dari terjunan sungai untuk desa pegunungan.
☐ C. PLTB skala kecil di pulau dipasang di belakang deretan gudang dermaga agar terlindung dari badai.
☐ D. Pembangkit listrik berbahan bakar sekam di sentra penggilingan padi.
☐ E. PLTS atap di gedung-gedung berbubung datar di kota padat.

8. Setelah perawatan selesai, operator PLTMH Desa Pancur (2027) akan menghidupkan kembali pembangkit. Petugas sudah memastikan tidak ada orang di saluran pembuang. Langkah yang disiapkan:
P = membuka katup pipa pesat perlahan sampai putaran generator normal;
Q = memeriksa tegangan dan frekuensi di panel kontrol;
R = memastikan bak penenang penuh dan saringan bersih;
S = menyambungkan beban jaringan warga secara bertahap.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Urutan yang aman adalah ....

A. R – P – Q – S
B. R – P – S – Q
C. P – R – Q – S
D. R – Q – P – S
E. P – Q – R – S

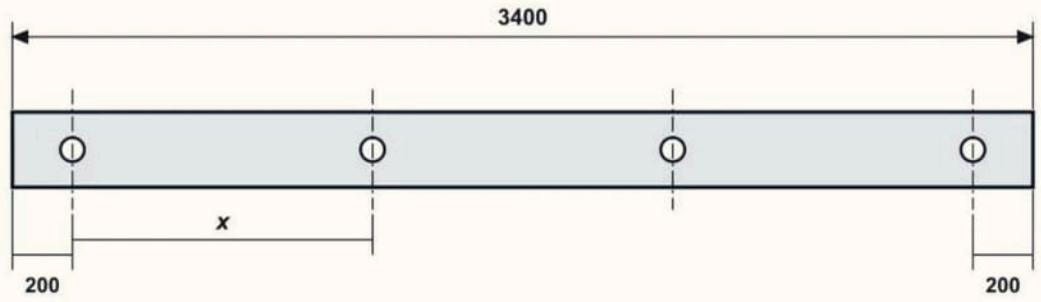
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

9. Laras menyiapkan gambar denah PLTS atap gedung serbaguna dengan skala 1:50; denah itu membutuhkan bidang 380 mm × 260 mm (2027). Kertas A3 berukuran 420 mm × 297 mm. Aturan bengkel: garis tepi 20 mm di sisi kiri (untuk dijilid) dan 10 mm di sisi lain. Karena printer kantor hanya mencetak A4, rekannya mengusulkan gambar diperkecil sehingga panjang dan lebarnya menjadi setengah, lalu dicetak di A4 dengan tulisan skala yang sama.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Denah muat pada kertas A3 mendatar karena bidang gambarnya 390 mm × 277 mm.	○	○
Bila diperkecil setengah dan dicetak di A4, tulisan skala tetap 1:50.	○	○
Setelah diperkecil, denah membutuhkan bidang 190 mm × 130 mm.	○	○

10. Bengkel las SMK menerima gambar kerja rel dudukan modul seperti pada gambar (2027). Sebelum mengebor, Andika harus menandai posisi lubang. Ukuran jarak antarlubang (x) tidak ditulis angkanya, tetapi gambar menyebutkan bahwa keempat lubang berjarak sama.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Nilai x yang tepat adalah ....



Rel dudukan modul — 4 lubang Ø10 berjarak sama (x)
Satuan: mm

A. 750 mm
B. 800 mm
C. 850 mm
D. 1.000 mm
E. 1.133 mm

11. Raka menggambar tampak samping rangka dudukan modul secara manual (2027). Sesuai hasil survei, kemiringan modul harus digambar 12° terhadap garis atap. Pembimbing meminta sudut digambar tepat tanpa menghitung, dan menilai ketepatan sudut dengan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

memeriksanya kembali.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Alat yang paling tepat untuk menggambar sudut 12° adalah ....

A. Penggaris segitiga 30°/60°
B. Gabungan dua penggaris segitiga
C. Jangka untuk membagi dua sudut 30°
D. Penggaris segitiga 45° digeser sedikit
E. Busur derajat

12. Saat angin badai 2027 bertiup sekitar 25 m/s di sebuah pulau, Pak Hasan melihat ekor turbin angin 1 kW miliknya terlipat sehingga rotor berputar menyamping dari arah angin, dan produksi listrik turun tajam. Setelah badai reda, ekor kembali lurus dan turbin berproduksi seperti biasa. Brosur turbin menyebut kecepatan angin batas (cut-out) 20 m/s. Pak Hasan bertanya apakah turbinnya rusak.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Penjelasan yang tepat adalah ....

A. Rusak, karena ekor yang terlipat menandakan engsel ekor patah
B. Rusak, karena produksi seharusnya naik ketika angin bertambah kencang
C. Rusak, karena rotor yang menyamping menandakan bantalan yaw macet
D. Normal, karena rotor dipalingkan agar terlindung dari angin badai
E. Normal, karena generator mengurangi putaran saat baterai mulai penuh

13. Pabrik penggergajian kayu di Kalimantan (2027) membangun PLTBm sistem uap 100 kW berbahan bakar serbuk gergaji. Komponennya: tungku dan boiler, turbin uap, generator, kondensor, dan pompa air umpan. Operator baru menyusun ringkasan cara kerja dan hal-hal yang perlu dijaga, lalu supervisor memeriksanya.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Ringkasan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Kadar air serbuk gergaji tidak berpengaruh karena airnya ikut menjadi uap yang memutar turbin.
☐ B. Panas pembakaran serbuk gergaji mengubah air di boiler menjadi uap bertekanan.
☐ C. Uap bertekanan memutar turbin uap yang porosnya memutar generator.
☐ D. Air umpan boleh diambil langsung dari sumur karena mineralnya ikut menguap bersama uap.
☐ E. Kondensor mengembunkan uap bekas agar airnya dapat dipompa kembali ke boiler.

14. Tim teknisi Rizal (2027) dijadwalkan menyelesaikan PLTS atap sebuah klinik hari itu. Sore hari diketahui konektor DC yang tersisa kurang empat pasang; yang ada di mobil hanya konektor merek lain yang bentuknya mirip. Toko terdekat buka besok pagi. Pemilik klinik

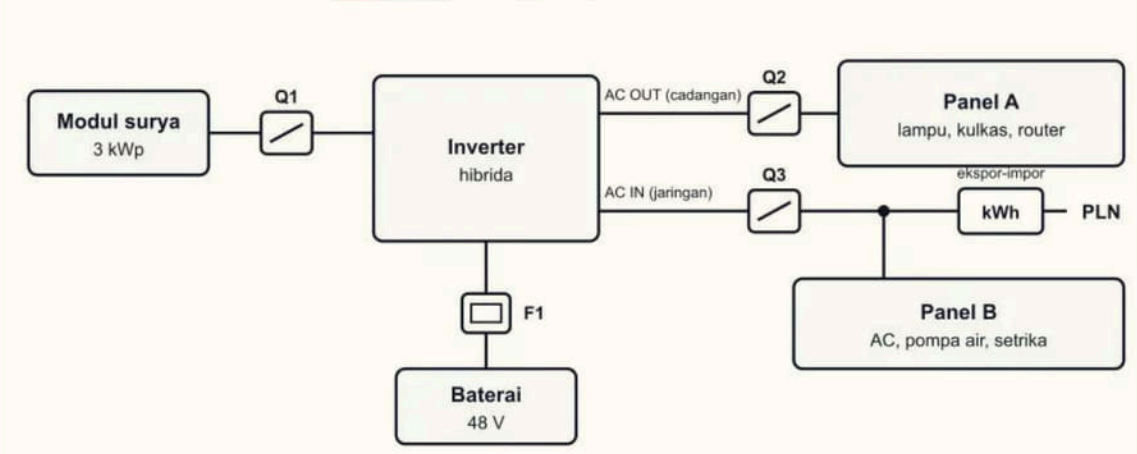
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

berharap PLTS sudah menyala malam itu, dan atasan Rizal sedang rapat di kantor.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tindakan yang sesuai budaya kerja industri adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Memasang konektor merek lain yang bentuknya mirip agar pekerjaan selesai hari itu.
☐ B. Memberi tahu pemilik klinik dan atasan tentang kendala serta jadwal penyelesaian baru.
☐ C. Mengamankan string yang belum lengkap: ujung kabel ditutup dan sakelar isolator dibuka serta diberi label.
☐ D. Menyampaikan kepada pemilik bahwa PLTS sudah selesai dan tinggal dinyalakan besok agar pemilik tidak kecewa.
☐ E. Mencatat kekurangan bahan dalam laporan harian agar perencanaan bahan berikutnya diperbaiki.

15. Gambar menunjukkan diagram PLTS hibrida rumah Pak Yudi (2027). Suatu malam pukul 20.00 listrik PLN padam selama dua jam. Saat itu baterai terisi 80% dan semua sakelar dalam posisi tersambung. Pak Yudi ingin mengetahui peralatan mana yang tetap menyala selama pemadaman dan dari mana sumber dayanya.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pernyataan yang tepat adalah ....



A. Semua peralatan di Panel A dan Panel B tetap menyala dari baterai
B. Hanya peralatan di Panel B yang tetap menyala dari baterai
C. Semua peralatan padam karena inverter memutus diri saat PLN padam
D. Hanya peralatan di Panel A yang tetap menyala dari baterai
E. Hanya peralatan di Panel A yang tetap menyala dari modul surya

16. Keluarga Pak Somad (2027) memasak dengan satu kompor biogas selama 3 jam per hari; kompor itu memakai 0,4 m^3 gas per jam. Setiap sapi menghasilkan sekitar 20 kg kotoran per hari, dan setiap kilogram kotoran menghasilkan sekitar 0,04 m^3 biogas. Gas yang belum terpakai tertampung di kubah digester. Pak Somad sedang menimbang berapa sapi

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

yang perlu dikandangkan dekat digester.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pernyataan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Kebutuhan gas untuk memasak sekitar 1,2 m^3 per hari.
☐ B. Mengencerkan kotoran dengan air dua kali lebih banyak membuat produksi gas menjadi dua kali.
☐ C. Dua sapi menghasilkan sekitar 1,6 m^3 gas per hari sehingga kebutuhan memasak terpenuhi.
☐ D. Satu sapi menghasilkan gas untuk sekitar 2 jam memasak per hari.
☐ E. Bila lama memasak naik menjadi 5 jam per hari, dua sapi masih memenuhi kebutuhan gas.

17. Sebelum serah terima PLTS atap gedung koperasi (2027), tim teknisi menyiapkan daftar pemeriksaan: tegangan rangkaian terbuka setiap string, arus setiap string saat beroperasi, sel yang lebih panas daripada sel lain (hotspot), dan daya keluaran inverter. Siswa PKL diminta mencocokkan alat dengan kegiatan.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pasangan kegiatan dan alat yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Tegangan rangkaian terbuka string — multimeter pada posisi V DC dengan rentang di atas tegangan string.
☐ B. Daya keluaran inverter — solar power meter yang diletakkan di samping inverter.
☐ C. Arus string saat beroperasi — tang ampere DC yang menjepit satu kabel string.
☐ D. Sel yang lebih panas (hotspot) — kamera termal yang diarahkan ke permukaan modul.
☐ E. Tegangan rangkaian terbuka string — diukur dengan multimeter saat inverter sedang bekerja normal.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

18. Nia akan mengukur tegangan rangkaian terbuka string PLTS sekolah yang berisi 10 modul seri; Voc setiap modul 38 V (2027). Multimeternya memiliki rentang V DC 20 V, 200 V, dan 1.000 V. Rekannya menyarankan memakai rentang 200 V karena "satu modul hanya 38 V", dan memutar sakelar rentang sambil probe tetap menempel agar cepat.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Rentang 200 V tepat dipakai karena Voc satu modul hanya 38 V.	○	○
Rentang V DC 1.000 V tepat dipakai karena tegangan string sekitar 380 V.	○	○
Probe dilepas dari terminal sebelum sakelar rentang diputar.	○	○

19. Pengelola pondok wisata di tepi sungai (2027) membutuhkan PLTMH berdaya listrik 5 kW. Lokasi rumah pembangkit yang dipilih memberikan tinggi jatuh efektif 10 m, dan efisiensi total turbin–generator diperkirakan 50%. Gunakan ρ air = 1.000 kg/m^3 dan g = 10 m/s^2. Tim survei akan membandingkan hasil hitungan dengan debit sungai saat kemarau.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Debit air minimum yang diperlukan adalah ....

A. 10 L/s
B. 50 L/s
C. 100 L/s
D. 200 L/s
E. 1.000 L/s

20. Siswa SMK membandingkan dua turbin angin sejenis untuk penerangan dermaga (2027). Kerapatan udara dan koefisien daya kedua turbin dianggap sama.

Data	Turbin X	Turbin Y
Diameter rotor	2 m	3 m
Daya pada angin 6 m/s	100 W	?

Kebutuhan beban dermaga 200 W saat angin 6 m/s.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Perkiraan daya turbin Y pada angin 6 m/s adalah ....

A. 44 W
B. 150 W
C. 225 W
D. 338 W
E. 900 W

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

21. Tim hemat energi SMK (2027) mencatat penerangan di tiga area sekolah:

Area	Lampu	Jam menyala sekarang
Kelas	12 × 20 W	7 jam
Toilet	4 × 10 W	24 jam (menyala terus)
Lorong	10 × 15 W	12 jam (06.00–18.00)

Usulan: sensor gerak di toilet sehingga lampu menyala ±3 jam/hari; lampu lorong dimatikan pukul 09.00–15.00 karena terang; dan lampu kelas dimatikan saat istirahat 30 menit.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pernyataan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Mematikan lampu kelas saat istirahat menghemat lebih banyak daripada sensor gerak di toilet.
☐ B. Lampu toilet saat ini memakai energi 960 Wh per hari.
☐ C. Sensor gerak di toilet menghemat 840 Wh per hari.
☐ D. Mengganti lampu kelas 20 W dengan 16 W menghemat 1.680 Wh per hari.
☐ E. Mematikan lampu lorong pukul 09.00–15.00 menghemat lebih banyak daripada sensor gerak di toilet.

22. Saat pemeriksaan rutin PLTS atap pabrik roti (2027), kamera termal menunjukkan satu sel pada modul nomor 14 bersuhu 85 °C, sedangkan sel di sekitarnya sekitar 45 °C. Modul itu tidak ternaungi dan baru dibersihkan; pada kaca di atas sel tersebut tidak ada kotoran. Modul masih dalam masa garansi. Siswa PKL mengusulkan beberapa tindakan.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tindakan yang paling tepat adalah ....

A. Membersihkan ulang kaca di atas sel itu, lalu mengukur kembali esok hari
B. Mencatat suhu sel itu dan memeriksanya lagi pada pemeriksaan bulan depan
C. Melepas modul dan mengganti sendiri sel yang rusak di bengkel teknisi
D. Memindahkan modul nomor 14 ke ujung string agar arusnya lebih kecil
E. Mendokumentasikan dan melaporkan, lalu mengajukan klaim garansi modul

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

23. PLTS off-grid puskesmas pembantu (2027) menghasilkan rata-rata 2.400 Wh per hari. Data beban:

Beban	Daya	Jam pakai/hari
Kulkas vaksin (wajib menyala)	60 W	24 jam
6 lampu LED	10 W per lampu	10 jam
2 kipas angin	40 W per kipas	5 jam
Radio komunikasi	20 W	6 jam

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Penyesuaian yang membuat energi beban tidak melebihi produksi PLTS adalah ....

A. Mengurangi jam nyala keenam lampu dari 10 jam menjadi 8 jam
B. Mengurangi jam pakai kedua kipas dari 5 jam menjadi 3 jam
C. Mematikan radio komunikasi sepanjang hari
D. Mematikan kulkas vaksin dari pukul 22.00 sampai 04.00
E. Mengganti satu kipas dengan kipas 30 W

24. Siswa SMK mengukur debit saluran irigasi calon lokasi PLTMH dengan metode pelampung (2027). Hasilnya:

Data	Nilai
Luas penampang basah saluran	0,6 m^2
Jarak lintasan pelampung	10 m
Waktu tempuh rata-rata	20 s
Faktor koreksi kecepatan	0,85

Faktor koreksi dipakai karena pelampung di permukaan bergerak lebih cepat daripada rata-rata aliran.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Debit saluran tersebut adalah ....

A. 0,255 m^3/s
B. 0,300 m^3/s
C. 0,425 m^3/s
D. 1,020 m^3/s
E. 1,200 m^3/s

25. SMK di Nusa Tenggara (2027) memasang PLTS atap 5 kWp. Data lokasi menunjukkan jam matahari puncak rata-rata 4,2 jam per hari, dan efisiensi sistem (kabel, inverter, kotoran, suhu) diperkirakan 80%. Data ini dipakai untuk menentukan peralatan bengkel yang dapat dipindah ke jam siang.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Perkiraan energi listrik yang dihasilkan per hari adalah ....

A. 26,3 kWh
B. 16,8 kWh
C. 13,4 kWh
D. 4,2 kWh
E. 4,0 kWh

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Lembar jawaban

No	A	B	C	D	E
1					
2	○	○	○	○	○
3	○	○	○	○	○
4	○	○	○	○	○
5					
6	○	○	○	○	○
7					
8	○	○	○	○	○
9					

No	A	B	C	D	E
10	○	○	○	○	○
11	○	○	○	○	○
12	○	○	○	○	○
13					
14					
15	○	○	○	○	○
16					
17					
18					

No	A	B	C	D	E
19	○	○	○	○	○
20	○	○	○	○	○
21					
22	○	○	○	○	○
23	○	○	○	○	○
24	○	○	○	○	○
25	○	○	○	○	○

Soal PG kompleks / Benar–Salah (nomor 1, 5, 7, 9, 13, 14, 16, 17, 18, 21): jawab langsung pada soalnya.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Tabel skor dan anjuran

Sub bab / subtopik	Nomor soal	Benar	Jika kurang separuh benar
Sub bab 1.1 · Tahapan dan proses aktivitas produksi energi terbarukan	3	___ / 1	Ulangi hlm. 11
Sub bab 1.2 · Contoh aktivitas produksi energi air, bayu, surya, dan biomassa	7	___ / 1	Ulangi hlm. 23
Sub bab 1.3 · Isu utama energi terbarukan: teknis dan lingkungan	2	___ / 1	Ulangi hlm. 36
Sub bab 1.4 · Perkembangan teknologi terkini dalam energi terbarukan	1	___ / 1	Ulangi hlm. 48
Sub bab 1.5 · Jenis profesi dan peluang usaha	4	___ / 1	Ulangi hlm. 60
Sub bab 2.1 · Komponen utama dan prinsip kerja pembangkit listrik tenaga hidro	5	___ / 1	Ulangi hlm. 88
Sub bab 2.2 · Komponen utama dan prinsip kerja pembangkit listrik tenaga surya	6	___ / 1	Ulangi hlm. 102
Sub bab 2.3 · Komponen utama dan prinsip kerja pembangkit listrik tenaga bayu	12	___ / 1	Ulangi hlm. 115
Sub bab 2.4 · Komponen utama dan prinsip kerja pembangkit listrik tenaga biomassa	13	___ / 1	Ulangi hlm. 128
Sub bab 2.5 · Prosedur dasar pengoperasian pembangkit dengan memperhatikan K3LH	8	___ / 1	Ulangi hlm. 142
Sub bab 2.6 · Budaya kerja industri bidang energi terbarukan	14	___ / 1	Ulangi hlm. 161
Sub bab 3.1 · Macam-macam peralatan gambar	11	___ / 1	Ulangi hlm. 192
Sub bab 3.2 · Standardisasi dalam pembuatan gambar	9	___ / 1	Ulangi hlm. 205
Sub bab 3.3 · Praktik menggambar teknik	10	___ / 1	Ulangi hlm. 222
Sub bab 3.4 · Membaca gambar sistem instalasi dan simbol energi terbarukan	15	___ / 1	Ulangi hlm. 235
Sub bab 4.1 · Konservasi energi	21	___ / 1	Ulangi hlm. 269
Sub bab 4.2 · Perhitungan dasar konversi energi hidro	19	___ / 1	Ulangi hlm. 283

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab / subtopik	Nomor soal	Benar	Jika kurang separuh benar
Sub bab 4.3 · Perhitungan dasar konversi energi surya	25	___ / 1	Ulangi hlm. 295
Sub bab 4.4 · Perhitungan dasar konversi energi bayu	20	___ / 1	Ulangi hlm. 309
Sub bab 4.5 · Perhitungan dasar konversi energi biomassa	16	___ / 1	Ulangi hlm. 322
Sub bab 4.6 · Analisis kecukupan energi hasil konversi terhadap kebutuhan beban	23	___ / 1	Ulangi hlm. 335
Sub bab 5.1 · Jenis dan fungsi alat ukur dan alat uji energi terbarukan	17	___ / 1	Ulangi hlm. 361
Sub bab 5.2 · Alat ukur pada pembangkit listrik tenaga hidro dan bayu	24	___ / 1	Ulangi hlm. 376
Sub bab 5.3 · Alat ukur pada pembangkit listrik tenaga surya dan biomassa	22	___ / 1	Ulangi hlm. 389
Sub bab 5.4 · Penggunaan alat ukur dan alat uji sesuai prosedur kerja	18	___ / 1	Ulangi hlm. 404

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Simulasi 2 — Prediksi TKA 2026

SMKTET-FIN2

Petunjuk

Jumlah soal: 25. Waktu: 60 menit.

Kerjakan sekaligus tanpa membuka materi. Tandai jawaban pada lembar jawaban. Kunci dan pembahasan ada di Bagian D; hitung skor dan lihat tabel anjuran di akhir paket.

Kerjakan Simulasi 2 di LMS

Hasil dan analisis per sub bab tersimpan di LMS.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktet&node=SMKTET-FIN2

1. Denah tata letak PLTS di halaman sekolah digambar dengan skala 1:50 (2027). Pada kertas, setiap modul berukuran 34 mm × 20 mm, jarak antarbaris modul 40 mm, dan jarak deretan modul ke pagar 8 mm. Siswa menuliskan beberapa kesimpulan sebelum memasang patok di lapangan.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Kesimpulan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Jarak antarbaris modul di lapangan 0,2 m.
☐ B. Bila denah dicetak diperbesar dua kali, skalanya menjadi 1:100.
☐ C. Ukuran sebenarnya setiap modul 1,7 m × 1,0 m.
☐ D. Luas sebenarnya satu modul 50 kali luasnya di gambar.
☐ E. Jarak deretan modul ke pagar di lapangan 0,4 m.

2. Konsultan PLTS tempat Wina PKL (2027) mendapat pesanan 30 gambar denah PLTS atap untuk 30 rumah tipe yang sama di satu perumahan. Perbedaan antarrumah hanya arah hadap dan nomor rumah. Pemesan juga meminta revisi dapat dikirim cepat lewat surel bila ada perubahan. Wina diminta menyarankan peralatan gambar yang dipakai.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Peralatan yang paling tepat adalah ....

A. Perangkat lunak CAD di komputer
B. Meja gambar, penggaris T, dan pensil
C. Kertas kalkir dan rapido di meja gambar
D. Kertas milimeter dan pensil mekanik
E. Kertas HVS dan penggaris biasa

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

3. Tim survei (2027) mendapat data calon PLTMH di saluran irigasi: tinggi jatuh 6 m dan debit 0,8 m^3/s. Katalog pemasok memuat rentang kerja turbin berikut.

Jenis turbin	Tinggi jatuh	Debit
Pelton	50–400 m	0,005–0,5 m^3/s
Crossflow	8–100 m	0,05–1,0 m^3/s
Propeller	2–15 m	0,3–5,0 m^3/s
Turgo	30–250 m	0,02–1,0 m^3/s

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Turbin yang paling sesuai adalah ....

A. Propeller, karena tinggi jatuh dan debit masuk rentangnya
B. Crossflow, karena debitnya masuk dan tinggi jatuhnya mendekati
C. Pelton, karena turbin ini cocok untuk debit yang kecil
D. Turgo, karena debit 0,8 m^3/s masuk rentang kerjanya
E. Crossflow, karena turbin ini paling banyak dipakai di desa

4. Kampung nelayan Tanjung Pasir (2027) memiliki 120 perahu yang memakai lampu berbaterai. Baterai harus diisi ke kota yang berjarak dua jam perjalanan, dan sebagian perahu mulai memasang modul surya kecil untuk lampunya. Hasil tangkapan sering busuk karena es balok mahal dan pasokannya tidak tentu. Matahari terik hampir sepanjang tahun, sedangkan di kampung itu tidak ada sungai. Tiga lulusan SMK Teknik Energi Terbarukan ingin membuka usaha di sana.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Peluang usaha yang sesuai adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Pembangunan PLTMH untuk pabrik es balok di kampung.
☐ B. Jasa pengisian baterai lampu perahu memakai PLTS di dekat dermaga.
☐ C. Penyewaan kotak pendingin ikan bertenaga surya bagi nelayan.
☐ D. Penjualan genset bensin untuk mengisi baterai di setiap perahu.
☐ E. Jasa perawatan modul surya kecil dan lampu LED di perahu nelayan.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

5. Digester biogas baru di rumah Bu Asih (2027) diisi kotoran sapi dan air untuk pertama kali. Seminggu kemudian, tekanan gas mulai naik, tetapi saat kompor dinyalakan gas tidak mau menyala. Bu Asih mengira digesternya gagal. Teknisi yang memasang memberi beberapa penjelasan.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Gas yang pertama keluar masih banyak mengandung udara dan karbon dioksida sehingga belum mudah menyala.	○	○
Gas awal sebaiknya dibuang beberapa kali di tempat terbuka, jauh dari api, sampai gas dapat menyala.	○	○
Menambahkan minyak tanah ke dalam digester akan mempercepat munculnya gas yang dapat menyala.	○	○

6. Turbin angin 1 kW di kebun buah Pak Karim (2027) mulai bergetar keras dan berbunyi berirama setiap putaran. Dari bawah terlihat salah satu dari tiga bilahnya retak dan ujungnya gompal. Produksi listrik masih berjalan. Pak Karim bertanya kepada teknisi apa yang harus segera dilakukan.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tindakan yang paling tepat adalah ....

A. Membiarkan turbin berputar sampai ada waktu luang untuk perbaikan
B. Menghentikan rotor, lalu mengganti bilah dengan satu set seimbang
C. Menempelkan lakban pada bilah yang retak sambil turbin tetap berputar
D. Mengencangkan baut menara agar getarannya tidak terasa sampai ke tanah
E. Memotong ujung bilah lain agar ketiga bilah sama panjang lalu dinyalakan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

7. Gambar menunjukkan label inverter dan label modul yang akan dipasang di atap gedung serbaguna desa (2027). Teknisi ingin membuat string sepanjang mungkin agar jumlah kabel string sedikit, tetapi tetap sesuai batas inverter pada label (suhu dianggap sama dengan kondisi label).
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Jumlah modul terbanyak dalam satu string adalah ....

INVERTER ON-GRID GTI-5K	
Tegangan DC maks.	600 V
Rentang tegangan MPPT	200–520 V
Arus masukan maks. per MPPT	13 A
Jumlah MPPT	2
Daya keluaran AC	5.000 W
Tegangan AC	230 V

MODUL SURYA M-430	
Daya maksimum (Pmax)	430 W
Tegangan pada Pmax (Vmp)	41 V
Arus pada Pmax (Imp)	10,5 A
Tegangan rangkaian terbuka (Voc)	49 V
Arus hubung singkat (Isc)	11,0 A

A. 4 modul
B. 10 modul
C. 12 modul
D. 13 modul
E. 14 modul

8. Pemerintah kabupaten (2027) akan membangun PLTS 1 MWp. Dua pilihan lokasi: sawah produktif seluas 1,5 ha yang ditanami padi dua kali setahun, atau permukaan waduk irigasi milik daerah yang airnya tenang dan tidak dipakai untuk lalu lintas perahu. Tim teknis diminta memilih lokasi beserta alasan teknis yang tepat.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pilihan dan alasan yang paling tepat adalah ....

A. Sawah, karena tanah datar memudahkan pemasangan dan perawatan modul
B. Waduk, karena air memantulkan cahaya sehingga daya modul menjadi dua kali
C. Sawah, karena modul di darat tidak memerlukan jangkar dan pelampung
D. Waduk, karena PLTS terapung tidak memerlukan kabel ke daratan
E. Waduk, karena lahan pangan tetap terjaga dan modul lebih sejuk

9. Tim pemasang PLTS atap pabrik garmen (2027) terdiri atas empat teknisi. Pekerjaan dikejar tenggat karena pabrik ingin PLTS menyala sebelum akhir bulan. Pagi itu cuaca cerah, dan pengawas pabrik meminta tim menaati aturan keselamatan pabrik. Ketua tim menilai beberapa usulan anggota agar pekerjaan cepat selesai.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Usulan yang sesuai budaya kerja industri adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Melewatkan briefing keselamatan pagi agar waktu kerja bertambah 15 menit.
☐ B. Membagi tugas sesuai keahlian dan mencatat kemajuan setiap akhir hari.
☐ C. Melepas harness saat berjalan di atap datar agar gerakan lebih leluasa.
☐ D. Menyiapkan semua alat dan bahan di bawah sebelum naik agar tidak bolak-balik.
☐ E. Memakai alat milik pabrik tanpa izin karena alat tim tertinggal di kantor.

10. Iqbal menggambar kotak panel PLTS dengan skala 1:20 (2027). Panjang kotak sebenarnya 1.200 mm sehingga pada kertas digambar 60 mm. Saat menulis angka pada garis ukur panjang kotak, Iqbal ragu angka berapa yang harus ditulis. Etiket gambar mencantumkan "Skala 1:20, satuan mm".
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Angka ukuran yang tepat ditulis pada garis ukur tersebut adalah ....

A. 24000
B. 1200
C. 600
D. 120
E. 60

11. Siswa SMK mengunjungi beberapa usaha di Kabupaten Sumber Makmur (2027) untuk tugas "aktivitas produksi listrik dari biomassa". Mereka mencatat lima kegiatan, tetapi guru mengingatkan bahwa tidak semua kegiatan yang memakai bahan organik atau energi alam menghasilkan listrik.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Kegiatan yang sesuai dengan tugas tersebut adalah ....

A. Kompor biogas untuk memasak di dapur rumah peternak sapi
B. Pengeringan gabah dengan sinar matahari di lantai jemur
C. Genset berbahan bakar biogas di peternakan ayam petelur
D. Kincir air yang memutar alat penggiling padi di tepi sungai
E. Pembuatan briket arang tempurung untuk dijual ke warung

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

12. Pembangkit listrik biomassa sistem gasifikasi 50 kW di sebuah pulau (2027) memakai potongan kayu dari kebun kaliandra. Operator baru menyusun ringkasan tahapan proses untuk papan informasi, lalu kepala operator memeriksanya.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Ringkasan tahapan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

- ☐ A. Gas dari gasifier langsung dialirkan ke mesin karena tar dan debu ikut terbakar di ruang bakar.
- ☐ B. Kayu dicacah dan dikeringkan lebih dahulu sebelum dimasukkan ke gasifier.
- ☐ C. Gasifier diberi udara sebanyak mungkin agar kayu terbakar habis dan gas yang dihasilkan bertambah.
- ☐ D. Gas didinginkan dan disaring sebelum masuk ke mesin gas.
- ☐ E. Mesin gas memutar generator yang mengubah energi gerak menjadi energi listrik.

13. Kelompok ternak di Desa Cikadu (2027) memiliki digester biogas bersama. Gas sering berlebih pada siang hari, ampas cair (slurry) menumpuk, dan digester baru akan dibangun sekitar 5 m dari sumur warga. Kubah lama juga diketahui memiliki retakan kecil. Ketua kelompok meminta siswa SMK menilai pendapat para anggota.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pendapat yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

- ☐ A. Ampas cair aman dibuang ke sungai karena sudah difermentasi di dalam digester.
- ☐ B. Bau telur busuk dari gas menandakan kadar metana tinggi sehingga gas tidak perlu dimurnikan.
- ☐ C. Gas yang berlebih lebih baik dibakar atau dimanfaatkan daripada dilepas, karena metana adalah gas rumah kaca yang kuat.
- ☐ D. Digester baru sebaiknya dibangun lebih jauh dari sumur warga untuk mencegah rembesan mencemari air sumur.
- ☐ E. Perbaikan retakan kecil pada kubah boleh ditunda karena biogas lebih ringan dari udara dan cepat hilang ke atas.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

14. Saat membersihkan bak pengumpul ampas yang tertutup dan dalam di PLTBg peternakan (2027), seorang pekerja turun tanpa pengaman lalu pingsan di dasar bak. Rekannya, Toni, panik dan ingin segera turun menolong. Di lokasi tersedia kipas peniup, tali, telepon, dan alat bantu pernapasan yang tersimpan di gudang 50 m dari bak.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tindakan Toni yang paling tepat adalah ....

A. Turun segera sambil menahan napas, lalu mengikat korban ke tali
B. Turun memakai masker kain basah sambil kipas meniupkan udara
C. Meniupkan udara dengan kipas lima menit, lalu turun tanpa alat napas
D. Meminta bantuan, meniupkan udara, dan tidak turun tanpa alat napas
E. Menelepon keluarga korban sambil menunggu korban sadar sendiri

15. Penggilingan kopi milik koperasi (2027) memakai PLTS dan ingin mengganti motor penggerak mesin giling. Keduanya memberi daya keluaran poros yang sama.

Data	Motor lama	Motor baru
Daya keluaran poros	1,4 kW	1,4 kW
Efisiensi	70%	87,5%
Jam kerja per hari	6 jam	6 jam

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Penghematan energi listrik per hari setelah penggantian motor adalah ....

A. 0,4 kWh
B. 1,5 kWh
C. 2,4 kWh
D. 3,6 kWh
E. 12,0 kWh

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

16. Tim SMK memasang stasiun ukur angin di calon lokasi PLTB desa pesisir (2027), lalu setelah turbin terpasang, mereka memantau kinerjanya. Rencana pemakaian alat ditulis oleh siswa dan diperiksa guru sebelum dilaksanakan.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Rencana pemakaian alat yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Anemometer mangkuk dipasang setinggi rencana rotor untuk mengukur kecepatan angin.
☐ B. Penunjuk arah angin (wind vane) dipakai untuk mengukur kecepatan angin saat hembusan kencang.
☐ C. Data logger merekam hasil anemometer terus-menerus selama berbulan-bulan.
☐ D. Tachometer kontak ditempelkan ke hub rotor di puncak menara saat turbin berputar kencang.
☐ E. Anemometer dipasang di atap rumah warga agar dekat dengan sumber listrik data logger.

17. Pos pemantau pantai (2027) memakai PLTS dan turbin angin kecil dengan beban 1.900 Wh per hari. Kapasitas baterainya hanya untuk satu malam, sehingga kelebihan energi satu hari tidak dapat dipakai pada hari berikutnya. Data produksi rata-rata:

Kondisi cuaca	PLTS	Turbin angin
Cerah, angin lemah	1.800 Wh	300 Wh
Mendung, angin kencang	500 Wh	1.300 Wh

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Kesimpulan yang tepat adalah ....

A. Memenuhi pada kedua kondisi karena rata-rata produksinya 1.950 Wh
B. Kurang saat cerah karena turbin angin hanya menghasilkan 300 Wh
C. Memenuhi saat mendung karena turbin angin menghasilkan 1.300 Wh
D. Memenuhi saat cerah, tetapi kurang 100 Wh saat mendung berangin
E. Kurang pada kedua kondisi karena PLTS saja tidak mencapai 1.900 Wh

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

18. Bank baterai 48 V PLTS desa (2027) berisi 24 sel yang dirangkai seri. Saat pengisian siang hari, teknisi mencium bau menyengat dan curiga ada sel yang terlalu panas. Ia ingin segera mengetahui sel mana yang paling panas tanpa menyentuh terminal yang bertegangan dan tanpa membuka tutup sel.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Alat yang paling tepat dipakai adalah ....

A. Multimeter pada posisi V DC
B. Tang ampere arus searah (DC)
C. Hidrometer baterai
D. Penguji tahanan isolasi
E. Termometer inframerah

19. Tungku boiler pembangkit biomassa kecil di pabrik tahu (2027) memerlukan energi panas 480 MJ per hari. Nilai kalor kayu kering sekitar 16 MJ/kg, sedangkan kayu basah dari kebun hanya sekitar 10 MJ/kg karena sebagian panasnya terpakai untuk menguapkan air. Pengelola menimbang perlu tidaknya gudang pengering kayu.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pernyataan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Bila memakai kayu kering, kebutuhan kayu sekitar 30 kg per hari.
☐ B. Energi per kilogram kedua kayu sama karena bahan kayunya sama.
☐ C. Bila memakai kayu basah, kebutuhan kayu sekitar 48 kg per hari.
☐ D. Kayu basah lebih menguntungkan karena terbakar lebih lama sehingga panasnya bertambah.
☐ E. Mengeringkan kayu mengurangi massa kayu yang harus dimasukkan ke tungku sekitar 18 kg per hari.

20. PLTMH di sebuah kebun teh (2027) memiliki tinggi jatuh kotor 30 m. Gesekan air di pipa pesat menimbulkan kerugian setara 3 m. Debit 20 liter per detik dan efisiensi turbin–generator 60%. Gunakan $\rho = 1.000\ \text{kg/m}^3$ dan $g = 10\ \text{m/s}^2$. Mandor mengusulkan mengganti pipa pesat dengan pipa berdiameter lebih kecil agar air "lebih kencang".
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Mengganti pipa dengan diameter lebih kecil akan menaikkan daya karena air mengalir lebih cepat.	○	○
Tinggi jatuh efektif PLTMH tersebut 27 m.	○	○
Daya listrik keluaran sekitar 3,2 kW.	○	○

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

21. Turbin angin kecil di tambak garam (2027) memiliki luas sapuan rotor 4 m^2 dan koefisien daya (Cp) 0,35. Pada musim kemarau, angin bertiup rata-rata 5 m/s selama 8 jam per hari. Gunakan massa jenis udara 1,2 kg/m^3. Pengelola ingin mengetahui energi harian untuk pompa air garam.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Energi listrik yang dihasilkan per hari adalah ....

A. 168 Wh
B. 840 Wh
C. 1.680 Wh
D. 2.400 Wh
E. 6.857 Wh

22. Fitri (2027) akan mengukur berat jenis elektrolit 24 sel baterai timbal-asam basah memakai hidrometer. Pagi itu beberapa sel baru saja ditambah air suling karena permukaan cairannya rendah, dan baterai belum diisi ulang sejak penambahan itu. Fitri menuliskan langkah kerjanya untuk diperiksa pembimbing.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Fitri memakai kacamata pelindung dan sarung tangan tahan asam, serta mengembalikan cairan ke sel yang sama.	○	○
Sel yang baru ditambah air suling dapat langsung diukur dan hasilnya dibandingkan dengan sel lain.	○	○
Skala pada pelampung hidrometer dibaca dengan mata sejajar permukaan cairan.	○	○

23. PLTS off-grid warung kopi Bu Mira (2027) memakai 4 modul 250 Wp. Jam matahari puncak 4 jam per hari dan efisiensi sistem 80%. Karena ada mesin kopi baru, kebutuhan energi harian naik menjadi 4.000 Wh. SCC dan baterai masih mampu menerima tambahan modul, dan modul yang dibeli sama dengan modul lama.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Jumlah modul tambahan paling sedikit yang diperlukan adalah ....

A. 1 modul
B. 3 modul
C. 4 modul
D. 5 modul
E. 16 modul

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

24. Gambar menunjukkan diagram sistem PLTB off-grid di pos pengamatan pantai (2027); komponen diberi huruf P, R, S, dan U. Suatu siang angin bertiup kencang dan baterai sudah penuh. Siswa PKL diminta menentukan ke mana pengendali mengalirkan arus dari turbin pada kondisi tersebut dan alasannya.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Jawaban yang tepat adalah ....

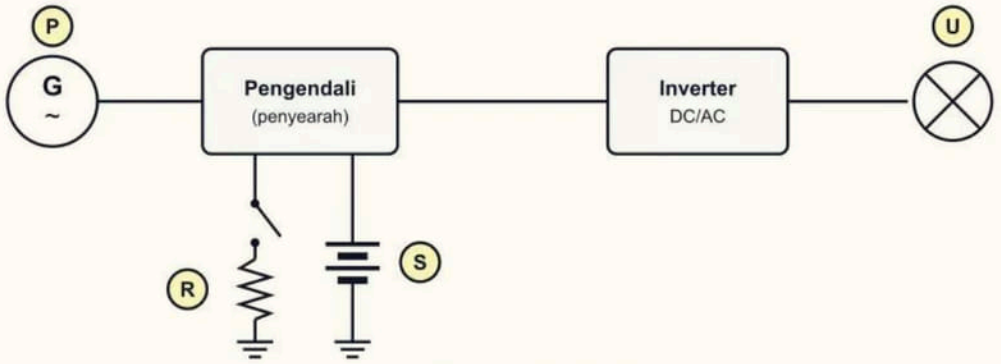


diagram sistem PLTB off-grid (simbol)

A. Komponen S, agar baterai terus terisi selama angin kencang
B. Komponen U, agar lampu menyala lebih terang saat angin kencang
C. Inverter, agar seluruh kelebihan daya diubah menjadi listrik AC
D. Komponen P, agar arus kembali dan memperlambat putaran rotor
E. Komponen R, agar turbin tetap terbebani dan tidak berputar liar

25. Siswa PKL mencatat data PLTS atap on-grid rumah Pak Rahmat selama satu bulan (2027).

Data	Awal bulan	Akhir bulan
kWh meter: impor dari PLN	1.250 kWh	1.400 kWh
kWh meter: ekspor ke PLN	300 kWh	420 kWh
Produksi inverter bulan itu	—	600 kWh

Pak Rahmat ingin mengetahui total energi listrik yang dipakai rumahnya bulan itu.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Total energi yang dipakai rumah dalam bulan itu adalah ....

A. 150 kWh
B. 270 kWh
C. 480 kWh
D. 630 kWh
E. 750 kWh

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Lembar jawaban

No	A	B	C	D	E
1					
2	○	○	○	○	○
3	○	○	○	○	○
4					
5					
6	○	○	○	○	○
7	○	○	○	○	○
8	○	○	○	○	○
9					

No	A	B	C	D	E
10	○	○	○	○	○
11	○	○	○	○	○
12					
13					
14	○	○	○	○	○
15	○	○	○	○	○
16					
17	○	○	○	○	○
18	○	○	○	○	○

No	A	B	C	D	E
19					
20					
21	○	○	○	○	○
22					
23	○	○	○	○	○
24	○	○	○	○	○
25	○	○	○	○	○

Soal PG kompleks / Benar–Salah (nomor 1, 4, 5, 9, 12, 13, 16, 19, 20, 22): jawab langsung pada soalnya.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Tabel skor dan anjuran

Sub bab / subtopik	Nomor soal	Benar	Jika kurang separuh benar
Sub bab 1.1 · Tahapan dan proses aktivitas produksi energi terbarukan	12	___ / 1	Ulangi hlm. 11
Sub bab 1.2 · Contoh aktivitas produksi energi air, bayu, surya, dan biomassa	11	___ / 1	Ulangi hlm. 23
Sub bab 1.3 · Isu utama energi terbarukan: teknis dan lingkungan	13	___ / 1	Ulangi hlm. 36
Sub bab 1.4 · Perkembangan teknologi terkini dalam energi terbarukan	8	___ / 1	Ulangi hlm. 48
Sub bab 1.5 · Jenis profesi dan peluang usaha	4	___ / 1	Ulangi hlm. 60
Sub bab 2.1 · Komponen utama dan prinsip kerja pembangkit listrik tenaga hidro	3	___ / 1	Ulangi hlm. 88
Sub bab 2.2 · Komponen utama dan prinsip kerja pembangkit listrik tenaga surya	7	___ / 1	Ulangi hlm. 102
Sub bab 2.3 · Komponen utama dan prinsip kerja pembangkit listrik tenaga bayu	6	___ / 1	Ulangi hlm. 115
Sub bab 2.4 · Komponen utama dan prinsip kerja pembangkit listrik tenaga biomassa	5	___ / 1	Ulangi hlm. 128
Sub bab 2.5 · Prosedur dasar pengoperasian pembangkit dengan memperhatikan K3LH	14	___ / 1	Ulangi hlm. 142
Sub bab 2.6 · Budaya kerja industri bidang energi terbarukan	9	___ / 1	Ulangi hlm. 161
Sub bab 3.1 · Macam-macam peralatan gambar	2	___ / 1	Ulangi hlm. 192
Sub bab 3.2 · Standardisasi dalam pembuatan gambar	10	___ / 1	Ulangi hlm. 205
Sub bab 3.3 · Praktik menggambar teknik	1	___ / 1	Ulangi hlm. 222
Sub bab 3.4 · Membaca gambar sistem instalasi dan simbol energi terbarukan	24	___ / 1	Ulangi hlm. 235
Sub bab 4.1 · Konservasi energi	15	___ / 1	Ulangi hlm. 269
Sub bab 4.2 · Perhitungan dasar konversi energi hidro	20	___ / 1	Ulangi hlm. 283

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab / subtopik	Nomor soal	Benar	Jika kurang separuh benar
Sub bab 4.3 · Perhitungan dasar konversi energi surya	23	___ / 1	Ulangi hlm. 295
Sub bab 4.4 · Perhitungan dasar konversi energi bayu	21	___ / 1	Ulangi hlm. 309
Sub bab 4.5 · Perhitungan dasar konversi energi biomassa	19	___ / 1	Ulangi hlm. 322
Sub bab 4.6 · Analisis kecukupan energi hasil konversi terhadap kebutuhan beban	17	___ / 1	Ulangi hlm. 335
Sub bab 5.1 · Jenis dan fungsi alat ukur dan alat uji energi terbarukan	18	___ / 1	Ulangi hlm. 361
Sub bab 5.2 · Alat ukur pada pembangkit listrik tenaga hidro dan bayu	16	___ / 1	Ulangi hlm. 376
Sub bab 5.3 · Alat ukur pada pembangkit listrik tenaga surya dan biomassa	25	___ / 1	Ulangi hlm. 389
Sub bab 5.4 · Penggunaan alat ukur dan alat uji sesuai prosedur kerja	22	___ / 1	Ulangi hlm. 404

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Simulasi 3 — Prediksi TKA 2026

SMKTET-FIN3

Petunjuk

Jumlah soal: 25. Waktu: 60 menit.

Kerjakan sekaligus tanpa membuka materi. Tandai jawaban pada lembar jawaban. Kunci dan pembahasan ada di Bagian D; hitung skor dan lihat tabel anjuran di akhir paket.

Kerjakan Simulasi 3 di LMS

Hasil dan analisis per sub bab tersimpan di LMS.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktet&node=SMKTET-FIN3

1. Pengelola kawasan wisata pantai (2027) tertarik pada turbin angin sumbu vertikal yang baru ditawarkan pemasok, karena arah angin di lokasi sering berubah. Siswa PKL diminta menilai klaim-klaim yang beredar sebelum pengelola memutuskan.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Klaim yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

- ☐ A. Turbin sumbu vertikal tidak perlu diarahkan ke arah angin karena dapat menerima angin dari segala arah.
- ☐ B. Generator turbin sumbu vertikal dapat ditempatkan dekat tanah sehingga perawatannya lebih mudah.
- ☐ C. Turbin sumbu vertikal umumnya menghasilkan daya lebih besar daripada turbin sumbu horizontal berukuran sama.
- ☐ D. Turbin sumbu vertikal tidak memerlukan kecepatan angin minimum untuk mulai menghasilkan listrik.
- ☐ E. Pemasangannya tetap memerlukan pengukuran angin di lokasi agar produksi dapat diperkirakan.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. Guru gambar teknik (2027) meminta siswa menyiapkan peralatan untuk menggambar denah PLTS atap skala 1:50 secara manual. Beberapa siswa menuliskan rencana pemakaian alat di buku kerja, lalu guru memeriksanya.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Rencana pemakaian alat yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Mistar skala 1:100 dibaca langsung untuk gambar berskala 1:50 tanpa penyesuaian.
☐ B. Pensil mekanik 0,3 mm untuk garis ukur yang tipis dan 0,7 mm untuk garis tepi benda.
☐ C. Jangka tusuk (pembagi) untuk memindahkan jarak yang sama berulang kali.
☐ D. Penggaris segitiga 45° bertumpu pada penggaris T untuk garis miring 45°.
☐ E. Penghapus karet keras dipakai langsung pada garis tinta tanpa pelindung penghapus agar cepat bersih.

3. Koperasi petani rumput laut (2027) memilih satu dari dua turbin angin untuk lampu gudang. Data angin setahun menunjukkan kecepatan angin di lokasi sebagian besar 4–6 m/s dan jarang melebihi 8 m/s. Data pabrikan:

Data	Turbin A	Turbin B
Kecepatan angin awal (cut-in)	2,5 m/s	4,0 m/s
Daya pengenal	400 W (pada 10 m/s)	600 W (pada 12 m/s)
Daya pada 4 / 5 / 6 m/s	25 / 50 / 90 W	0 / 40 / 80 W

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Keputusan yang paling tepat adalah ....

A. Turbin A, karena pada angin 4–6 m/s dayanya lebih besar
B. Turbin B, karena daya pengenalnya lebih besar, yaitu 600 W
C. Turbin B, karena kecepatan angin awalnya lebih besar dan kuat
D. Turbin A, karena daya pengenalnya diukur pada angin lebih pelan
E. Kedua turbin sama baik, karena sama-sama berputar pada 4 m/s

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

4. Setelah banjir 2027, longsoran tanah menutup sebagian saluran pembuang PLTMH crossflow Desa Lembang. Air buangan menggenang di bawah rumah pembangkit sampai menyentuh bagian bawah runner turbin. Daya keluaran turun dari 25 kW menjadi 16 kW, padahal bak penenang penuh dan saringan bersih. Operator mengusulkan beberapa tindakan.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tindakan yang paling tepat adalah ....

A. Membuka katup pipa pesat lebih lebar agar air yang masuk turbin bertambah
B. Menambah beban penyeimbang ELC agar putaran turbin kembali normal
C. Membersihkan longsoran di saluran pembuang agar air dapat keluar bebas
D. Mengganti generator karena dayanya turun setelah terendam banjir
E. Memperbesar bak penenang agar persediaan air bertambah banyak

5. Siswa SMK berkunjung ke pabrik gula di Jawa Timur (2027). Mereka mencatat: ampas tebu dibakar di ketel uap untuk menghasilkan uap yang memutar turbin dan generator; atap gudang gula dipasangi modul surya yang tersambung ke panel pabrik; dan air sungai dipompa untuk mendinginkan kondensor turbin uap, lalu dikembalikan ke sungai.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Pembakaran ampas tebu untuk memutar turbin dan generator termasuk produksi listrik dari biomassa.	○	○
Modul surya di atap gudang termasuk produksi listrik tenaga surya.	○	○
Pemakaian air sungai untuk mendinginkan kondensor termasuk produksi listrik tenaga air.	○	○

6. Desa Sungai Ulin (2027) memakai PLTS 50 kWp yang langsung memasok jaringan desa bersama genset diesel, dan baterai yang hanya dipakai untuk sistem kendali. Setiap kali awan lewat, daya PLTS turun drastis dalam beberapa detik: lampu warga berkedip dan genset berulang kali menyala lalu mati. Pengelola meminta usulan teknis yang paling tepat untuk mengatasi masalah tersebut.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Usulan yang paling tepat adalah ....

A. Menambah kapasitas baterai dan inverternya agar perubahan daya diredam
B. Menambah modul surya 20 kWp agar daya PLTS lebih besar saat berawan
C. Mengganti modul dengan modul berefisiensi lebih tinggi agar tahan awan
D. Mengganti seluruh lampu warga dengan LED agar tidak terlihat berkedip
E. Mematikan PLTS setiap kali langit berawan dan memakai genset saja

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

7. Penggilingan padi Pak Joni (2027) memakai sekam untuk tungku pembangkit uap kecil. Sekam curah memenuhi gudang, mudah beterbangan, dan sering macet di pengumpan tungku. Pak Joni berencana membeli mesin pembuat pelet yang memadatkan sekam menjadi butiran keras sebesar jari kelingking.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Manfaat utama pemadatan sekam menjadi pelet adalah ....

A. Nilai kalor setiap kilogram sekam menjadi dua kali lipat
B. Sekam tidak perlu dikeringkan lagi sebelum dipadatkan
C. Abu sisa pembakaran pelet menjadi hilang seluruhnya
D. Volume berkurang sehingga mudah disimpan dan diumpankan
E. Pelet dapat dipakai langsung sebagai pengganti solar genset

8. Konsultan PLTS (2027) mengirim tiga kali perubahan gambar diagram satu garis ke lokasi proyek. Ketiga lembar memiliki judul yang sama dan tanpa keterangan perubahan, sehingga tukang listrik memasang MCB berdasarkan lembar yang lama. Kepala proyek meminta agar kejadian ini tidak terulang sesuai standar gambar teknik.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Perbaikan yang paling tepat adalah ....

A. Mencetak gambar terbaru di kertas berwarna dan memberi stempel TERBARU
B. Menambahkan tanda tangan dan nama kepala proyek pada setiap lembar
C. Menyimpan lembar lama dan lembar baru dalam map terpisah di lokasi
D. Memberi nama berkas digital berisi tanggal untuk setiap kiriman
E. Mencantumkan nomor revisi, tanggal, dan uraian perubahan di etiket

9. PLTS komunal Dusun Wae Rebo Bawah (2027) mengisi baterai pada siang hari. Pada malam hari, baterai memasok inverter yang menyalakan lampu jalan bertegangan 230 V AC. Dalam kegiatan "Mengenal PLTS", siswa SMK diminta menuliskan urutan perubahan bentuk energi dari sinar matahari sampai lampu jalan menyala pada malam hari.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Urutan perubahan bentuk energi yang tepat adalah ....

A. cahaya → panas → listrik DC → energi kimia → listrik AC → cahaya
B. cahaya → listrik AC → energi kimia → listrik DC → listrik AC → cahaya
C. cahaya → listrik DC → listrik AC → energi kimia → listrik AC → cahaya
D. cahaya → listrik DC → energi kimia → listrik DC → listrik AC → cahaya
E. cahaya → listrik DC → energi kimia → listrik AC → listrik DC → cahaya

10. Sentra konveksi di Kecamatan Jati (2027) berisi 40 UMKM. Banyak pemilik mengeluh tagihan listrik membengkak, tetapi tidak tahu mesin mana yang paling boros dan apakah PLTS atap cocok untuk usahanya. Ardi, lulusan SMK Teknik Energi Terbarukan, terampil memakai tang ampere, kWh meter, dan menghitung kebutuhan energi, serta memiliki modal kecil.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Peluang usaha yang paling sesuai bagi Ardi adalah ....

A. Membuka toko mesin jahit hemat listrik di sentra konveksi
B. Menjadi agen penjualan genset untuk cadangan listrik UMKM
C. Memasang PLTS atap di semua UMKM sebelum pemakaiannya diukur
D. Membuka bengkel servis mesin jahit dan mesin obras bagi UMKM
E. Membuka jasa pengukuran pemakaian listrik dan saran hemat

11. PLTS atap sekolah di daerah yang sering tersambar petir (2027) pernah mengalami inverter rusak setelah badai. Hasil pemeriksaan: kabel pembumian SPD DC terlepas dari batang pembumian, dan rangka modul tidak dibumikan. Tim teknisi menyusun penjelasan komponen proteksi untuk kepala sekolah.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Penjelasan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. SPD tetap melindungi inverter walaupun kabel pembumiannya terlepas, karena SPD menyerap tegangan lebih sendiri.
☐ B. SPD DC mengalirkan tegangan lebih akibat petir ke pembumian sehingga inverter terlindungi.
☐ C. Rangka modul perlu dibumikan agar bagian logam tidak bertegangan berbahaya bagi orang.
☐ D. Sekring string berfungsi melindungi modul dari sambaran petir langsung.
☐ E. Sakelar isolator DC memungkinkan string dipisahkan dari inverter saat perawatan.

12. Saat memasang PLTS di pabrik kerupuk (2027), tim Rani terpaksa memindahkan jalur kabel DC karena di jalur rencana ternyata ada saluran gas. Pemasangan sudah selesai dan sistem berjalan normal, tetapi gambar rencana yang akan diserahkan masih menunjukkan jalur lama. Pemilik pabrik meminta dokumen serah terima besok.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tindakan yang paling tepat adalah ....

A. Memperbarui gambar menjadi gambar terpasang dan menjelaskan perubahannya
B. Menyerahkan gambar rencana apa adanya karena sistemnya sudah berjalan normal
C. Menjelaskan perubahan jalur secara lisan kepada pemilik saat serah terima
D. Menandai perubahan dengan coretan pena pada gambar rencana yang lama
E. Menunda serah terima sampai jalur kabel dikembalikan ke jalur rencana

13. Teknisi Yusuf dan Dodi (2027) akan mengganti bantalan generator turbin angin 5 kW di atas menara setinggi 24 m. Prakiraan cuaca menyebut angin akan menguat menjelang sore. Mereka menyusun langkah keselamatan sebelum naik.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Rotor dihentikan dan dikunci secara mekanis sebelum teknisi naik ke menara.	○	○
Pekerjaan di atas menara tetap aman saat angin menguat asalkan rem rotor sudah aktif.	○	○
Teknisi memakai harness dengan dua tali tambat agar setiap saat ada satu tali yang terkait saat berpindah.	○	○

14. PLTMH di kaki Gunung Sumbing (2027) memiliki tinggi jatuh efektif 15 m dan efisiensi total 60%. Turbin dirancang untuk debit maksimum 60 L/s; kelebihan air melimpas lewat pelimpah bak penenang. Pada musim hujan debit sungai mencapai 100 L/s, sedangkan pada kemarau hanya 40 L/s. Gunakan $\rho = 1.000$ kg/m^3 dan $g = 10$ m/s^2.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Daya listrik maksimum PLTMH pada musim hujan adalah ....

A. 3,24 kW
B. 3,6 kW
C. 5,4 kW
D. 9,0 kW
E. 15,0 kW

15. Laili menggambar tata letak dua baris modul miring di atap datar sekolah dengan skala 1:50 (2027). Ujung atas baris depan berada 0,6 m di atas lantai atap. Menurut pembimbing, pada pukul 09.00 bayangan baris depan memanjang ke belakang sejauh 2 kali tingginya, dan baris belakang harus berada di luar bayangan itu. Laili perlu menentukan jarak minimum di gambar antara tepi belakang baris depan dan tepi depan baris belakang.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Jarak minimum yang digambar adalah ....

A. 12 mm
B. 24 mm
C. 30 mm
D. 60 mm
E. 120 mm

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

16. Lampu PJU tenaga surya 40 W di jalan desa (2027) menyala 12 jam per malam. Pengendali baru dapat meredupkan lampu otomatis sesuai jadwal berikut.

Waktu	Daya lampu
18.00–23.00	100% (40 W)
23.00–05.00	30% (12 W)
05.00–06.00	100% (40 W)

Dengan penghematan ini, kepala desa berharap baterai cadangan tidak perlu ditambah. *(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Penghematan energi per malam setelah peredupan diterapkan adalah ....

A. 120 Wh
B. 168 Wh
C. 200 Wh
D. 312 Wh
E. 480 Wh

17. PLTS off-grid 2 kWp di sebuah klinik desa (2027) memiliki efisiensi sistem 80%. Data jam matahari puncak: musim kemarau 5,0 jam per hari dan musim hujan 3,5 jam per hari. Beban harian klinik 6.400 Wh. Pengelola menimbang apakah PLTS perlu diperbesar. *(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Pada musim hujan, PLTS memenuhi beban karena menghasilkan sekitar 6.400 Wh per hari.	○	○
Pada musim kemarau, PLTS menghasilkan sekitar 8.000 Wh per hari sehingga beban terpenuhi.	○	○
Agar beban terpenuhi sepanjang tahun, perhitungan kapasitas PLTS memakai jam matahari puncak musim hujan.	○	○

18. Gasifier PLTBm di pabrik mebel (2027) mensyaratkan serpih kayu berkadar air di bawah 20%. Siswa PKL mengukur tumpukan serpih kayu dengan alat ukur kadar air setelah dijemur dua hari.

Titik ukur	Kadar air
Permukaan atas tumpukan (3 titik)	14%, 15%, 13%
Kedalaman 30 cm (3 titik)	32%, 35%, 30%

Operator ingin langsung memakai seluruh tumpukan karena "rata-rata permukaan sudah 14%".

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Keputusan yang paling tepat adalah ....

A. Memakai seluruh tumpukan karena rata-rata kadar air permukaan 14%
B. Memakai seluruh tumpukan karena rata-rata semua titik sekitar 23%
C. Mengganti alat ukur karena hasilnya berbeda jauh antartitik
D. Mencampur serpih basah dengan serpih kering agar rata-ratanya 20%
E. Menjemur ulang sambil dibalik, lalu mengukur di berbagai titik

19. Peternakan sapi milik koperasi (2027) menghasilkan biogas 10 m^3 per hari. Genset biogas yang dipakai menghasilkan sekitar 1,5 kWh listrik dari setiap 1 m^3 biogas, dan daya keluarannya 3 kW. Pengurus ingin mengetahui kemampuan genset untuk pompa air dan penerangan kandang.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pernyataan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Energi listrik yang dapat dihasilkan sekitar 15 kWh per hari.
☐ B. Genset 3 kW dapat menyala penuh selama sekitar 10 jam per hari.
☐ C. Genset 3 kW dapat menyala penuh selama sekitar 5 jam per hari.
☐ D. Bila 2 m^3 gas dipakai untuk kompor, energi listrik yang tersisa sekitar 12 kWh.
☐ E. Mengganti genset dengan genset 5 kW membuat energi listrik harian bertambah.

20. Turbin angin kecil di sebuah peternakan (2027) dipasang pada menara 10 m dan menghasilkan rata-rata 60 W pada kecepatan angin 4 m/s. Hasil pengukuran menunjukkan kecepatan angin pada ketinggian 20 m di lokasi yang sama rata-rata 5 m/s. Pemilik ingin memperkirakan daya turbin bila dipindah ke menara 20 m, dengan menganggap kerapatan udara dan koefisien daya turbin tetap. Bila perlu, gunakan $1{,}25^2 \approx 1{,}56$ dan $1{,}25^3 \approx 1{,}95$.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Perkiraan daya turbin pada menara 20 m adalah ....

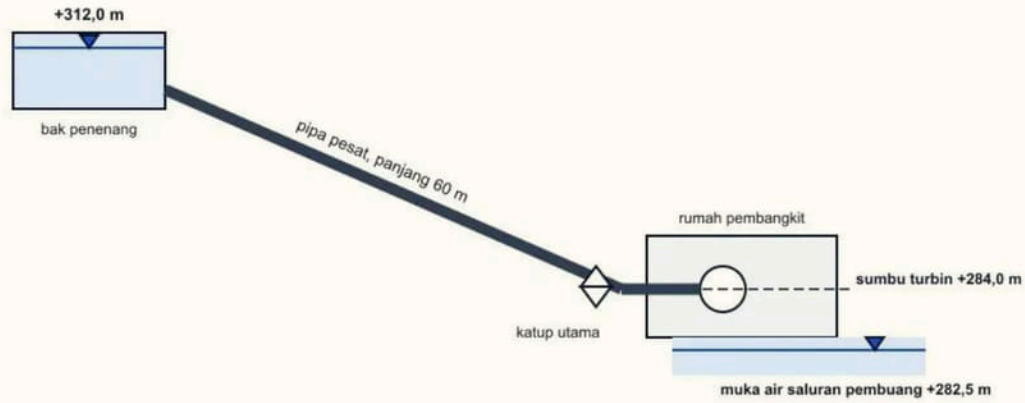
A. 75 W
B. 94 W
C. 117 W
D. 120 W
E. 240 W

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

21. Kelompok tani (2027) ingin mengetahui berapa kWh energi yang dipakai pompa air irigasi setiap hari, karena pompa menyala-mati otomatis mengikuti pelampung toren dan dayanya berubah-ubah. Data itu dipakai untuk merencanakan PLTS pompa.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Alat yang paling tepat dipasang adalah ....

A. Wattmeter yang dibaca sekali pada siang hari
B. Tang ampere yang dibaca setiap kali pompa menyala
C. Multimeter pada posisi tegangan AC
D. kWh meter yang dipasang pada saluran pompa
E. Stopwatch untuk mencatat lama pompa menyala

22. Gambar menunjukkan penampang memanjang rencana PLTMH Desa Gunung Sari (2027) yang memakai turbin crossflow. Untuk turbin ini, tinggi jatuh kotor diukur dari muka air bak penenang sampai sumbu turbin. Sebelum rapat teknis, siswa PKL diminta menuliskan hal-hal yang dapat dibaca dari gambar tersebut.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pernyataan yang tepat berdasarkan gambar adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)



Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Tinggi jatuh kotor sama dengan panjang pipa pesat yang tertulis pada gambar, yaitu 60 m.
☐ B. Tinggi jatuh kotor dari muka air bak penenang ke sumbu turbin adalah 28 m.
☐ C. Muka air saluran pembuang lebih tinggi daripada sumbu turbin sehingga runner terendam.
☐ D. Katup utama terpasang di ujung bawah pipa pesat, sebelum air masuk turbin.
☐ E. Bila muka air bak penenang turun 2 m, tinggi jatuh kotor menjadi 26 m.

23. Tim survei SMK (2027) perlu mengetahui tinggi jatuh calon PLTMH di sebuah anak sungai. Mereka membawa selang plastik bening berisi air, meteran gulung, ponsel ber-GPS, manometer, dan tachometer. Pada PLTMH lama di dekatnya, pipa pesat sudah terpasang dan katupnya dapat ditutup.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Cara pengukuran yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Selang berisi air dipakai sebagai sipat datar untuk mengukur beda tinggi bertahap.
☐ B. Ponsel ber-GPS dipakai karena memberikan beda tinggi yang teliti sampai sentimeter.
☐ C. Manometer di ujung bawah pipa pesat saat katup tertutup menunjukkan tinggi jatuh kotor.
☐ D. Meteran gulung ditarik mengikuti pipa pesat dari bak sampai turbin untuk mendapatkan tinggi jatuh.
☐ E. Tachometer diarahkan ke permukaan air di bak dan di turbin untuk mengukur beda tinggi.

24. Masjid di pulau kecil (2027) memakai PLTS off-grid dengan baterai 48 V 200 Ah; energi yang boleh diambil 80% dari kapasitas. Pengurus ingin tahu berapa malam penuh masjid tetap dapat menyala bila matahari tertutup awan tebal berhari-hari (modul dianggap tidak mengisi). Beban malam:

Beban	Daya	Jam pakai
Lampu	400 W	5 jam
Pengeras suara	250 W	3 jam
Kipas angin	250 W	1 jam

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Jumlah malam penuh yang dapat dilayani baterai adalah ....

A. 1 malam
B. 2 malam
C. 3 malam
D. 4 malam
E. 5 malam

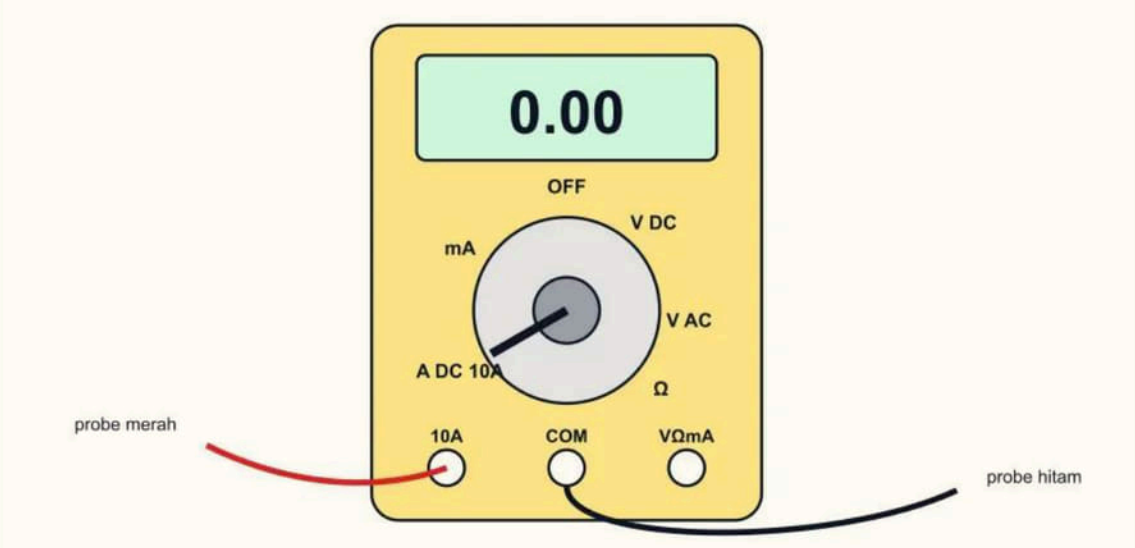
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

25. Andi akan mengukur tegangan rangkaian terbuka satu modul surya yang labelnya menyebut Voc 45 V (2027). Gambar menunjukkan keadaan multimeter tepat sebelum probe ditempelkan ke terminal modul. Rentang tegangan DC multimeter dapat dipilih otomatis.

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)

Pernyataan yang tepat adalah ....

(Jawaban benar lebih dari satu.)



Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Probe merah perlu dipindah dari jack 10A ke jack VΩmA.

☐ B. Penunjukan 0.00 pada layar menandakan modul rusak dan perlu diganti.

☐ C. Sakelar perlu diputar dari posisi A DC 10A ke posisi V DC.

☐ D. Sakelar sebaiknya diputar ke V AC karena modul tersambung ke inverter AC.

☐ E. Probe hitam sudah berada di jack yang benar, yaitu COM.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Lembar jawaban

No	A	B	C	D	E
1					
2					
3	○	○	○	○	○
4	○	○	○	○	○
5					
6	○	○	○	○	○
7	○	○	○	○	○
8	○	○	○	○	○
9	○	○	○	○	○

No	A	B	C	D	E
10	○	○	○	○	○
11					
12	○	○	○	○	○
13					
14	○	○	○	○	○
15	○	○	○	○	○
16	○	○	○	○	○
17					
18	○	○	○	○	○

No	A	B	C	D	E
19					
20	○	○	○	○	○
21	○	○	○	○	○
22					
23					
24	○	○	○	○	○
25					

Soal PG kompleks / Benar–Salah (nomor 1, 2, 5, 11, 13, 17, 19, 22, 23, 25): jawab langsung pada soalnya.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Tabel skor dan anjuran

Sub bab / subtopik	Nomor soal	Benar	Jika kurang separuh benar
Sub bab 1.1 · Tahapan dan proses aktivitas produksi energi terbarukan	9	___ / 1	Ulangi hlm. 11
Sub bab 1.2 · Contoh aktivitas produksi energi air, bayu, surya, dan biomassa	5	___ / 1	Ulangi hlm. 23
Sub bab 1.3 · Isu utama energi terbarukan: teknis dan lingkungan	6	___ / 1	Ulangi hlm. 36
Sub bab 1.4 · Perkembangan teknologi terkini dalam energi terbarukan	1	___ / 1	Ulangi hlm. 48
Sub bab 1.5 · Jenis profesi dan peluang usaha	10	___ / 1	Ulangi hlm. 60
Sub bab 2.1 · Komponen utama dan prinsip kerja pembangkit listrik tenaga hidro	4	___ / 1	Ulangi hlm. 88
Sub bab 2.2 · Komponen utama dan prinsip kerja pembangkit listrik tenaga surya	11	___ / 1	Ulangi hlm. 102
Sub bab 2.3 · Komponen utama dan prinsip kerja pembangkit listrik tenaga bayu	3	___ / 1	Ulangi hlm. 115
Sub bab 2.4 · Komponen utama dan prinsip kerja pembangkit listrik tenaga biomassa	7	___ / 1	Ulangi hlm. 128
Sub bab 2.5 · Prosedur dasar pengoperasian pembangkit dengan memperhatikan K3LH	13	___ / 1	Ulangi hlm. 142
Sub bab 2.6 · Budaya kerja industri bidang energi terbarukan	12	___ / 1	Ulangi hlm. 161
Sub bab 3.1 · Macam-macam peralatan gambar	2	___ / 1	Ulangi hlm. 192
Sub bab 3.2 · Standardisasi dalam pembuatan gambar	8	___ / 1	Ulangi hlm. 205
Sub bab 3.3 · Praktik menggambar teknik	15	___ / 1	Ulangi hlm. 222
Sub bab 3.4 · Membaca gambar sistem instalasi dan simbol energi terbarukan	22	___ / 1	Ulangi hlm. 235
Sub bab 4.1 · Konservasi energi	16	___ / 1	Ulangi hlm. 269
Sub bab 4.2 · Perhitungan dasar konversi energi hidro	14	___ / 1	Ulangi hlm. 283

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab / subtopik	Nomor soal	Benar	Jika kurang separuh benar
Sub bab 4.3 · Perhitungan dasar konversi energi surya	17	___ / 1	Ulangi hlm. 295
Sub bab 4.4 · Perhitungan dasar konversi energi bayu	20	___ / 1	Ulangi hlm. 309
Sub bab 4.5 · Perhitungan dasar konversi energi biomassa	19	___ / 1	Ulangi hlm. 322
Sub bab 4.6 · Analisis kecukupan energi hasil konversi terhadap kebutuhan beban	24	___ / 1	Ulangi hlm. 335
Sub bab 5.1 · Jenis dan fungsi alat ukur dan alat uji energi terbarukan	21	___ / 1	Ulangi hlm. 361
Sub bab 5.2 · Alat ukur pada pembangkit listrik tenaga hidro dan bayu	23	___ / 1	Ulangi hlm. 376
Sub bab 5.3 · Alat ukur pada pembangkit listrik tenaga surya dan biomassa	18	___ / 1	Ulangi hlm. 389
Sub bab 5.4 · Penggunaan alat ukur dan alat uji sesuai prosedur kerja	25	___ / 1	Ulangi hlm. 404

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Bagian D · Kunci dan Pembahasan

Urutan sama dengan buku. Setiap pembahasan memuat konsep, langkah, dan alasan tiap pilihan. Baca pembahasan soal yang kamu jawab salah — dan juga yang kamu jawab benar tetapi menebak.

Latihan sub bab 1.1

No. 1 Kunci: C

Konsep: Aliran PLTMH: intake (mengambil air) → saluran dan bak penenang (mengendapkan pasir, menenangkan aliran) → pipa pesat (energi potensial menjadi tekanan/kecepatan) → turbin (energi gerak putar) → generator (energi listrik) → panel/pengendali beban → jaringan.

Langkah:

1. Air harus masuk dulu lewat intake (4).
2. Air ditenangkan di bak penenang (2) sebelum masuk pipa pesat (5).
3. Air bertekanan memutar turbin (1), turbin memutar generator (3), lalu listrik diatur dan disalurkan (6).

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Pipa pesat ditempatkan sebelum bak penenang; air yang masuk pipa pesat harus sudah tenang dan bebas pasir.
- **B.** ✗ Jebakan: turbin ditaruh sebelum pipa pesat, padahal turbin digerakkan oleh air bertekanan dari pipa pesat.
- **C.** ✓ Intake → bak penenang → pipa pesat → turbin → generator → pengendali beban.
- **D.** ✗ Air tidak dapat ditenangkan di bak penenang sebelum masuk lewat intake.
- **E.** ✗ Jebakan: generator ditaruh sebelum turbin, padahal generator diputar oleh turbin.

Jawaban: C.

No. 2 Kunci: B

Konsep: Tahapan aktivitas produksi PLTB: survei potensi angin → pemilihan turbin/perancangan → pekerjaan sipil (pondasi) → pemasangan menara dan rotor → uji coba dan serah terima → operasi dan pemeliharaan.

Langkah:

1. Data angin dulu (2), baru turbin dipilih (4).
2. Pondasi (5) dibuat sesuai menara/turbin terpilih, lalu menara dan rotor dipasang (1).
3. Uji coba dan serah terima (3), lalu perawatan berkala (6).

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: mengikuti keinginan pengelola membeli turbin dulu; turbin dipilih tanpa data angin.
- **B.** ✓ Survei → pilih turbin → pondasi → pasang → uji coba → rawat.
- **C.** ✗ Pondasi dibuat sebelum turbin dipilih, padahal ukuran pondasi bergantung pada turbin dan menaranya.
- **D.** ✗ Menara dipasang sebelum pondasinya dibuat.
- **E.** ✗ Jebakan: uji coba dilakukan sebelum menara dan rotor terpasang.

Jawaban: B.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Latihan sub bab 1.2

No. 1 Kunci: B, D, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Sumber energi ditentukan oleh energi primer yang dikonversi: surya (sinar matahari), bayu (angin), air (aliran/terjunan air), biomassa (bahan organik). Letak atau media pemasangan tidak menentukan jenis sumber energinya.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: gelombang memang dibangkitkan angin, tetapi yang dikonversi pembangkit adalah gerak air laut; termasuk energi laut, bukan bayu.
- **Pernyataan 2** ✓ Cangkang sawit adalah bahan organik (biomassa).
- **Pernyataan 3** ✗ Jebakan: modul berada di atas air, tetapi sumber energinya sinar matahari.
- **Pernyataan 4** ✓ Energi gerak aliran air dimanfaatkan secara mekanis.
- **Pernyataan 5** ✓ Energi gerak udara (angin) diubah menjadi gerak pompa.

Jawaban: pernyataan 2, 4, 5.

No. 2 Kunci: 1B 2S 3S

Konsep: Aktivitas produksi energi terbarukan mengubah sumber energi terbarukan menjadi bentuk energi yang dapat dipakai (listrik, panas, gas bahan bakar). Kolektor surya menghasilkan panas; modul surya menghasilkan listrik. Pemanfaatan bahan tanpa konversi energi bukan produksi energi.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1 → Benar.** Bahan organik diuraikan secara anaerob menjadi biogas (energi kimia) lalu dibakar menjadi panas.
- **Pernyataan 2 → Salah.** Jebakan: sumbernya memang matahari, tetapi kolektor surya menghasilkan panas, bukan listrik.
- **Pernyataan 3 → Salah.** Ampas dimanfaatkan sebagai bahan pakan; tidak ada konversi energi.

Jawaban: Benar, Salah, Salah.

Latihan sub bab 1.3

No. 1 Kunci: 1S 2B 3B

Konsep: Isu PLTS: sifat intermiten (tidak berproduksi malam hari) sehingga perlu penyimpanan untuk beban malam; limbah baterai timbal-asam adalah limbah B3 yang dikumpulkan utuh dan diserahkan ke pengelola berizin.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1 → Salah.** Jebakan: APD tidak membuat pembongkaran aman; serbuk timbal dan asam mencemari lingkungan dan tubuh. Aki bekas diserahkan utuh ke pengolah berizin.
- **Pernyataan 2 → Benar.** Aki timbal-asam termasuk limbah B3; dibongkar sendiri berbahaya bagi kesehatan.
- **Pernyataan 3 → Benar.** Jebakan bagi yang setuju usulan warga: modul hanya berproduksi saat ada sinar matahari (sifat intermiten).

Jawaban: Salah, Benar, Benar.

No. 2 Kunci: D

Konsep: Isu lingkungan PLTB meliputi kebisingan, bayangan berkedip (shadow flicker), dan keselamatan. Penanganan terbaik menjauhkan sumber gangguan dari permukiman pada lokasi dengan potensi angin setara sehingga produksi tidak berkurang.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Langkah:

1. Keluhan: bising malam dan bayangan berkedip → jarak terlalu dekat.
2. Produksi terbesar malam hari → mematikan turbin malam merugikan.
3. Lokasi 350 m dengan angin setara → pindahkan turbin.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: keluhan hilang, tetapi produksi hilang tepat saat angin paling kencang.
- **B.** ✗ Jebakan: jarak bertambah, tetapi anginnya lebih lemah sehingga produksi turun, padahal tersedia lokasi berangin setara yang lebih jauh.
- **C.** ✗ Jebakan: mengubah rotor tidak menghilangkan bayangan berkedip dan belum tentu mengurangi bunyi; unjuk kerja turbin juga berubah.
- **D.** ✓ Jarak menjauhkan bunyi dan bayangan, sedangkan angin di lokasi baru hampir sama.
- **E.** ✗ Pohon memerlukan waktu bertahun-tahun untuk tinggi dan dapat menghalangi angin yang menuju turbin.

Jawaban: D.

Latihan sub bab 1.4

No. 1 Kunci: 1B 2B 3S

Konsep: Baterai LiFePO4 adalah perkembangan teknologi penyimpanan PLTS: DoD lebih dalam, umur siklus lebih panjang, lebih ringan. Energi terpakai = V × Ah × DoD. Setiap jenis baterai memerlukan profil pengisian yang sesuai pada SCC.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1 → Benar.** VRLA: 12 × 100 × 0,5 = 600 Wh; LiFePO4: 12 × 100 × 0,8 = 960 Wh.
- **Pernyataan 2 → Benar.** 3.000 ÷ 500 = 6 kali jumlah siklus.
- **Pernyataan 3 → Salah.** Jebakan: tegangan nominal sama, tetapi tegangan dan cara pengisian LiFePO4 berbeda; mode SCC harus diubah ke mode lithium/LiFePO4.

Jawaban: Benar, Benar, Salah.

No. 2 Kunci: B, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Perkembangan teknologi PLTS: pemantauan jarak jauh (IoT) mempercepat deteksi gangguan, BMS melindungi sel baterai lithium, inverter hibrida mengelola beberapa sumber. Teknologi ini tidak menggantikan perawatan fisik dan tidak menaikkan kemampuan modul.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: BMS melindungi sel dari batas berbahaya, tetapi pengosongan yang sangat dalam setiap hari tetap memperpendek umur baterai.
- **Pernyataan 2** ✓ Pemantauan jarak jauh mempercepat deteksi gangguan.
- **Pernyataan 3** ✓ BMS menjaga setiap sel tetap dalam batas aman.
- **Pernyataan 4** ✗ Jebakan: pemantauan membantu mengetahui gangguan lebih cepat, tetapi tidak mencegah gangguan; perbaikan tetap dilakukan di lapangan.
- **Pernyataan 5** ✓ Inverter hibrida mengelola beberapa sumber sekaligus.

Jawaban: pernyataan 2, 3, 5.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Latihan sub bab 1.5

No. 1 Kunci: B

Konsep: Peluang usaha bidang energi terbarukan dipilih dari kebutuhan nyata pelanggan dan kompetensi yang dimiliki. Kebutuhan warga di sini adalah perawatan (pembersihan, pemeriksaan sambungan) dan pendampingan membaca pemantau.

Langkah:

1. Kebutuhan: modul berdebu, sambungan belum diperiksa, warga tidak paham pemantau.
2. Kompetensi Raka: pemeliharaan PLTS; modal terbatas.
3. Usaha yang cocok: jasa perawatan berkala.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: masih bidang PLTS, tetapi warga sudah memiliki modul dan inverter; kebutuhannya perawatan, bukan barang baru.
- **B.** ✓ Menjawab keluhan warga dan sesuai sertifikat kompetensi serta modal Raka.
- **C.** ✗ Pabrik modul memerlukan modal dan teknologi besar dan tidak menjawab keluhan perawatan.
- **D.** ✗ Instalasi gedung bertingkat di luar kebutuhan warga perumahan tersebut.
- **E.** ✗ Genset tidak menjawab penyebab turunnya produksi PLTS.

Jawaban: B.

No. 2 Kunci: A, C

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Profesi bidang energi terbarukan antara lain: teknisi instalasi, teknisi operasi dan pemeliharaan (O&M), operator pembangkit, drafter, auditor/pengelola energi, teknisi biogas, dan wirausaha jasa. Setiap profesi dikenali dari tugas utamanya.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✓ Tugas perawatan dan pencatatan rutin adalah pekerjaan teknisi O&M.
- **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: teknisi instalasi memasang sistem; mengukur pemakaian energi gedung dan memberi saran penghematan adalah tugas auditor/pengelola energi.
- **Pernyataan 3** ✓ Pengoperasian harian PLTMH adalah tugas operator.
- **Pernyataan 4** ✗ Jebakan: tugas menyusun gambar teknik adalah tugas juru gambar (drafter); auditor energi mengukur dan menganalisis pemakaian energi.
- **Pernyataan 5** ✗ Jebakan: sama-sama bidang biomassa, tetapi operator PLTBm mengoperasikan pembangkit; pemasangan digester adalah tugas teknisi biogas.

Jawaban: pernyataan 1, 3.

Kuis Akhir Bab 1

No. 1 Kunci: A, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Urutan proyek pembangkit kecil mengikuti ketergantungan antartahap: data lokasi sebelum penentuan letak, pemeriksaan struktur sebelum pemasangan beban, pemeriksaan sambungan sebelum sistem dihidupkan, uji coba sebelum serah terima, dan catatan uji awal sebagai pembanding perawatan.

Langkah:

1. Untuk tiap pernyataan, tanyakan: apa yang harus sudah diketahui sebelum langkah ini dikerjakan?
2. Pernyataan 1: letak modul perlu data bayangan → benar.
3. Pernyataan 2: kekuatan atap perlu diketahui sebelum beban dipasang → pernyataan yang menaruhnya setelah modul terpasang salah.
4. Pernyataan 3: sambungan DC diperiksa sebelum inverter menerima tegangan → benar.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

5. Pernyataan 4: uji coba mendahului serah terima → pernyataan yang membalik urutan salah.
6. Pernyataan 5: catatan uji awal berguna sebagai pembanding → benar.

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1** ✓ Letak modul bergantung pada bayangan; bila diukur belakangan, modul bisa terlanjur dipasang di tempat yang teduh pada jam produksi utama.
• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: "beban sebenarnya baru terlihat setelah terpasang". Berat modul dan dudukan sudah diketahui dari spesifikasi; atap yang tidak kuat harus diketahui sebelum pemasangan, bukan setelah beban terpasang.
• **Pernyataan 3** ✓ Sambungan terbalik atau tegangan yang melebihi batas ketahuan lebih dahulu, sehingga inverter tidak rusak saat pertama kali menerima listrik.
• **Pernyataan 4** ✗ Jebakan: pengelola dianggap penguji. Serah terima diberikan setelah tim membuktikan sistem bekerja dan aman; menunda uji coba memindahkan risiko kepada pengelola.
• **Pernyataan 5** ✓ Nilai awal (tegangan, arus, produksi) menjadi acuan: penurunan pada pemeriksaan berikutnya menunjukkan ada masalah.

Jawaban: pernyataan 1, 3, 5.

No. 2 Kunci: B

Konsep: Pekerjaan pembangkit kecil berjalan dari yang menentukan ke yang melaksanakan: kumpulkan data kebutuhan, tentukan ukuran dari data itu, bangun dan periksa konstruksi, isi bahan, baru gunakan hasilnya. Tiap tahap memakai hasil tahap sebelumnya, sehingga urutannya tidak boleh ditukar.

Langkah:
1. Data dahulu: jumlah ternak dan kebutuhan memasak (T) menjadi dasar menghitung kebutuhan gas (Q).
2. Ukuran digester (Q) harus ada sebelum digester dibangun dan diperiksa kebocorannya (S).
3. Digester yang sudah rapat dan tidak bocor baru diisi campuran kotoran dan air (P).
4. Gas terbentuk setelah fermentasi berjalan, baru pipa gas disambung dan kompor dinyalakan (R).
5. Periksa: T → Q → S → P → R tidak melanggar satu pun ketergantungan.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Jebakan: ukuran digester dihitung (Q) sebelum ada data ternak dan kebutuhan (T), sehingga hitungan tidak punya dasar.
• **B.** ✓ Data (T) menjadi dasar ukuran (Q), digester dibangun dan diperiksa (S), lalu diisi (P) dan gasnya dipakai (R): semua ketergantungan terpenuhi.
• **C.** ✗ Jebakan: digester diisi (P) sebelum dibangun (S); bahan tidak punya wadah, dan retakan nanti sulit diperbaiki bila sudah berisi.
• **D.** ✗ Jebakan: kompor dinyalakan (R) sebelum digester diisi (P); belum ada gas yang dapat dibakar.
• **E.** ✗ Jebakan: digester dibangun (S) sebelum ukuran ditetapkan (Q); bangunan bisa terlalu kecil atau terlalu besar untuk kebutuhan keluarga.

Jawaban: B.

No. 3 Kunci: 1S 2B 3B

Konsep: Alur turbin angin kecil: energi gerak angin → energi gerak putar rotor dan poros → listrik AC dari generator → penyearah dan pengendali (menjadi DC terkendali) → baterai (energi kimia) → inverter (hanya bila ada beban AC) → beban. Di tiap titik, bentuk listrik harus cocok dengan komponen berikutnya.

Langkah:
1. Generator magnet permanen menghasilkan AC dengan tegangan yang naik-turun menurut putaran → perlu penyearah dan pengendali sebelum baterai (pernyataan 1 salah, 2 benar).

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. Beban dermaga: lampu 220 V AC (perlu inverter) dan pompa 12 V DC (tidak perlu).
3. Bila lampu 12 V, semua beban DC → inverter tidak diperlukan (pernyataan 3 benar).

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1 → Salah.** Jebakan: "sama-sama listrik". Baterai hanya dapat diisi arus searah dan tegangan pengisiannya harus terkendali; keluaran generator yang berubah-ubah harus lebih dahulu melewati penyearah dan pengendali.

• **Pernyataan 2 → Benar.** Penyearah mengubah AC menjadi DC, dan pengendali menjaga tegangan serta arus pengisian agar baterai tidak rusak.

• **Pernyataan 3 → Benar.** Inverter hanya perlu bila ada beban bolak-balik. Pompa sudah memakai 12 V DC, sehingga bila lampu juga 12 V seluruh beban dapat langsung memakai listrik baterai.

Jawaban: Salah, Benar, Benar.

No. 4 Kunci: D

Konsep: Baterai menyimpan energi dalam bentuk energi kimia dan melepasnya sebagai listrik DC. Pengendali pengisian hanya berada di jalur pengisian (modul → baterai). Pompa pada gambar memerlukan AC (panah terakhir berlabel AC), sehingga DC dari baterai harus melewati inverter.

Langkah:

1. Pukul 21.00 tidak ada cahaya → modul tidak menghasilkan listrik, jalur modul → P → Q tidak mengalirkan energi.
2. Sumber energi malam hari adalah baterai (Q): energi kimia dilepas sebagai listrik DC.
3. Gambar menunjukkan panah dari Q langsung ke R dengan label DC; P tidak berada di jalur itu.
4. Panah dari R ke pompa berlabel AC → R (inverter) mengubah DC menjadi AC.
5. Jadi jalur malam hari: Q → R → pompa.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: modul dianggap terus bekerja. Tanpa cahaya, modul tidak menghasilkan listrik sama sekali.

• **B.** ✗ Jebakan: pengendali dianggap selalu dilalui. Pada gambar, P hanya berada di antara modul dan baterai (jalur pengisian), bukan di jalur pelepasan ke inverter.

• **C.** ✗ Jebakan: baterai dikira menyimpan AC. Baterai menyimpan energi kimia dan melepasnya sebagai DC; AC dihasilkan oleh inverter.

• **D.** ✓ Jalur malam hari: baterai (energi kimia) → listrik DC → inverter → listrik AC → pompa, sesuai panah dan label pada gambar.

• **E.** ✗ Jebakan: panah terakhir berlabel AC, menunjukkan pompa ini memerlukan arus bolak-balik; DC dari baterai tidak dapat memutarnya langsung.

Jawaban: D.

No. 5 Kunci: C

Konsep: Daya PLTMH berbanding lurus dengan debit pada tinggi jatuh yang sama. Tanpa baterai atau genset, daya yang dapat dijamin sepanjang tahun ditentukan oleh debit paling kecil (musim kemarau), bukan oleh debit musim hujan atau rata-ratanya.

Langkah:

1. Tinggi jatuh sama (12 m) → perbandingan daya cukup dengan membandingkan debit.
2. Syarat: listrik tersedia sepanjang tahun tanpa penyimpan dan cadangan → yang menentukan adalah debit terkecil per sungai.
3. Debit kemarau: A = 8, B = 30, C = 4, D = 24 L/s → terbesar B.
4. Jebakan angka: rata-rata tertinggi C (77 L/s), selisih terkecil D (12 L/s), tetapi keduanya tidak menjamin daya kemarau.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: debit hujan 90 L/s menggoda, tetapi saat kemarau tinggal 8 L/s sehingga daya turun jauh.

• **B.** ✗ Jebakan: rata-rata C tertinggi (77 L/s), tetapi debit kemaraunya hanya 4 L/s; rata-rata tidak menjamin daya saat kemarau.

• **C.** ✓ Debit kemarau B (30 L/s) paling besar di antara empat sungai, sehingga daya yang terjamin sepanjang tahun paling besar.

• **D.** ✗ Jebakan: selisih D paling kecil (12 L/s), tetapi stabil pada debit yang lebih rendah (24 L/s) daripada B (30 L/s).

• **E.** ✗ Jebakan: semua sungai memang turun saat kemarau, tetapi pertanyaannya memilih yang paling tepat; B tetap yang paling baik.

Jawaban: C.

No. 6 Kunci: E

Konsep: Sumber energi dipilih dari ciri lokasi: PLTMH perlu debit dan tinggi jatuh sepanjang tahun, PLTB perlu angin yang cukup kuat dan tetap, biogas perlu bahan organik dalam jumlah banyak, PLTS perlu cahaya matahari dan tempat pasang yang tidak ternaungi.

Langkah:

1. Sungai: kering delapan bulan → debit tidak tersedia sepanjang tahun → PLTMH tidak cocok.
2. Angin 2 m/s → lemah → PLTB tidak cocok.
3. Unggas 1–2 ekor per keluarga → kotoran sangat sedikit → biogas tidak cocok.
4. Matahari terik hampir sepanjang tahun dan atap seng terbuka → PLTS atap cocok.
5. Menggabungkan dua sumber yang sama-sama tidak mendukung tidak menyelesaikan masalah.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: keberadaan sungai dianggap cukup. Sungai kering delapan bulan setahun tidak dapat memutar turbin sepanjang tahun.

• **B.** ✗ Jebakan: "cekungan terbuka" terdengar mendukung angin, padahal angin rata-rata hanya 2 m/s dan cekungan justru melindungi dari angin.

• **C.** ✗ Jebakan: "ada hewan, berarti ada bahan". Kotoran 1–2 ekor ayam per keluarga terlalu sedikit untuk digester.

• **D.** ✗ Jebakan: menggabungkan dua sumber dianggap selalu lebih aman, padahal kedua sumbernya sendiri tidak mendukung.

• **E.** ✓ Matahari terik hampir sepanjang tahun dan atap seng terbuka tanpa naungan memenuhi syarat PLTS atap.

Jawaban: E.

No. 7 Kunci: C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Produksi energi adalah kegiatan yang mengubah sumber (bahan organik, cahaya, aliran air, angin) menjadi energi siap pakai seperti gas atau listrik. Penyedia bahan baku, pemakai energi, dan hasil sampingan tidak dihitung sebagai produksi energi.

Langkah:

1. Baca keterangan tiap nomor pada denah: 1 kandang sapi, 2 bak pencampur, 3 bak tertutup dengan pipa gas, 4 kompor gas, 5 kolam ampas cair, 6 atap berpanel surya.
2. Nomor 3: kotoran dan air berubah menjadi gas yang dibakar → produksi.
3. Nomor 6: cahaya menjadi listrik → produksi.
4. Nomor 1 (penyedia bahan), 4 (pemakai gas), 5 (hasil sampingan) → bukan produksi energi.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: "mengandung bahan organik, berarti penghasil energi". Ampas cair adalah hasil sampingan yang dipakai sebagai pupuk; energinya tidak diproduksi di kolam itu.

• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: bahan baku dianggap produksi. Kandang hanya penyedia kotoran; belum ada energi baru yang dihasilkan.

• **Pernyataan 3** ✓ Bak tertutup kedap udara (digester) memfermentasi kotoran dan air menjadi biogas, yaitu gas yang dapat dibakar: bahan diubah menjadi energi siap pakai.

• **Pernyataan 4** ✗ Jebakan: nyala api dianggap produksi. Kompor memakai gas yang sudah ada; ini pemakaian energi, bukan produksi.

• **Pernyataan 5** ✓ Panel surya mengubah cahaya matahari menjadi listrik yang dialirkan ke pompa air: produksi energi surya.

Jawaban: pernyataan 3, 5.

No. 8 Kunci: A

Konsep: Modul yang dirangkai seri menjumlahkan tegangannya: Voc string = jumlah modul × Voc satu modul. Susunan ditetapkan pada tahap menentukan jumlah dan susunan modul; bila Voc string melebihi batas masukan inverter, yang keliru adalah rancangan susunannya, bukan pemasangannya.

Langkah:

1. Voc string = 12 × 45 V = 540 V.
2. Batas masukan inverter 500 V → 540 V melebihi batas sebesar 40 V.
3. Kabel sudah sesuai gambar kerja dan modul tidak rusak → pemasangan (tahap 4) tidak keliru; gambar kerjanya yang menetapkan 12 modul seri.
4. Susunan ditetapkan di tahap (2), jadi tahap (2) diulang, misalnya menjadi 10 modul seri (10 × 45 = 450 V).
5. Periksa: 450 V kurang dari 500 V, memenuhi batas.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✓ Susunan 12 modul seri ditetapkan pada tahap (2); 12 × 45 V = 540 V melebihi batas 500 V, sehingga tahap (2) yang harus diulang.

• **B.** ✗ Jebakan: tegangan terbuka modul hampir tidak berubah oleh kuatnya cahaya; survei lokasi tidak menentukan jumlah modul per string.

• **C.** ✗ Jebakan: kemiringan dudukan memengaruhi jumlah cahaya yang diterima, bukan tegangan terbuka rangkaian modul seri.

• **D.** ✗ Jebakan: kabel sudah sesuai gambar kerja. Menyambung ulang kabel yang sudah benar tidak mengubah jumlah modul dalam string.

• **E.** ✗ Jebakan: menunggu cuaca mendung hanya menutupi gejala; pada hari cerah tegangan tetap melebihi batas dan inverter dapat rusak.

Jawaban: A.

No. 9 Kunci: B, D, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Dampak teknis dan lingkungan gasifikasi: tar mencemari air bila dibuang, abu dapat dimanfaatkan, gas hasil gasifikasi mudah terbakar dan mengandung CO beracun, dan nyala berasap hitam menandakan pembakaran tidak sempurna. Penanganannya memakai pengendalian di sumber (bahan kering, udara tepat) dan pengamanan (ventilasi, deteksi gas).

Langkah:

1. Pernyataan 1: tar tidak boleh dibuang ke selokan → salah.
2. Pernyataan 2: abu dimanfaatkan → benar.
3. Pernyataan 3: gas sisa tidak boleh dilepas sembarangan → salah.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

4. Pernyataan 4: nyala berasap hitam → periksa kekeringan bahan dan udara → benar.
5. Pernyataan 5: CO tidak berbau, beracun → ventilasi dan detektor → benar.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1 ✗** Jebakan: suhu rendah dianggap berarti aman. Tar adalah pencemar berbau dan beracun; suhu rendah tidak menghilangkan sifat itu sehingga air cucian harus ditampung dan diolah.
• **Pernyataan 2 ✓** Abu sisa dapat dimanfaatkan sehingga limbah berkurang dan sungai tidak tercemar.
• **Pernyataan 3 ✗** Jebakan: gas dianggap uap. Gas hasil gasifikasi mudah terbakar dan mengandung karbon monoksida; harus dibakar di obor penyala atau dialirkan dengan aman.
• **Pernyataan 4 ✓** Asap hitam menunjukkan pembakaran tidak sempurna; penyebab umumnya bahan bakar basah atau pasokan udara yang tidak sesuai.
• **Pernyataan 5 ✓** Karbon monoksida tidak berwarna dan tidak berbau tetapi beracun; ventilasi dan detektor mencegah keracunan.

Jawaban: pernyataan 2, 4, 5.

No. 10 Kunci: C

Konsep: Peluang usaha jasa di bidang energi terbarukan dipilih dari kecocokan antara kompetensi pelaku dan kebutuhan nyata lingkungan: kebutuhan tanpa kompetensi sulit dipenuhi, kompetensi tanpa kebutuhan tidak berkembang.

Langkah:

1. Kebutuhan: separuh lampu padam karena baterai dan pengendali; tidak ada bengkel.
2. Kompetensi Zaki: pemeliharaan PLTS, perkakas dasar.
3. Peluang yang memadukan keduanya: jasa servis dan penggantian baterai serta pengendali lampu jalan surya.
4. Pilihan lain jauh dari kompetensi atau tidak menjawab penyebab padam.

Analisis setiap opsi:

• **A. ✗** Jebakan: modul surya dianggap kebutuhan; padamnya lampu bukan karena kekurangan modul, dan pabrik jauh melampaui kompetensi perakitan dan pemeliharaan.
• **B. ✗** Jebakan: genset menerangi sementara tetapi tidak sesuai kompetensi Zaki dan tidak memperbaiki penyebab padam.
• **C. ✓** Sesuai kompetensi pemeliharaan PLTS dan menjawab kebutuhan: baterai dan pengendali adalah penyebab padam.
• **D. ✗** Jebakan: lampu hias berdaya besar tidak menjawab penyebab padam dan tidak berkaitan dengan kompetensi.
• **E. ✗** Jebakan: menggantikan seluruh lampu surya tidak diperlukan, dan memasang turbin angin di setiap desa tidak sesuai kompetensi dan kebutuhan.

Jawaban: C.

No. 11 Kunci: E

Konsep: Modul menghasilkan tegangan lebih tinggi daripada tegangan pengisian baterai. Pengendali PWM menurunkan tegangan modul ke tegangan baterai sehingga sebagian daya modul tidak termanfaatkan, sedangkan MPPT menjaga modul pada titik daya maksimum dan mengubah selisih tegangan menjadi tambahan arus. Saat modul dingin, tegangannya lebih tinggi sehingga tambahan MPPT makin besar.

Langkah:

1. Tambahan MPPT per jam: 07.00–09.00 = 410 − 310 = 100 Wh (100 ÷ 310 ≈ 32%).
2. 09.00–12.00 = 1.280 − 1.150 = 130 Wh (130 ÷ 1.150 ≈ 11%).
3. 12.00–15.00 = 1.120 − 1.040 = 80 Wh (80 ÷ 1.040 ≈ 8%).
4. 15.00–17.00 = 350 − 270 = 80 Wh (80 ÷ 270 ≈ 30%).

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

5. MPPT menambah energi di semua jam; persentase terbesar pada jam modul dingin (≈ 32% dan ≈ 30%), terkecil saat modul panas (≈ 8%).

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: tambahan tidak sama; 100, 130, 80, dan 80 Wh berbeda, dan dalam persen berkisar 8–32%.

• **B.** ✗ Jebakan: pada cuaca cerah MPPT tetap menambah 130 Wh (≈ 11%) dan 80 Wh (≈ 8%); tidak benar tidak ada selisih.

• **C.** ✗ Jebakan: pada siang panas pun MPPT lebih tinggi (1.120 lawan 1.040 Wh); PWM tidak unggul pada jam mana pun.

• **D.** ✗ Jebakan: saat modul paling panas tambahan MPPT paling kecil (80 Wh, ≈ 8%), bukan paling besar.

• **E.** ✓ Pada semua jam B lebih tinggi; persentase tambahan terbesar pada jam modul dingin (≈ 32% dan ≈ 30%) dan terkecil saat modul panas (≈ 8%).

Jawaban: E.

No. 12 Kunci: A

Konsep: Teknologi yang menambah produksi sering menambah syarat: pelacak surya memerlukan perawatan bagian bergerak dan perlindungan dari angin kencang. Teknologi dipilih bila kondisi lokasi memenuhi syarat itu; keunggulan di atas kertas tidak cukup.

Langkah:

1. Syarat pelacak: pelumasan dan pemeriksaan tiap bulan, serta perlindungan dari angin kencang.
2. Desa P: teknisi tiap minggu dan dataran terbuka → syarat terpenuhi.
3. Desa Q: teknisi tiga bulan sekali dan angin kencang → dua syarat gagal.
4. Pelacak lebih cocok di Desa P.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✓ Teknisi mingguan memenuhi syarat perawatan bulanan, dan sawah di dataran tidak berangin kencang seperti bukit.

• **B.** ✗ Jebakan: cahaya lebih banyak di bukit tidak menghapus syarat perawatan bulanan dan perlindungan dari angin kencang.

• **C.** ✗ Jebakan: perawatan dianggap sepele. Bagian bergerak yang tidak dirawat cepat rusak, sehingga tambahan produksi hilang.

• **D.** ✗ Jebakan: pelacak memang menambah produksi bila terawat; menyatakan rangka tetap selalu lebih banyak salah.

• **E.** ✗ Jebakan: syarat pemeriksaan adalah tiap bulan, bukan tiga bulan sekali; angin kencang di bukit juga membahayakan pelacak.

Jawaban: A.

No. 13 Kunci: A

Konsep: Produksi listrik dari biomassa: bahan bakar organik dibakar menjadi panas dan uap (energi kimia → panas), uap memutar turbin (panas → gerak), generator mengubah gerak menjadi listrik. Memakai uap bekas untuk merebus dan memakai listrik untuk penerangan adalah pemanfaatan hasil.

Langkah:

1. Tahap produksi listrik: bahan bakar → uap → turbin → generator.
2. (1) membakar cangkang menjadi uap dan (2) memutar turbin-generator termasuk rangkaian itu.
3. (3) memakai uap bekas untuk merebus adalah pemanfaatan panas, (4) memakai listrik untuk penerangan dan motor adalah pemakaian listrik.
4. Pasangan yang tepat: (1) dan (2).

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✓ (1) mengubah cangkang menjadi uap dan (2) mengubah uap menjadi listrik: keduanya tahap produksi listrik dari biomassa.

• **B.** ✗ Jebakan: (3) memakai uap bekas untuk merebus dianggap tahap produksi; ini pemanfaatan sisa panas, bukan pembuatan listrik.

• **C.** ✗ Jebakan: (4) dianggap tahap produksi karena menyangkut listrik, padahal listrik itu dipakai, bukan diproduksi; (1) yang membuka rangkaian produksi ikut tertinggal.

• **D.** ✗ Jebakan: kedua kegiatan adalah pemanfaatan hasil (uap bekas dan listrik); tidak satu pun mengubah bahan bakar menjadi listrik.

• **E.** ✗ Jebakan: (4) hanya pemakai listrik; pasangan ini melewatkan (2) yang mengubah uap menjadi listrik.

Jawaban: A.

No. 14 Kunci: B

Konsep: Pencocokan profesi dengan calon pekerja menimbang tugas, syarat khusus, keterampilan, dan keadaan. Satu syarat yang bertentangan sudah cukup untuk menggugurkan sebuah posisi, sehingga posisi yang dipilih harus memenuhi semuanya sekaligus.

Langkah:

1. Keterampilan Lia: alat ukur; keadaan: tidak di ketinggian, tidak malam, belum pernah memakai perangkat lunak gambar.
2. Teknisi pemasang PLTS atap: bekerja di ketinggian → gugur.
3. Operator PLTMH: kerja bergilir termasuk malam → gugur.
4. Juru gambar CAD: memerlukan perangkat lunak gambar yang belum dikuasai → gugur.
5. Surveyor potensi energi: memakai alat ukur, di lapangan, tanpa ketinggian dan tanpa kerja malam → sesuai.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: keterampilan alat ukur dan kesukaan lapangan cocok, tetapi syarat bekerja di ketinggian bertentangan dengan keadaan Lia.

• **B.** ✓ Tugas mengukur debit, angin, dan cahaya memakai alat ukur yang Lia kuasai, dan syaratnya (berjalan di medan) tidak bertentangan dengan keadaannya.

• **C.** ✗ Jebakan: pemahaman pembangkit cocok, tetapi kerja bergilir termasuk malam bertentangan dengan keadaan Lia.

• **D.** ✗ Jebakan: tidak ada ketinggian dan kerja malam, tetapi Lia belum pernah memakai perangkat lunak gambar yang menjadi syarat.

• **E.** ✗ Jebakan: sertifikat dapat diurus, tetapi Lia tidak dapat bekerja di ketinggian; sertifikat tidak mengubah keadaan itu.

Jawaban: B.

No. 15 Kunci: E

Konsep: PLTMH memakai air dari sungai; bila seluruh debit dibelokkan, bagian sungai di bawah bendung kekeringan. Dampak ini dikurangi dengan menyisakan aliran minimum yang tetap mengalir ke hilir (lewat pintu atau celah di bendung), sehingga ikan dan pemakai air di hilir tetap terlayani.

Langkah:

1. Gejala: sungai kering di bawah bendung, ikan mati, petani hilir kekurangan air.
2. Penyebab: seluruh debit dibelokkan ke saluran pembawa.
3. Penanganan di sumber: sisakan sebagian aliran agar hilir tetap berair.
4. Tindakan lain tidak mengubah penyebabnya.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: pipa lebih besar mengalirkan air lebih lancar ke turbin; itu justru dapat menarik air lebih banyak dari sungai.

• **B.** ✗ Jebakan: turbin efisien menghemat air tetapi tidak menjamin ada aliran yang tersisa di sungai; sungai bisa tetap kering bila seluruh air tetap dibelokkan.

• **C.** ✗ Jebakan: bak pengendap mengurangi pasir, bukan jumlah air; masalahnya adalah sungai kering, bukan air keruh.

• **D.** ✗ Jebakan: benar tetapi tidak menjawab; kolam ikan tidak mengembalikan air bagi petani hilir dan tidak memulihkan sungai.

• **E.** ✓ Menyisakan sebagian aliran menjaga sungai di bawah bendung tetap berair, sehingga ikan dan petani hilir terlayani sambil PLTMH tetap bekerja.

Jawaban: E.

No. 16 Kunci: A, C, D

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Kecocokan lulusan dengan lowongan dinilai per syarat: yang sudah dipenuhi, yang dapat dipenuhi lewat pelatihan atau uji yang disediakan, dan yang tidak boleh dilewati (keselamatan). Sertifikat bidang lain tidak otomatis menggantikan sertifikat unit kerja yang diminta.

Langkah:

1. Syarat (a): terpenuhi (pernyataan 1 benar).
2. Syarat (b) dan (d): belum, tetapi dapat dilatih dengan pengawasan (pernyataan 3 benar).
3. Syarat (c): alternatif uji kompetensi dipenuhi lewat kesediaan (pernyataan 4 benar); sertifikat PLTMH tidak menggantikan sertifikat pemasangan (pernyataan 2 salah).
4. Bekerja tunggal di atap tanpa pendampingan mengabaikan keselamatan (pernyataan 5 salah).

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1** ✓ Membaca gambar kerja dan diagram satu garis adalah syarat (a); Citra sudah mahir pada diagram satu garis.

• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: bidang sama dianggap kompetensi sama. Syarat (c) menyebut sertifikat pemasangan PLTS atau kesediaan uji; sertifikat pengoperasian PLTMH bukan unit kerja yang sama.

• **Pernyataan 3** ✓ Citra belum pernah bekerja di atap dan baru siap memakai alat penahan jatuh; pelatihan dengan pengawasan menutup kekurangan itu.

• **Pernyataan 4** ✓ Syarat (c) membolehkan alternatif: bersedia mengikuti uji dalam tiga bulan; Citra menyatakan siap.

• **Pernyataan 5** ✗ Jebakan: kemahiran membaca diagram dianggap cukup. Pekerjaan di atap menuntut kompetensi pemasangan dan alat penahan jatuh yang belum dikuasai; ia perlu pendampingan.

Jawaban: pernyataan 1, 3, 4.

No. 17 Kunci: D

Konsep: Jenis turbin dipilih menurut tinggi jatuh dan debit lokasi. Turbin yang cocok adalah yang rentang kerjanya mencakup kedua nilai itu; satu syarat saja tidak cukup. Turbin ulir dikembangkan untuk tinggi jatuh rendah dengan debit sedang sampai besar.

Langkah:

1. Lokasi: tinggi jatuh 3 m, debit 250 L/s.
2. Pelton: tinggi 40–500 m → 3 m di luar rentang.
3. Aliran silang: tinggi 5–100 m → 3 m di luar rentang (kurang dari batas bawah 5 m).
4. Francis: tinggi 10–300 m → 3 m di luar rentang.
5. Ulir: tinggi 1–6 m ✓ dan debit 100–5.000 L/s ✓ → hanya ulir yang memenuhi keduanya.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: debit cocok, tetapi tinggi jatuh 3 m jauh di bawah rentang 40–500 m.

• **B.** ✗ Jebakan: "hampir mencapai batas bawah" tidak sama dengan berada dalam rentang; 3 m masih di bawah batas bawah 5 m.

• **C.** ✗ Jebakan: debit cocok, tetapi tinggi jatuh 3 m di bawah rentang 10–300 m.

• **D.** ✓ Tinggi jatuh 3 m berada dalam 1–6 m dan debit 250 L/s berada dalam 100–5.000 L/s; hanya turbin ulir yang memenuhi keduanya.

• **E.** ✗ Jebakan: turbin ulir memang dirancang untuk tinggi jatuh rendah, sehingga ada jenis yang cocok.

Jawaban: D.

No. 18 Kunci: C

Konsep: Matahari hanya tersedia siang hari, sehingga sumber surya bersifat berubah menurut waktu. Tanpa penyimpan, listrik hanya ada selama ada cahaya. Penyelesaiannya adalah menyimpan kelebihan energi siang di baterai (dengan pengendali pengisian) untuk dipakai saat gelap.

Langkah:

1. Modul bersih dan tidak ternaungi, lampu menyala siang hari → produksi siang tidak bermasalah.
2. Lampu padam saat senja → listrik hanya ada selama ada cahaya karena tidak ada penyimpan.
3. Penyelesaian: tambahkan baterai dan pengendali pengisian agar energi siang dapat dipakai malam.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: modul tambahan hanya menambah listrik saat ada cahaya; tanpa penyimpan, lampu tetap padam saat gelap.

• **B.** ✗ Jebakan: modul sudah bersih. Membersihkannya tidak menghasilkan listrik saat cahaya hilang.

• **C.** ✓ Baterai menyimpan energi siang dan melepasnya saat gelap; pengendali pengisian menjaga baterai dari pengisian berlebih.

• **D.** ✗ Jebakan: memiringkan modul menambah cahaya senja sedikit, tetapi tetap tidak menghasilkan listrik setelah gelap.

• **E.** ✗ Jebakan: lampu berdaya kecil tetap memerlukan listrik; tanpa baterai, tidak ada listrik setelah modul berhenti menghasilkan.

Jawaban: C.

No. 19 Kunci: D

Konsep: Peluang usaha terbaik menjawab penyebab masalah nyata, sesuai kompetensi pelaku, dan layak dengan keterbatasan pelaku. Di sini penyebab pembangkit mati adalah operator yang belum dilatih dan perawatan yang tidak terjadwal, bukan kekurangan daya atau kerusakan turbin.

Langkah:

1. Penyebab: operator belum dilatih, saringan tersumbat, beban berlebih.
2. Kompetensi Wulan: pengoperasian PLTMH, logbook, pengukuran; keterbatasan: tidak di ketinggian, tidak punya kendaraan.
3. Pelatihan operator dan kunjungan terjadwal menjawab penyebab, memakai kompetensi, dan layak dengan jadwal kunjungan.
4. Pilihan lain: PLTS atap (ketinggian, bukan penyebab), turbin baru (bukan penyebab, di luar kompetensi), baterai dan inverter (tidak menjawab penyebab), pembersihan harian dengan berjalan kaki (menjawab sebagian tetapi tidak layak 3–5 km tiap hari).

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: PLTS atap melibatkan pekerjaan di ketinggian yang belum dikuasai Wulan, dan tidak menjawab penyebab PLTMH mati.

• **B.** ✗ Jebakan: penyebab mati adalah operator dan perawatan, bukan turbin; pembuatan turbin juga di luar kompetensi Wulan.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

• **C.** ✗ Jebakan: baterai dan inverter di tiap rumah tidak menjawab penyebab pembangkit mati dan merupakan usaha penjualan, bukan penerapan kompetensi.
• **D.** ✓ Pelatihan dan perawatan terjadwal menjawab penyebab (operator belum dilatih, saringan tersumbat), memakai kompetensi pengoperasian, dan layak dengan jadwal kunjungan.
• **E.** ✗ Jebakan: menjawab sebagian penyebab, tetapi berjalan 3–5 km tiap hari ke tiga desa tidak layak dan tidak membuat operator desa mampu mandiri.

Jawaban: D.

No. 20 Kunci: A, D

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Kelompok sumber ditentukan oleh bahan atau gaya alam yang diubah menjadi energi: bahan organik terkini (biomassa), aliran air (hidro), angin (bayu), cahaya (surya). Kegiatan yang hanya memakai energi dari jaringan, serta bahan seperti plastik dan solar, bukan produksi energi terbarukan.

Langkah:
1. Pernyataan 1: bahan organik dibakar menjadi uap penggerak turbin → biomassa (benar).
2. Pernyataan 2: plastik bukan biomassa → salah.
3. Pernyataan 3: pompa memakai listrik jaringan, tidak menghasilkan energi → salah.
4. Pernyataan 4: air jatuh memutar turbin → energi air (benar).
5. Pernyataan 5: solar adalah bahan bakar fosil → salah.

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1** ✓ Serbuk gergaji dan kulit kayu adalah bahan organik dari tumbuhan; dibakar untuk uap yang memutar turbin: pembangkit biomassa.
• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: "limbah, berarti biomassa". Plastik bukan bahan organik hasil tumbuhan atau hewan; membakarnya tidak tergolong energi biomassa dan menghasilkan asap berbahaya.
• **Pernyataan 3** ✗ Jebakan: kata "air" dianggap sumber. Pompa hanya memakai listrik; sumber energinya bukan aliran air, dan pompa memakai energi, bukan menghasilkannya.
• **Pernyataan 4** ✓ Air yang jatuh dari tempat tinggi memutar turbin dan generator: energi air.
• **Pernyataan 5** ✗ Jebakan: asal purba dianggap biomassa. Solar adalah bahan bakar fosil yang terbentuk jutaan tahun, bukan sumber terbarukan.

Jawaban: pernyataan 1, 4.

No. 21 Kunci: B, C

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Peluang usaha jasa dipilih bila (1) ada kebutuhan nyata setempat yang terukur, (2) sumber atau bahan bakunya tersedia, dan (3) dapat dikerjakan oleh lulusan dengan kompetensi dan skala yang dimiliki. Usaha yang populer tetapi bertentangan dengan salah satu data lokasi tidak dipilih.

Langkah:
1. PLTMH: sungai kering delapan bulan → bertentangan dengan data → tidak sesuai.
2. Servis lampu jalan surya: 11 dari 40 padam, kompetensi PLTS → sesuai.
3. PLTS untuk pompa tambak: 15 pompa solar, matahari melimpah → sesuai.
4. Digester skala besar: hanya 20 sapi → tidak sesuai.
5. Pabrik modul: skala dan peralatan melampaui kemampuan → tidak sesuai.

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: "paling stabil" benar secara umum, tetapi sungai dusun kering delapan bulan; PLTMH tidak dapat menghasilkan listrik sebagian besar tahun.
• **Pernyataan 2** ✓ Kebutuhan nyata terukur (11 lampu padam) dan sesuai kompetensi pemeliharaan PLTS.
• **Pernyataan 3** ✓ Matahari melimpah dan ada 15 pompa tambak yang membutuhkan energi;

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

pemasangan PLTS kecil sesuai kompetensi lulusan.

• **Pernyataan 4 ✗** Jebakan: kata "banyak" tidak sesuai data; ternak hanya 20 ekor sapi, jauh dari cukup untuk digester skala besar.

• **Pernyataan 5 ✗** Jebakan: kebutuhan modul dianggap peluang bagi lulusan. Pabrik perakitan memerlukan skala dan peralatan yang jauh melampaui kemampuan tiga lulusan dan kebutuhan dusun.

Jawaban: pernyataan 2, 3.

No. 22 Kunci: B

Konsep: Dampak lingkungan dapat dikendalikan di sumber (mencegah lumpur terbawa) dan dipulihkan di hilir (membersihkan endapan). Penanganan yang baik memadukan keduanya: sumber diperbaiki agar masalah berkurang, sementara perawatan tetap menjaga pembangkit bekerja.

Langkah:

1. Sumber masalah: lahan terbuka di hulu → tanah terbawa hujan → sungai keruh.
2. Gejala di PLTMH: bak penuh, saringan tersumbat, turbin aus.
3. Penanganan terbaik: kendalikan sumber (penahan tanah di tepi sungai hulu) sekaligus rawat bak pengendap berkala agar pembangkit tetap bekerja.
4. Tindakan yang hanya menangani gejala atau menghentikan pembangkit tidak menyelesaikan sumbernya.

Analisis setiap opsi:

• **A. ✗** Jebakan: pengurasan setiap hari hanya menangani gejala; lumpur terus datang dari hulu dan perawatan makin berat.

• **B. ✓** Penahan tanah mengurangi lumpur dari sumbernya, dan pengurasan berkala menjaga bak tetap berfungsi sehingga pembangkit tidak berhenti.

• **C. ✗** Jebakan: turbin tahan aus memperlambat kerusakan tetapi lumpur tetap memenuhi bak dan menyumbat saringan.

• **D. ✗** Jebakan: menutup intake menghentikan produksi PLTMH sepanjang musim hujan dan memaksa memakai genset.

• **E. ✗** Jebakan: lubang saringan yang lebih kecil justru lebih cepat tersumbat lumpur dan tidak menghentikan lumpur dari hulu.

Jawaban: B.

No. 23 Kunci: 1B 2S 3B

Konsep: Dua sumber yang berubah menurut musim dapat saling melengkapi (hujan: air melimpah, cahaya berkurang; kemarau: cahaya melimpah, air berkurang), tetapi PLTS tidak berproduksi di malam hari. Gabungan mengurangi risiko, tidak menghapus kebutuhan penyimpan energi atau pengaturan beban.

Langkah:

1. Pernyataan 1: musim hujan → air melimpah, awan banyak → benar.
2. Pernyataan 2: malam hari PLTS tidak menghasilkan karena modul tidak menyimpan listrik; penyimpanan memerlukan baterai → salah.
3. Pernyataan 3: jam cerah kemarau menambah daya siang hari, tidak di malam hari → benar.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1 → Benar.** Debit besar memperkuat PLTMH, sementara awan mengurangi cahaya sehingga produksi PLTS menurun.

• **Pernyataan 2 → Salah.** Jebakan: modul dianggap penyimpan. Modul hanya mengubah cahaya menjadi listrik saat ada cahaya; setelah gelap PLTS tidak menghasilkan apa pun, dan penyimpanan memerlukan baterai.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

• **Pernyataan 3 → Benar.** PLTS mengisi kekurangan PLTMH hanya selama ada cahaya; setelah gelap hanya PLTMH yang tersisa.

Jawaban: Benar, Salah, Benar.

No. 24 Kunci: 1B 2S 3S

Konsep: Energi dalam bahan bakar = massa × nilai kalor. Energi per ruang simpan = massa jenis curah × nilai kalor. Bahan berukuran seragam mengalir lebih teratur pada pengumpan otomatis; kadar air rendah membuat bahan bakar lebih mudah terbakar.

Langkah:

1. Pernyataan 1: ukuran seragam → umpan lancar; ukuran tak seragam → mudah tersangkut → benar.
2. Pernyataan 2: 25 kg × 17 MJ/kg = 425 MJ dan 25 kg × 12 MJ/kg = 300 MJ; pelet lebih besar → salah.
3. Pernyataan 3: 1 m^3 pelet = 650 kg × 17 = 11.050 MJ; 1 m^3 kayu cacah = 250 kg × 12 = 3.000 MJ → salah.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1 → Benar.** Ukuran seragam (6 mm) membuat umpan lancar; kepingan 2–10 cm tidak seragam dapat menyangkut dan menyumbat.

• **Pernyataan 2 → Salah.** Jebakan: padat dianggap boros. Energi karung = massa × nilai kalor: pelet 25 × 17 = 425 MJ, kayu cacah 25 × 12 = 300 MJ; pelet lebih besar.

• **Pernyataan 3 → Salah.** Jebakan: potongan besar dianggap menyimpan lebih banyak. Per m^3: pelet 650 × 17 = 11.050 MJ, kayu cacah 250 × 12 = 3.000 MJ; pelet jauh lebih banyak.

Jawaban: Benar, Salah, Salah.

No. 25 Kunci: A, B, D

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Pompa surya langsung (tanpa baterai) menyimpan energi dalam bentuk air di tangki yang lebih tinggi. Debit pompa mengikuti daya modul sehingga berubah menurut cahaya; kapasitas tangki menentukan berapa lama kebun terlayani saat produksi menurun.

Langkah:

1. Pompa langsung dari modul → debit mengikuti cahaya (pernyataan 2 benar, 3 salah).
2. Energi disimpan sebagai air di tangki tinggi → tidak perlu baterai (pernyataan 1 benar).
3. Tangki lebih besar → persediaan lebih lama saat berawan (pernyataan 4 benar).
4. Aliran ke kebun berasal dari tangki → tidak perlu genset malam hari (pernyataan 5 salah).

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1 ✓** Air yang sudah dinaikkan ke tangki menyimpan energi potensial dan dapat mengalir ke kebun kapan saja, sehingga tangki menggantikan fungsi baterai.

• **Pernyataan 2 ✓** Pompa langsung mengikuti daya modul; semakin kuat cahaya, semakin cepat pompa berputar dan semakin besar debitnya.

• **Pernyataan 3 ✗** Jebakan: motor dianggap dapat mengimbangi cahaya. Daya motor berasal dari modul; bila cahaya lemah, dayanya berkurang dan debit turun.

• **Pernyataan 4 ✓** Tangki lebih besar menampung lebih banyak air dari hari cerah, sehingga persediaan lebih lama saat produksi turun.

• **Pernyataan 5 ✗** Jebakan: malam hari dianggap memerlukan listrik. Aliran ke kebun berasal dari air di tangki yang tinggi, sehingga tidak memerlukan listrik atau genset.

Jawaban: pernyataan 1, 2, 4.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Latihan sub bab 2.1

No. 1 Kunci: B, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Komponen PLTMH: bendung (menaikkan muka air), intake dengan pintu air, saluran pembawa, bak pengendap/penenang dengan saringan sampah, pipa pesat, rumah pembangkit (turbin dan generator), saluran pembuang. Saringan yang tersumbat dan pasir yang masuk mengurangi daya dan merusak turbin.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: nomor 5 adalah pipa pesat; pasir diendapkan di bak (nomor 4) agar tidak masuk pipa pesat dan turbin.
- **Pernyataan 2** ✓ Saringan sampah di bak penenang (garis putus-putus pada nomor 4) yang tersumbat mengurangi debit ke pipa pesat.
- **Pernyataan 3** ✓ Pintu air pada intake (nomor 2) mengatur air yang masuk dari sungai.
- **Pernyataan 4** ✗ Nomor 3 adalah saluran pembawa; turbin berada di rumah pembangkit (nomor 6).
- **Pernyataan 5** ✓ Nomor 7 adalah saluran pembuang (tailrace) yang bermuara di hilir bendung.

Jawaban: pernyataan 2, 3, 5.

No. 2 Kunci: E

Konsep: Pukulan air (water hammer): bila aliran di pipa pesat dihentikan mendadak, energi gerak air berubah menjadi lonjakan tekanan yang dapat merusak pipa dan sambungan. Katup pipa pesat dibuka dan ditutup perlahan sesuai SOP.

Langkah:

1. Kejadian: katup ditutup dalam beberapa detik → dentuman.
2. Aliran berhenti mendadak → tekanan melonjak.
3. Akibat: sambungan flens merembes; pencegahan: tutup perlahan.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Kayu tertahan di saringan, tidak di dalam pipa; dentuman terjadi saat katup ditutup, bukan karena tekanan turun.
- **B.** ✗ Jebakan: urutan pelepasan beban memang bagian SOP, tetapi tidak menjelaskan dentuman dan rembesan pipa.
- **C.** ✗ Menutup katup lebih cepat justru memperbesar lonjakan tekanan.
- **D.** ✗ Kasus menyebut kayu tersangkut di depan saringan, bukan masuk ke pipa.
- **E.** ✓ Lonjakan tekanan akibat penutupan mendadak merusak sambungan pipa.

Jawaban: E.

Latihan sub bab 2.2

No. 1 Kunci: A, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: SCC mengatur pengisian (mencegah pengisian berlebih), mencegah arus balik ke modul pada malam hari, dan melalui terminal LOAD memutus beban saat tegangan baterai terlalu rendah. Beban yang disambung langsung ke baterai kehilangan perlindungan pengosongan berlebih.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✓ Terminal LOAD SCC memiliki pemutus tegangan rendah (low voltage disconnect) yang melindungi baterai.
- **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: pada malam hari modul tidak menghasilkan listrik; yang terjadi justru pengosongan tanpa batas.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

• **Pernyataan 3** ✓ Lampu yang langsung ke baterai terus menyedot arus sampai baterai hampir habis setiap malam.
• **Pernyataan 4** ✗ Jebakan: baterai sudah penuh sebelum pukul 11.00, jadi modul tambahan tidak menambah energi tersimpan dan tidak membatasi pengosongan malam hari.
• **Pernyataan 5** ✓ SCC (atau dioda di dalamnya) menghalangi baterai mengalirkan arus balik ke modul ketika tegangan modul rendah.

Jawaban: pernyataan 1, 3, 5.

No. 2 Kunci: C

Konsep: Sel surya dalam satu kelompok tersambung seri sehingga arus kelompok dibatasi oleh sel yang paling sedikit menerima cahaya. Dioda bypass mengalirkan arus melewati kelompok yang terganggu sehingga modul tetap bekerja, tetapi kelompok itu tidak menyumbang daya (±1/3 bila ada tiga kelompok).

Langkah:
1. Sel tertutup → arus kelompok seri itu turun drastis.
2. Dioda bypass kelompok tengah menghantar → kelompok tengah dilewati.
3. Tinggal dua dari tiga kelompok yang bekerja → daya turun ±1/3.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Naungan kecil tidak memanaskan seluruh modul; penurunan sepertiga sesuai satu dari tiga kelompok.
• **B.** ✗ Jebakan: daun tidak menghantarkan listrik antarsel; kelompok berhenti menyumbang karena arusnya terbatas.
• **C.** ✓ Arus kelompok tengah terbatas sehingga dilewati lewat dioda bypass; tersisa dua dari tiga kelompok.
• **D.** ✗ Jebakan: bila dioda bypass rusak terbuka, daya modul turun jauh lebih besar daripada sepertiga.
• **E.** ✗ Daun tidak memantulkan cahaya dari sel-sel lain.

Jawaban: C.

Latihan sub bab 2.3

No. 1 Kunci: E

Konsep: Pada turbin angin kecil, ekor (tail vane) mengarahkan rotor menghadap angin dengan memutar kepala turbin pada poros yaw. Bila bantalan yaw macet (berkarat), rotor tidak dapat mengikuti arah angin sehingga produksi turun.

Langkah:
1. Gejala: rotor tidak mengikuti perubahan arah angin.
2. Fungsi memutar arah ada pada ekor dan poros yaw.
3. Periksa bantalan yaw (karat, macet).

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Generator tidak menentukan arah hadap rotor; kasus juga menyebut generator tidak rusak.
• **B.** ✗ Kotoran bilah mengurangi efisiensi, tetapi tidak membuat rotor tidak dapat berputar arah.
• **C.** ✗ Jebakan: pengendali dapat mengerem rotor, tetapi tidak menghalangi kepala turbin berputar arah.
• **D.** ✗ Tiang tinggi justru menempatkan rotor di angin yang lebih baik.
• **E.** ✓ Rotor tidak dapat berputar arah → poros yaw macet.

Jawaban: E.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

No. 2 Kunci: A, B, D, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Turbin angin kecil tanpa gearbox (direct drive): rotor langsung memutar generator magnet permanen yang menghasilkan AC; pengendali menyearahkan dan mengatur pengisian baterai; rem dipakai untuk menghentikan rotor; menara menempatkan rotor pada angin yang lebih baik.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✓ Rotor terhubung langsung ke poros generator.
- **Pernyataan 2** ✓ Prosedur keselamatan sebelum perawatan di ketinggian.
- **Pernyataan 3** ✗ Jebakan: medan magnet berasal dari magnet permanen; generator ini tidak memerlukan arus penguat dari baterai.
- **Pernyataan 4** ✓ Generator menghasilkan AC; baterai diisi dengan DC.
- **Pernyataan 5** ✓ Angin di ketinggian lebih kencang dan kurang bergolak.

Jawaban: pernyataan 1, 2, 4, 5.

Latihan sub bab 2.4

No. 1 Kunci: C

Konsep: Pada pembangkit biomassa, kadar air bahan bakar yang tinggi menurunkan suhu proses karena panas terpakai untuk menguapkan air; gas yang terbentuk berkualitas rendah dan asap bertambah. Bahan bakar perlu disimpan terlindung dan dikeringkan.

Langkah:

1. Penyebab: sekam basah karena disimpan di tempat terbuka saat hujan.
2. Peralatan lain sudah baik → masalah pada bahan bakar.
3. Tindakan: lindungi dan keringkan sekam.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: menambah sekam basah juga menambah air yang harus diuapkan; kualitas gas tidak membaik.
- **B.** ✗ Plastik menghasilkan asap beracun dan merusak gasifier; ini melanggar prinsip K3LH.
- **C.** ✓ Menghilangkan penyebab (kadar air tinggi) sehingga gas kembali berkualitas.
- **D.** ✗ Menurunkan beban hanya menerima penurunan daya tanpa mengatasi penyebabnya.
- **E.** ✗ Jebakan: udara berlebih pada gasifier membakar gas yang seharusnya dihasilkan, sehingga gas makin buruk.

Jawaban: C.

No. 2 Kunci: A

Konsep: Digester kubah tetap: gas terkumpul di bagian atas kubah (ruang gas) dan menekan cairan isian ke bak keluaran/ruang pengimbang (expansion chamber). Saat gas dipakai, tekanan turun dan cairan kembali ke digester. Naik-turunnya cairan di bak keluaran adalah tanda kerja normal.

Langkah:

1. Bagian 4 = ruang gas di bawah kubah; bagian 6 = bak keluaran/ruang pengimbang.
2. Pagi: gas banyak → tekanan tinggi → cairan terdorong naik ke bagian 6.
3. Sore: gas terpakai → tekanan turun → cairan turun.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ Gas di ruang kubah (4) menekan cairan ke bak keluaran (6); pola ini normal.
- **B.** ✗ Jebakan: letak ruang gas dan bak keluaran tertukar.
- **C.** ✗ Kebocoran membuat tekanan pagi rendah, padahal manometer pagi menunjukkan tekanan tinggi.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

• **D.** ✗ Bila pipa masuk (2) buntu, cairan tidak bertambah di bak keluaran; naik-turunnya mengikuti tekanan gas.
• **E.** ✗ Isian berlebih tidak menjelaskan naik-turun harian yang mengikuti pemakaian gas.

Jawaban: A.

Latihan sub bab 2.5

No. 1 Kunci: A, C, D

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: K3 pemasangan PLTS atap: alat pelindung jatuh (harness) ditambatkan pada titik tambat yang kuat, kerja dihentikan saat hujan/angin kencang, area bawah diberi pembatas, alat diikat, dan bahaya listrik DC dikendalikan karena modul bertegangan setiap kali terkena cahaya.

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1** ✓ Selama satu sambungan terbuka, tegangan string terbagi menjadi bagian yang lebih rendah dan tidak ada arus mengalir; ujung kabel tetap ditutup karena modul bertegangan saat terkena cahaya.
• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: rel modul tidak dirancang dan belum diuji untuk menahan beban jatuh; tambatkan pada titik tambat permanen yang sudah diuji.
• **Pernyataan 3** ✓ Hujan meningkatkan risiko tergelincir dan sengatan listrik.
• **Pernyataan 4** ✓ Mengendalikan bahaya benda jatuh bagi orang di bawah.
• **Pernyataan 5** ✗ Modul langsung menghasilkan tegangan saat terkena cahaya, walaupun belum tersambung ke inverter; mendung pun tetap ada tegangan.

Jawaban: pernyataan 1, 3, 4.

No. 2 Kunci: A, D, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: K3 baterai timbal-asam: ventilasi (gas hidrogen), larangan api/percikan, APD (kacamata, sarung tangan tahan asam), alat berisolasi, melepas perhiasan logam, dan menambah air suling sampai batas yang ditentukan.

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1** ✓ Gas hidrogen dapat terkumpul dan meledak bila terkena percikan api.
• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: kunci pas biasa dapat menyentuh dua terminal dan menimbulkan hubung singkat; tangan juga terpapar asam.
• **Pernyataan 3** ✗ Yang ditambahkan adalah air suling sampai batas atas, bukan sampai bibir lubang; cairan dapat meluap saat pengisian.
• **Pernyataan 4** ✓ Elektrolit asam dapat melukai mata dan kulit.
• **Pernyataan 5** ✓ Mencegah hubung singkat antar-terminal melalui benda logam.

Jawaban: pernyataan 1, 4, 5.

Latihan sub bab 2.6

No. 1 Kunci: A, C, D, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Budaya kerja industri: disiplin pencatatan (logbook) yang lengkap dan jujur, serah terima tugas yang jelas, serta pelaporan kondisi tidak normal kepada atasan untuk ditindaklanjuti.

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1** ✓ Catatan lengkap memungkinkan orang lain menindaklanjuti dan menjadi riwayat perawatan.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: kondisi tidak normal tetap dicatat walaupun pembangkit tidak berhenti; informasi lisan mudah hilang.
• **Pernyataan 3** ✓ Gejala kerusakan perlu dilaporkan ke atasan untuk tindak lanjut perawatan.
• **Pernyataan 4** ✓ Kondisi tidak normal dipantau terus sampai tanggung jawab berpindah kepada operator berikutnya.
• **Pernyataan 5** ✓ Serah terima lisan dilengkapi catatan tertulis.

Jawaban: pernyataan 1, 3, 4, 5.

No. 2 Kunci: A, B, D, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: 5R: Ringkas (memilah yang tidak perlu), Rapi (menata dengan tempat tetap dan label), Resik (membersihkan rutin), Rawat (mempertahankan dengan standar/daftar periksa), Rajin (membiasakan disiplin).

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1** ✓ Ringkas (seiri): memisahkan barang yang tidak diperlukan.
• **Pernyataan 2** ✓ Rapi (seiton): setiap barang punya tempat tetap dan mudah ditemukan.
• **Pernyataan 3** ✗ Jebakan: tampak cepat, tetapi justru penyebab konektor beda merek terpasang berpasangan.
• **Pernyataan 4** ✓ Rawat dan rajin: menjaga dan membiasakan kondisi yang sudah tertata.
• **Pernyataan 5** ✓ Resik (seiso): kebersihan dilakukan rutin.

Jawaban: pernyataan 1, 2, 4, 5.

Kuis Akhir Bab 2

No. 1 Kunci: B

Konsep: Pada rangkaian seri yang bekerja, tegangan terukur di tiap titik sepanjang jalur sampai bertemu bagian yang terputus. Titik terakhir yang masih bertegangan dan titik pertama yang bernilai nol mengapit bagian yang rusak.

Langkah:
1. Titik 1 dan 2 terbaca 37,2 V dan 37,1 V → modul dan kabel sampai terminal masuk sakelar baik.
2. Titik 3 (terminal keluar sakelar) = 0 V, padahal sakelar pada posisi ON → tegangan hilang di dalam sakelar.
3. Titik 4 = 0 V hanya mengikuti titik 3; pengendali tidak menerima tegangan karena tidak ada tegangan yang sampai.
4. Bagian yang mengapit titik 2 dan titik 3 adalah sakelar isolator DC, sehingga kontaknya yang rusak.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Jebakan: titik 1 terbaca 37,2 V, jadi modul terakhir masih menghasilkan tegangan.
• **B.** ✓ Kontak sakelar berada di antara titik 2 (37,1 V) dan titik 3 (0 V); tegangan hilang di dalam sakelar yang berposisi ON, sehingga sakelar itulah yang rusak.
• **C.** ✗ Jebakan: bila kabel setelah sakelar putus, titik 3 (terminal keluar sakelar) masih terbaca sekitar 37 V; pada tabel titik 3 sudah 0 V.
• **D.** ✗ Jebakan: pengendali memang tidak menerima tegangan, tetapi itu akibat hilangnya tegangan sebelum pengendali, bukan kerusakan pengendali.
• **E.** ✗ Jebakan: baterai tidak menahan tegangan di terminal keluar sakelar; titik 3 sudah nol sebelum sampai ke pengendali dan baterai.

Jawaban: B.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

No. 2 Kunci: 1S 2B 3B

Konsep: ELC menjaga beban total generator tetap dengan mengalihkan daya yang tidak dipakai warga ke ballast: daya ballast = daya generator − beban warga. Karena warga dapat mematikan seluruh beban, ballast harus sanggup menyerap seluruh daya generator.

Langkah:

1. Daya ballast tiap waktu = 9 kW − beban warga: pukul 18.00 = 9 − 7,5 = 1,5 kW; pukul 22.00 = 9 − 3,0 = 6,0 kW; pukul 02.00 = 9 − 0,6 = 8,4 kW.
2. Kapasitas ballast terpasang = 3 × 2 kW = 6 kW.
3. Pernyataan 1: kebutuhan 8,4 kW > 6 kW → ballast tidak cukup, pernyataan salah.
4. Pernyataan 2: kebutuhan pukul 22.00 tepat 6,0 kW → benar.
5. Pernyataan 3: kebutuhan terbesar terjadi saat beban warga nol, yaitu 9 kW → benar.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1 → Salah.** Jebakan: kapasitas ballast dibandingkan dengan beban warga, bukan dengan sisa daya. Pukul 02.00 daya yang harus diserap 9 − 0,6 = 8,4 kW, lebih besar daripada 6 kW; sisa 2,4 kW mempercepat putaran dan menaikkan frekuensi.

• **Pernyataan 2 → Benar.** Daya ballast = 9 − 3,0 = 6,0 kW, sama dengan 3 × 2 kW.

• **Pernyataan 3 → Benar.** Bila semua beban warga dimatikan, seluruh 9 kW harus diserap ballast; kapasitas yang lebih kecil membuat sisa daya mempercepat turbin.

Jawaban: Salah, Benar, Benar.

No. 3 Kunci: A

Konsep: Muka air di tiap bagian pembangkit mengikuti hambatan aliran. Bila ada penyempitan atau penyumbatan, muka air di depannya tinggi dan di belakangnya rendah. Penurunan muka air yang tajam di antara dua papan duga menunjuk komponen yang berada tepat di antara keduanya.

Langkah:

1. Batas normal: selisih dua papan duga berurutan tidak lebih dari 0,10 m.
2. Selisih M1 ke M2 = 0,95 − 0,24 = 0,71 m, jauh melebihi 0,10 m. Selisih M2 ke M3 = 0,24 − 0,22 = 0,02 m, normal.
3. Muka air turun tajam di antara kolam depan pintu (M1) dan bak pengendap (M2). Satu-satunya komponen di antara keduanya adalah pintu air intake (2).
4. Bendung bocor akan menurunkan M1, hambatan di hilir M2 akan menaikkan muka air di depannya, dan tidak ada komponen lain di antara M1 dan M2.
5. Tindakan: perbaiki pintu intake (bersihkan dan lumasi ulirnya) setelah mengikuti prosedur penghentian aliran.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✓ Penurunan 0,71 m terjadi di antara M1 dan M2, tempat pintu air intake; pintu yang hanya terbuka sebagian membatasi air yang masuk sehingga muka air di belakangnya rendah dan daya turun.

• **B.** ✗ Jebakan: bak pengendap penuh pasir akan membuat muka air di depannya (di sebelum M2) tinggi, sedangkan M2 justru rendah dan sama dengan M3.

• **C.** ✗ Jebakan: saringan halus berada di antara M2 dan M3, yang selisihnya hanya 0,02 m (normal).

• **D.** ✗ Jebakan: pipa tersumbat membuat air menumpuk di bak penenang sehingga M3 tinggi; pada gambar M3 rendah (0,22 m).

• **E.** ✗ Jebakan: turbin macet menahan air sampai ke bak penenang sehingga M3 tinggi, padahal M3 rendah.

Jawaban: A.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

No. 4 Kunci: B, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Tinggi jatuh kotor adalah selisih ketinggian bak penenang dan turbin, sedangkan tinggi jatuh efektif adalah tinggi jatuh kotor dikurangi kehilangan akibat gesekan di pipa. Pipa yang lebih kecil membuat air lebih cepat dan gesekan lebih besar, sehingga tinggi jatuh efektif dan daya turun walaupun debit tetap.

Langkah:

1. Letak bak penenang dan turbin tidak berubah → tinggi jatuh kotor tetap (pernyataan 1 salah).
2. Debit tetap, penampang pipa lebih kecil → kecepatan air naik → gesekan naik → tinggi jatuh efektif turun (pernyataan 2 benar).
3. Daya sebanding dengan debit × tinggi jatuh efektif; debit tetap, tinggi jatuh efektif turun → daya turun dan tekanan di turbin lebih rendah (pernyataan 3 benar).
4. Menutup sebagian katup menambah hambatan dan mengurangi debit → daya tidak pulih (pernyataan 4 salah).
5. Mengembalikan diameter semula mengurangi gesekan → tinggi jatuh efektif dan daya pulih (pernyataan 5 benar).

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1 ✗** Jebakan: tinggi jatuh kotor ditentukan oleh letak bak penenang dan turbin, yang tidak berubah. Yang berubah adalah kehilangan tinggi akibat gesekan.
• **Pernyataan 2 ✓** Pada debit yang sama, penampang kecil membuat kecepatan air naik; gesekan dengan dinding pipa membesar dan mengurangi tinggi jatuh efektif.
• **Pernyataan 3 ✓** Daya hidrolik sebanding dengan debit dan tinggi jatuh efektif; debit tetap tetapi tinggi jatuh efektif turun, sehingga daya turun.
• **Pernyataan 4 ✗** Jebakan: tekanan di hulu katup memang naik, tetapi katup yang menutup sebagian menambah kehilangan tekanan dan mengurangi debit, sehingga daya turun lebih jauh.
• **Pernyataan 5 ✓** Diameter lebih besar menurunkan kecepatan air dan gesekan, sehingga tinggi jatuh efektif kembali besar dan daya pulih.

Jawaban: pernyataan 2, 3, 5.

No. 5 Kunci: E

Konsep: Daya modul surya turun bila suhunya naik (modul silikon kristal kehilangan kira-kira 0,4–0,5% daya tiap kenaikan 1 °C). Modul yang menempel rapat pada atap kurang didinginkan udara, sedangkan celah udara di bawah modul membantu membuang panas.

Langkah:

1. Cahaya yang diterima sama dan kedua rangkaian sama bersih → bukan karena cahaya atau debu.
2. Yang berbeda hanya cara pemasangan: menempel rapat atau berceluk udara.
3. Modul yang rapat sulit membuang panas sehingga suhunya lebih tinggi.
4. Suhu yang lebih tinggi menurunkan daya modul, sehingga rangkaian pertama lebih rendah sekitar 8%.

Analisis setiap opsi:

• **A. ✗** Jebakan: rangka tidak menangkap cahaya; yang menangkap cahaya adalah permukaan sel, dan luas sel kedua rangkaian sama.
• **B. ✗** Jebakan: pada soal cahaya yang diterima sama kuat, sehingga pantulan seng bukan penyebab selisih daya.
• **C. ✗** Jebakan: pernyataan itu benar secara umum, tetapi tidak menjelaskan mengapa dua rangkaian pada jam yang sama berbeda daya.
• **D. ✗** Jebakan: modul pada soal bukan modul dua muka (bifacial), dan cahaya bagian belakang tidak menentukan selisih 8% pada kedua rangkaian.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

• **E.** ✓ Modul rapat lebih panas karena sulit melepas panas; suhu yang lebih tinggi menurunkan daya, sedangkan modul berceluk udara lebih dingin.

Jawaban: E.

No. 6 Kunci: C

Konsep: Bak penenang menjaga muka air tetap tinggi di atas mulut pipa pesat. Bila muka air turun hingga ke mulut pipa, terbentuk pusaran dan udara ikut terisap ke dalam pipa. Udara itu menimbulkan bunyi menggelegak, getaran, dan aliran air yang tidak stabil sehingga daya naik turun. Penanganannya menjaga muka air di atas mulut pipa.

Langkah:

1. Gejala: menggelegak, pipa bergetar, daya naik turun, terjadi saat katup dibuka lebih lebar dan muka air di bak mendekati mulut pipa.
2. Saringan, bak pengendap, dan turbin sudah baik, sehingga bukan di sana penyebabnya.
3. Penyebab: bak terlalu dangkal, dan bukaan yang lebih lebar menarik air lebih banyak daripada yang masuk, sehingga muka air turun sampai udara terisap ke pipa pesat.
4. Penanganan: perdalam bak atau jaga muka air tetap di atas mulut pipa (misalnya dengan mengatur bukaan air dari intake).
5. Periksa ulang: pipa tidak lagi menggelegak bila mulut pipa selalu terendam.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: saringan sudah dinyatakan baik, dan saringan yang tersumbat tidak membuat pipa menggelegak, melainkan membuat muka air di belakang saringan turun dan debit berkurang.
• **B.** ✗ Jebakan: bukaan lebih lebar menarik air lebih banyak dari bak sehingga muka air makin turun dan udara makin mudah terisap; bukaan itulah yang memicu masalah.
• **C.** ✓ Muka air yang tetap di atas mulut pipa mencegah pusaran dan masuknya udara, sehingga pipa tidak menggelegak dan aliran stabil.
• **D.** ✗ Jebakan: turbin sudah dinyatakan baik; turbin yang lebih besar tidak menghilangkan udara dalam pipa.
• **E.** ✗ Jebakan: daya naik turun menggoda untuk menyalahkan ELC, tetapi ELC mengatur ke mana listrik dialirkan, bukan muka air di bak dan udara dalam pipa.

Jawaban: C.

No. 7 Kunci: D

Konsep: Jalur energi biomassa dipilih menurut kadar air bahan. Bahan basah dan kaya organik (kotoran, limbah cair tahu) diurai bakteri tanpa udara menjadi biogas. Gasifikasi dan pembakaran langsung memerlukan bahan yang kering, karena air harus diuapkan lebih dahulu dan menyerap panas.

Langkah:

1. Bahan: limbah cair berair lebih dari 95% dan kaya organik, ditambah ampas basah.
2. Gasifikasi dan pembakaran memerlukan bahan kering; panas banyak habis untuk menguapkan air.
3. Bahan basah kaya organik diurai bakteri tanpa udara di digester menjadi biogas.
4. Biogas dapat dialirkan ke tungku perebusan.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: gasifikasi memerlukan bahan kering; limbah yang berair lebih dari 95% tidak dapat digasifikasi langsung.
• **B.** ✗ Jebakan: air yang menguap menyerap banyak panas; bahan yang berair lebih dari 95% hampir tidak dapat terbakar.
• **C.** ✗ Jebakan: mengeringkan 3.000 liter limbah cair tiap hari tidak praktis dan menghabiskan waktu serta lahan.
• **D.** ✓ Bakteri tanpa udara menguraikan bahan organik yang basah menjadi biogas yang dapat dibakar

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

di tungku.

• **E. ✗** Jebakan: pirolisis memerlukan bahan kering untuk menghasilkan arang; limbah cair tidak menjadi arang dengan cara itu.

Jawaban: D.

No. 8 Kunci: 1B 2S 3S

Konsep: Turbin sumbu vertikal menerima angin dari semua arah sehingga tidak memerlukan ekor atau sistem yaw, tetapi pada umumnya kurang efisien daripada turbin sumbu horizontal dan, bila dipasang rendah di dekat bangunan, terkena angin bergolak. Turbin sumbu horizontal harus menghadap angin dan sebaiknya dipasang tinggi di udara yang lebih tenang.

Langkah:

1. Pernyataan 1: ciri utama turbin sumbu vertikal adalah menerima angin dari semua arah → benar.
2. Pernyataan 2: efisiensi turbin sumbu horizontal umumnya lebih tinggi, jadi klaim "lebih banyak listrik" salah.
3. Pernyataan 3: di dekat gudang angin bergolak dan pemasangan rendah memperburuknya → salah.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1 → Benar.** Rotor tegak menerima angin dari semua arah sehingga tidak perlu diputar menghadap angin.

• **Pernyataan 2 → Salah.** Jebakan: tidak perlu mencari arah dianggap berarti lebih efisien. Turbin sumbu horizontal pada umumnya lebih efisien mengubah energi angin menjadi listrik; keunggulan sumbu vertikal ada pada ketiadaan mekanisme pengarah.

• **Pernyataan 3 → Salah.** Jebakan: pemasangan rendah dianggap terlindung. Dekat bangunan angin justru bergolak, dan turbin yang rendah paling terkena turbulensi.

Jawaban: Benar, Salah, Salah.

No. 9 Kunci: A, D, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Arus DC tidak melewati titik nol sehingga busur api pada pemutus DC sulit padam. Karena itu pelindung dan pemutus string harus berperingkat DC. Peringkat tegangan DC harus lebih besar daripada tegangan terbuka string (jumlah modul seri × Voc modul).

Langkah:

1. Voc string = 8 × 40 V = 320 V; arus hubung singkat satu string = 9 A.
2. MCB AC dua kutub 16 A, 400 V~: peringkat itu berlaku untuk arus bolak-balik, bukan untuk DC.
3. Pernyataan 1: DC tidak melewati titik nol → busur sulit padam → benar.
4. Pernyataan 2 dan 3: arus kecil atau peringkat AC tidak membuat MCB AC layak untuk DC → salah.
5. Pernyataan 4 dan 5: peringkat DC harus di atas 320 V; sekering khusus rangkaian surya berperingkat DC boleh dipakai → benar.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1** ✓ Arus AC melewati nilai nol tiap setengah siklus sehingga busur padam sendiri; arus DC terus mengalir satu arah dan busurnya bertahan, sehingga pemutus DC dirancang khusus.

• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: arus yang kecil dianggap cukup. Kemampuan memutus ditentukan juga oleh tegangan dan jenis arus, bukan hanya oleh arus kerja.

• **Pernyataan 3** ✗ Jebakan: peringkat AC dianggap berlaku untuk DC. Peringkat tegangan DC sebuah pemutus umumnya lebih rendah daripada peringkat ACnya dan harus tertulis sendiri pada pemutus itu.

• **Pernyataan 4** ✓ Pada saat tidak ada beban, tegangan string sama dengan Voc total (320 V atau lebih tinggi saat udara dingin), sehingga peringkat DC harus di atas nilai itu.

• **Pernyataan 5** ✓ Sekering khusus rangkaian surya dirancang untuk memutus arus DC pada tegangan string; syaratnya peringkat tegangan DC lebih besar daripada tegangan terbuka string.

Jawaban: pernyataan 1, 4, 5.

No. 10 Kunci: A

Konsep: Biogas mengandung metana (bahan bakar) dan sedikit hidrogen sulfida (H_2S) yang berbau telur busuk. H_2S membentuk asam bila bercampur uap air atau terbakar, sehingga menyebabkan karat pada logam dan menjadikan oli asam. Penanganannya memasang saringan H_2S (misalnya berisi besi) dan mengganti oli lebih sering.

Langkah:

1. Petunjuk: bau telur busuk, oli menghitam dan asam, logam berkarat.
2. Penjebak air sudah dipasang dan dikuras, sehingga uap air bukan penyebab utama.
3. Bau telur busuk menunjuk H_2S; H_2S membentuk asam yang mengkorosi logam dan membuat oli asam.
4. Penanganan: saringan H_2S pada jalur gas dan penggantian oli lebih sering.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✓ H_2S berbau telur busuk dan membentuk asam yang mengkorosi logam serta mengasamkan oli; saringan H_2S dan penggantian oli lebih sering menanganinya.

• **B.** ✗ Jebakan: uap air memang mempercepat karat, tetapi penjebak air sudah ada dan tidak menjelaskan bau telur busuk dan oli asam.

• **C.** ✗ Jebakan: karbon dioksida membentuk asam lemah (asam karbonat), bukan asam kuat, dan tidak berbau telur busuk.

• **D.** ✗ Jebakan: metana yang terbakar tidak sempurna tidak berbau telur busuk dan tidak membuat oli asam.

• **E.** ✗ Jebakan: nitrogen tidak berbau dan tidak membentuk asam yang mengkorosi logam.

Jawaban: A.

No. 11 Kunci: B

Konsep: Pohon dan bangunan membuat angin di dekatnya bergolak (turbulen), sehingga rotor tersendat dan daya turun serta komponen cepat lelah. Turbin sebaiknya dipasang pada tiang yang lebih tinggi daripada penghalang di sekitarnya dan di tempat terbuka, agar angin lebih kuat dan lebih tenang.

Langkah:

1. Angin cukup kuat tetapi bergolak, dan komponen sudah baik → masalah ada pada letak turbin.
2. Penyebab turbulensi: pohon dan rumah yang lebih tinggi daripada tiang 3 m.
3. Penanganan: pindahkan ke tiang yang lebih tinggi di tempat terbuka.
4. Tindakan lain tidak mengubah turbulensi di sekitar turbin.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: gearbox mengubah perbandingan putaran, bukan kualitas angin; rotor tetap tersendat oleh angin yang bergolak.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

• **B.** ✓ Tiang yang lebih tinggi di tempat terbuka menempatkan rotor pada angin yang lebih kuat dan lebih tenang, sehingga rotor berputar lancar.
• **C.** ✗ Jebakan: baterai menyimpan listrik yang sudah dihasilkan; masalahnya produksi rendah akibat angin bergolak, bukan penyimpanan.
• **D.** ✗ Jebakan: ekor panjang membantu rotor mengikuti arah angin, tetapi angin yang berganti-ganti arah akibat turbulensi tetap mengganggu putaran.
• **E.** ✗ Jebakan: bilah tambahan tidak mengatasi turbulensi dan malah dapat menambah beban dan getaran.

Jawaban: B.

No. 12 Kunci: E

Konsep: Baterai hanya terisi bila tegangan pengisinya lebih tinggi daripada tegangan baterai. Tegangan generator turbin naik dengan kecepatan putaran, sehingga pada angin lemah rotor dapat berputar tanpa mengisi baterai.

Langkah:
1. Tegangan baterai = 25,5 V.
2. Angin 3 m/s: tegangan penyearah 17 V < 25,5 V → tidak ada arus pengisian (0 A).
3. Angin 5 m/s: tegangan penyearah 31 V > 25,5 V → arus pengisian mengalir (4 A).
4. Bukti yang cocok: sambungan, penyearah, dan ampere meter bekerja baik pada angin 5 m/s.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Jebakan: penyearah bekerja baik pada angin 5 m/s (31 V dan arus 4 A), sehingga bukan penyearah yang rusak.
• **B.** ✗ Jebakan: pada angin 5 m/s baterai yang sama menerima arus 4 A, jadi baterai tidak penuh dan tidak menolak arus.
• **C.** ✗ Jebakan: generator turbin selalu menghasilkan arus bolak-balik pada semua kecepatan; penyearahlah yang mengubahnya menjadi searah, dan penyearah mengukur 17 V pada angin lemah.
• **D.** ✗ Jebakan: ampere meter menunjukkan 4 A pada angin 5 m/s sehingga alat itu berfungsi baik.
• **E.** ✓ Pada 3 m/s tegangan 17 V masih di bawah 25,5 V sehingga arus belum mengalir; pada 5 m/s tegangan 31 V sudah di atasnya sehingga baterai terisi.

Jawaban: E.

No. 13 Kunci: D

Konsep: Metana dalam biogas mudah meledak bila bercampur udara pada kadar sekitar 5–15% dan menemui api atau percikan. Saat ada kebocoran, hentikan sumber gas lebih dahulu, tambah ventilasi dengan membuka pintu dan jendela, dan hindari semua sumber api, termasuk percikan dari sakelar dan alat listrik.

Langkah:
1. Bau gas dari sambungan pipa di ruang tertutup → gas dapat menumpuk dan meledak bila ada percikan.
2. Hentikan sumber gas: tutup katup gas utama (digester di luar bangunan, jadi aman dijangkau).
3. Tambah ventilasi alami: buka pintu dan jendela.
4. Jauhkan api dan percikan listrik; jangan mengoperasikan sakelar atau alat listrik di dalam ruangan.
5. Periksa dan perbaiki sambungan setelah ruangan bebas gas dan oleh orang yang berwenang.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Jebakan: kipas dan sakelarnya dapat menimbulkan percikan listrik yang menyulut gas yang sudah menumpuk.
• **B.** ✗ Jebakan: api terbuka di dekat kebocoran dapat menyulut ledakan atau kebakaran.
• **C.** ✗ Jebakan: tampak aman, tetapi mengoperasikan sakelar dan alat listrik dapat menimbulkan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

percikan yang menyulut gas di ruangan.
• **D.** ✓ Menutup sumber gas, membuka pintu dan jendela, dan menjauhkan api serta percikan mengurangi risiko ledakan.
• **E.** ✗ Jebakan: lakban tidak menutup kebocoran dengan andal dan menyalakan kompor di ruang penuh gas berisiko menyulut ledakan.

Jawaban: D.

No. 14 Kunci: C

Konsep: Pada sambungan seri, arus yang mengalir sama di semua modul dan dibatasi modul dengan arus terkecil, sedangkan tegangan kedua modul dijumlahkan. Modul yang arusnya lebih besar tidak dapat dimanfaatkan penuh.

Langkah:
1. Tegangan seri = 18 V + 18 V = 36 V.
2. Arus seri dibatasi modul lama = 6 A.
3. Daya = 36 V × 6 A = 216 W.
4. Bandingkan dengan jumlah daya masing-masing: 18 × 6 + 18 × 9 = 108 + 162 = 270 W; selisih 54 W hilang karena ketidaksamaan arus.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Jebakan: 108 W = 18 V × 6 A, tegangan kedua modul tidak dijumlahkan padahal sambungan seri menjumlahkan tegangan.
• **B.** ✗ Jebakan: 162 W = 18 V × 9 A, tegangan tidak dijumlahkan dan arus memakai nilai modul baru padahal arus dibatasi modul lama.
• **C.** ✓ Tegangan seri 36 V dan arus dibatasi modul lama 6 A memberi 36 × 6 = 216 W.
• **D.** ✗ Jebakan: 270 W adalah jumlah daya masing-masing modul (108 + 162), seolah-olah kedua modul dapat bekerja penuh pada sambungan seri.
• **E.** ✗ Jebakan: 324 W = 36 V × 9 A, tegangan dijumlahkan benar tetapi arus memakai nilai modul baru padahal modul lama hanya mampu 6 A.

Jawaban: C.

No. 15 Kunci: A, C, D

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Gasifier downdraft memiliki empat zona dari atas ke bawah: pengeringan, pirolisis (suhu di atas sekitar 250 °C), oksidasi (terpanas, dekat nosel udara), dan reduksi (gas panas bereaksi dengan arang). Zona oksidasi yang sangat panas menguraikan tar; bila suhunya turun, tar lebih mudah lolos.

Langkah:
1. Urutkan T1–T4 dari atas ke bawah: pengeringan, pirolisis, oksidasi, reduksi.
2. T1 = 140 °C, di bawah sekitar 250 °C → pengeringan (pernyataan 1 benar).
3. T2 = 480 °C, di atas pengeringan dan jauh dari nosel → pirolisis, bukan oksidasi (pernyataan 2 salah).
4. T3 = 1.250 °C di sekitar nosel udara → oksidasi yang menguraikan tar (pernyataan 3 benar).
5. Bahan basah: T3 turun ke 850 °C → tar lebih mudah lolos (pernyataan 4 benar).
6. T4 = zona reduksi: udara sudah habis, tidak ada pembakaran habis-habisan (pernyataan 5 salah).

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1** ✓ Suhu 140 °C masih di bawah suhu mulai terurainya biomassa (sekitar 250 °C), sehingga zona ini baru mengeringkan bahan.
• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: suhu tinggi dianggap oksidasi. T2 berada di atas pengeringan dan jauh dari nosel udara: zona pirolisis, tempat bahan terurai oleh panas tanpa banyak udara.
• **Pernyataan 3** ✓ Udara masuk di sekitar T3 sehingga sebagian bahan terbakar dan suhu mencapai 1.250 °C; gas pirolisis yang melewatinya terurai sehingga tar berkurang.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

• **Pernyataan 4 ✓** Suhu T3 turun dari 1.250 menjadi 850 °C; tar terurai bila suhu cukup tinggi, sehingga pada suhu rendah tar lebih mudah terbawa gas.
• **Pernyataan 5 ✗** Jebakan: suhu lebih rendah dianggap pembakaran terus berlangsung. Udara sudah habis di zona oksidasi; di T4 gas panas bereaksi dengan arang (reduksi) menjadi gas yang dapat dibakar.

Jawaban: pernyataan 1, 3, 4.

No. 16 Kunci: B, D, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Kurva daya turbin angin memiliki tiga batas: kecepatan mulai mengirim daya (cut-in), daya pengenal yang dibatasi pada kecepatan di atas kecepatan pengenal, dan kecepatan henti (cut-out) ketika turbin berhenti untuk mengamankan diri. Daya 0 W tidak berarti rotor diam.

Langkah:
1. Baca tabel dari atas: 2 m/s → 0 W, 3 m/s → 0 W, 4 m/s → 60 W: cut-in antara 3 dan 4 m/s.
2. Naik ke 8 m/s → 950 W, lalu 12 m/s → 2.000 W (daya pengenal).
3. Pada 16 dan 22 m/s daya tetap 2.000 W: daya dibatasi walaupun angin bertambah kencang.
4. Pada 26 m/s daya 0 W: turbin berhenti untuk mengamankan diri (cut-out).
5. Pernyataan 1 salah (0 W bukan berarti diam), 2 benar, 3 salah (tidak terus naik), 4 benar, 5 benar.

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1 ✗** Jebakan: daya 0 W dianggap rotor diam. Rotor dapat berputar tetapi belum mengirim listrik karena kecepatan angin masih di bawah kecepatan mulai mengirim daya (cut-in); tabel hanya memuat daya, bukan putaran.
• **Pernyataan 2 ✓** Daya masih 0 W pada 3 m/s dan sudah 60 W pada 4 m/s, sehingga kecepatan mulai mengirim daya (cut-in) berada di antara keduanya.
• **Pernyataan 3 ✗** Jebakan: daya dianggap terus naik. Pada 12, 16, dan 22 m/s daya tetap 2.000 W karena dibatasi pada daya pengenal.
• **Pernyataan 4 ✓** Setelah mencapai daya pengenal 2.000 W pada 12 m/s, daya tetap 2.000 W sampai 22 m/s.
• **Pernyataan 5 ✓** Setelah tetap 2.000 W sampai 22 m/s, daya turun menjadi 0 pada 26 m/s; hal ini sesuai kecepatan henti (cut-out) yang melindungi turbin dari beban angin terlalu besar.

Jawaban: pernyataan 2, 4, 5.

No. 17 Kunci: B

Konsep: Pada pipa gas, penyumbatan membuat tekanan tinggi di sisi depan dan rendah di sisi belakang penyumbat. Dua manometer yang dipasang sebelum dan sesudah sebuah komponen menunjukkan komponen mana yang menyebabkan penurunan tekanan. Saringan H_2S yang isinya jenuh atau lembap dapat menyumbat aliran.

Langkah:
1. M1 (sebelum saringan) = 28 cm kolom air: tekanan gas dari digester sampai sebelum saringan masih tinggi.
2. M2 (sesudah saringan) = 6 cm: tekanan setelah saringan rendah.
3. Penurunan 28 − 6 = 22 cm, jauh di atas batas normal 2 cm.
4. Komponen di antara M1 dan M2 hanya saringan H_2S (4), sehingga saringan yang menyumbat.
5. Tindakan: bongkar saringan dan ganti atau perbarui isinya.

Analisis setiap opsi:
• **A. ✗** Jebakan: bila digester kekurangan gas, M1 dan M2 sama-sama rendah; M1 justru tinggi (28 cm).
• **B. ✓** Penurunan tekanan 22 cm terjadi tepat di saringan H_2S (antara M1 dan M2), jauh di atas batas normal 2 cm: isi saringan menyumbat aliran.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

• **C.** ✗ Jebakan: katup utama yang hanya terbuka sebagian akan membuat M1 rendah karena katup berada sebelum M1; M1 justru tinggi.
• **D.** ✗ Jebakan: penjebak air yang penuh akan membuat tekanan sesudahnya (M1) rendah; M1 tinggi sehingga penjebak air tidak menghalangi.
• **E.** ✗ Jebakan: lubang api tersumbat membuat gas tertahan sehingga tekanan di M2 ikut tinggi seperti M1; M2 justru rendah.

Jawaban: B.

No. 18 Kunci: C

Konsep: Pada penguncian dan pelabelan (LOTO), tiap orang yang bekerja pada peralatan memasang gembok dan labelnya sendiri dan hanya orang itu yang melepasnya. Dengan begitu peralatan tetap terkunci selama masih ada satu pekerja yang belum selesai, dan tidak ada orang yang dapat membuka pengaman milik orang lain.

Langkah:
1. Katup dikunci dengan satu gembok milik Dewi; Eko tidak memasang gembok sendiri.
2. Saat Dewi selesai, ia melepas gembok miliknya sehingga katup tidak terkunci lagi, padahal Eko masih bekerja.
3. Penyebab: pengamanan bergantung pada satu orang; Eko tidak memegang kendali atas pengamannya.
4. Perbaikan: tiap pekerja memasang gembok dan label sendiri dan hanya melepas miliknya setelah selesai.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Jebakan: label bukan penyebab; yang dilepas Dewi adalah gembok, dan label yang mencolok tidak mencegah gembok satu-satunya dilepas.
• **B.** ✗ Jebakan: memberi operator semua kunci memusatkan kendali pada satu orang dan tidak membuat tiap pekerja mengendalikan pengamannya sendiri.
• **C.** ✓ Dengan gembok dan label milik tiap pekerja, katup tetap terkunci sampai pekerja terakhir melepas gembok miliknya.
• **D.** ✗ Jebakan: warna cat tidak mencegah pembukaan katup; yang kurang adalah pengaman yang dimiliki setiap pekerja.
• **E.** ✗ Jebakan: pekerjaan bersamaan boleh dilakukan asal tiap pekerja memiliki pengamannya sendiri; bergantian tidak menjamin tidak ada yang membuka katup.

Jawaban: C.

No. 19 Kunci: D

Konsep: Sistem on-grid tanpa baterai berhenti saat jaringan padam (perlindungan anti-islanding) dan tidak menyimpan energi. Sistem hibrida tersambung ke jaringan dan memiliki baterai sehingga tetap menyala saat jaringan padam. Sistem off-grid berdiri sendiri dengan baterai, untuk lokasi tanpa jaringan.

Langkah:
1. P: jaringan sering padam dan melayani malam hari → perlu listrik saat jaringan padam → hibrida (jaringan + baterai).
2. Q: jaringan jarang padam dan bekerja siang hari → on-grid tanpa baterai cukup dan paling sederhana.
3. R: tidak ada jaringan → off-grid dengan baterai.
4. Pasangan yang tepat: P hibrida, Q on-grid tanpa baterai, R off-grid.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Jebakan: puskesmas dengan on-grid tanpa baterai ikut padam saat jaringan padam; kantor kecamatan yang jaringannya baik tidak memerlukan hibrida; dusun tanpa jaringan hanya bisa off-grid.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

• **B.** ✗ Jebakan: off-grid untuk puskesmas bukan salah teknis tetapi tidak memanfaatkan jaringan yang ada; dusun tanpa jaringan tidak dapat memakai hibrida yang bergantung pada jaringan.
• **C.** ✗ Jebakan: kantor kecamatan yang terhubung jaringan tidak perlu off-grid, dan dusun tanpa jaringan tidak dapat memakai on-grid.
• **D.** ✓ Hibrida untuk puskesmas (cadangan baterai saat padam), on-grid tanpa baterai untuk kantor yang bekerja siang hari, off-grid untuk dusun tanpa jaringan.
• **E.** ✗ Jebakan: puskesmas tidak boleh ikut padam; dusun tanpa jaringan tidak dapat memakai hibrida yang bergantung pada jaringan.

Jawaban: D.

No. 20 Kunci: A, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Sakelar hanya memutus jalur di tempat sakelar itu berada. Pada PLTS atap, jalur dari modul sampai terminal masuk isolator DC tetap bertegangan selama modul terkena cahaya; terminal di sisi jaringan tetap bertegangan selama PLN tersambung; dan kapasitor inverter dapat menyimpan muatan. Karena itu bagian yang akan disentuh harus diukur lebih dahulu.

Langkah:
1. Z1 berada di sisi modul dari isolator DC → tetap bertegangan selama terkena cahaya (pernyataan 1 benar).
2. SPD DC berada di Z2 pada bagian DC; MCB AC tidak mengisolasi bagian DC (pernyataan 2 salah).
3. Z4 berada di sisi jaringan dari MCB AC → bertegangan selama PLN tersambung (pernyataan 3 benar).
4. Posisi OFF bukan bukti tak bertegangan: kapasitor inverter dapat menyimpan muatan (pernyataan 4 salah, 5 benar).

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1** ✓ Isolator DC hanya memutus jalur ke inverter; modul tetap menghasilkan listrik selama terkena cahaya sehingga Z1 tetap bertegangan.
• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: pada gambar SPD DC berada di Z2, bagian DC. MCB AC hanya memutus sisi AC dan tidak mengisolasi bagian DC dari modul.
• **Pernyataan 3** ✓ MCB AC memutus inverter dari jaringan, tetapi terminal di sisi jaringan tetap tersambung ke PLN yang bertegangan.
• **Pernyataan 4** ✗ Jebakan: posisi sakelar dianggap bukti tidak bertegangan. Kapasitor inverter dapat menyimpan muatan, sehingga tegangan harus diukur lebih dahulu.
• **Pernyataan 5** ✓ Pengukuran membuktikan bagian itu tidak bertegangan; kapasitor inverter dapat menyimpan muatan beberapa saat setelah isolator OFF.

Jawaban: pernyataan 1, 3, 5.

No. 21 Kunci: A, B, D

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Cairan aki timbal-asam mengandung asam sulfat yang merusak kulit dan mata, dan aki bekas termasuk limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). Tumpahan ditangani dengan alat pelindung diri, dinetralkan (misalnya dengan soda kue), dan sisanya dikumpulkan dalam wadah tahan asam untuk diserahkan ke pengelola limbah B3 berizin; kulit yang terkena dibilas air mengalir yang banyak.

Langkah:
1. Lindungi diri lebih dahulu: kacamata pelindung dan sarung tangan karet tebal (pernyataan 1 benar).
2. Netralkan tumpahan dengan soda kue sampai tidak berbuih, lalu kumpulkan (pernyataan 2 benar).
3. Jangan membuang sisa ke selokan: asam dan timbal mencemari lingkungan (pernyataan 3 salah).
4. Pakaian terkena percikan dilepas dan kulit dibilas air mengalir yang banyak (pernyataan 4 benar).

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

5. Baterai retak dan sisa netralisasi adalah limbah B3, tidak boleh dibuang ke sampah desa (pernyataan 5 salah).

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1** ✓ Cairan aki mengandung asam sulfat yang merusak kulit dan mata, sehingga alat pelindung dipakai lebih dahulu.

• **Pernyataan 2** ✓ Soda kue menetralkan asam; berhentinya buih menandakan asam sudah ternetralkan dan sisa dapat dikumpulkan.

• **Pernyataan 3** ✗ Jebakan: selokan dianggap pembuangan biasa. Asam dan timbal mencemari saluran; sisa tumpahan harus dikumpulkan sebagai limbah B3.

• **Pernyataan 4** ✓ Percikan asam pada pakaian dan kulit dibilas segera dengan air mengalir yang banyak agar tidak melukai kulit.

• **Pernyataan 5** ✗ Jebakan: baterai bekas dianggap sampah biasa. Aki bekas adalah limbah B3 yang disimpan dalam wadah tahan asam dan diserahkan ke pengelola limbah B3 berizin.

Jawaban: pernyataan 1, 2, 4.

No. 22 Kunci: E

Konsep: Pada pekerjaan listrik yang dilakukan di dua tempat, perintah yang mengubah keadaan listrik harus disebut jelas, diulang oleh penerima, dan dikonfirmasi pemberi sebelum dikerjakan. Dengan begitu kedua pihak pasti memiliki pemahaman yang sama dan tidak ada tindakan berdasarkan dugaan.

Langkah:

1. Maya memberi pesan, tetapi tidak ada jawaban dan tidak ada konfirmasi.
2. Anton menafsirkan pesan itu sebagai rencana, bukan perintah, lalu bertindak berdasarkan dugaan.
3. Perbaikan: pesan jelas, diulang oleh penerima, dan dikonfirmasi sebelum tindakan dilakukan.
4. Tindakan lain tidak menjamin pesan dipahami atau terlalu bergantung pada perasaan yakin.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: bicara lebih keras tidak menjamin pesan dipahami, dan tidak menunggu jawaban mengulang kesalahan yang sama.

• **B.** ✗ Jebakan: perasaan yakin bukan bukti. Keputusan mengubah keadaan listrik harus berdasarkan konfirmasi.

• **C.** ✗ Jebakan: pengumuman tertulis sekali sehari tidak dapat menggantikan konfirmasi pada saat pekerjaan dilakukan.

• **D.** ✗ Jebakan: turun setiap kali tidak efisien dan tidak mengatasi masalah komunikasi dalam pekerjaan di dua tempat lain.

• **E.** ✓ Pesan yang jelas, diulang penerima, dan dikonfirmasi memastikan Anton tahu bahwa Maya sedang menyambung dan menahan isolator.

Jawaban: E.

No. 23 Kunci: A

Konsep: Budaya kerja industri menekankan komunikasi dengan pelanggan dan warga, tanggung jawab atas mutu hasil kerja, dan pelaksanaan prosedur secara utuh. Pekerjaan yang mengganggu layanan diberitahukan lebih dahulu secara jelas (jadwal, lama, alasan) agar warga dapat bersiap.

Langkah:

1. Perawatan bantalan perlu enam jam dan tidak boleh dipersingkat atau ditunda tanpa batas.
2. Warga bergantung pada listrik untuk pompa air, penetasan telur, dan toko.
3. Pemadaman mendadak sebelumnya membuat warga kesal.
4. Tindakan yang tepat: umumkan jadwal, lama, dan alasan beberapa hari sebelumnya.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✓ Warga mendapat waktu untuk bersiap (misalnya penetasan telur dan pompa air) dan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

memahami alasan pemadaman.

• **B. ✗** Jebakan: kejadian pemadaman mendadak sebelumnya sudah merugikan warga; tidak memberi tahu mengulang kesalahan itu.

• **C. ✗** Jebakan: pengumuman setelah pekerjaan dimulai terlambat bagi warga yang sudah bergantung pada listrik.

• **D. ✗** Jebakan: menunda tanpa batas membiarkan bantalan rusak dan berisiko menghentikan pembangkit mendadak.

• **E. ✗** Jebakan: melewatkan sebagian pemeriksaan menurunkan mutu hasil kerja dan melanggar prosedur perawatan.

Jawaban: A.

No. 24 Kunci: 1S 2S 3B

Konsep: 5R adalah Ringkas (menyingkirkan barang yang tidak diperlukan), Rapi (menata alat pada tempat tetap yang berlabel), Resik (membersihkan area dan alat), Rawat (menjaga agar tiga langkah pertama terus terlaksana), dan Rajin (membiasakan diri dan tim menjalankannya).

Langkah:

1. Temuan 1: barang rusak yang tidak dipakai menumpuk → Ringkas.
2. Temuan 2: alat bercampur dan sulit dicari → Rapi (tempat tetap berlabel).
3. Temuan 3: lantai kotor → Resik.
4. Pernyataan 1 menyebut Rawat untuk Temuan 2 → salah; pernyataan 2 menyebut Rapi untuk Temuan 1 → salah; pernyataan 3 menyebut Resik untuk Temuan 3 → benar.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1 → Salah.** Jebakan: Temuan 2 soal tata letak, bukan kebersihan. Langkah yang tepat adalah Rapi: menempatkan tiap alat di tempat tetap dan berlabel.

• **Pernyataan 2 → Salah.** Jebakan: tang rusak yang tidak dipakai tidak perlu ditata. Langkah yang tepat adalah Ringkas: menyingkirkan barang yang tidak diperlukan dari rak.

• **Pernyataan 3 → Benar.** Serpihan kabel dan debu adalah soal kebersihan, yaitu langkah Resik.

Jawaban: Salah, Salah, Benar.

No. 25 Kunci: B, C, D

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Tanggung jawab atas alat dan data kerja mencakup melaporkan kerusakan alat, memisahkannya dari alat yang siap pakai, menandai data yang diambil dengan alat yang diragukan lalu mengulang pengukurannya, dan mencatat agar alat diperiksa atau dikalibrasi sebelum dipakai lagi. Data tidak boleh diubah dengan dugaan.

Langkah:

1. Alat jatuh dan layar retak, angka berselisih 3 V dengan alat yang terbukti baik → alat tidak dapat dipercaya.
2. Laporkan dan pisahkan alat dengan label (pernyataan 2 benar).
3. Tandai dua data yang sudah diambil sebagai diragukan dan ulangi dengan alat lain (pernyataan 3 benar).
4. Catat di buku perawatan agar alat diperiksa atau dikalibrasi (pernyataan 4 benar).
5. Mengoreksi angka dengan dugaan dan memakai alat untuk pengukuran "tidak kritis" keduanya salah (pernyataan 1 dan 5).

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1 ✗** Jebakan: selisih dianggap tetap. Kesalahan alat yang rusak tidak tentu konstan sehingga koreksi dengan dugaan menghasilkan data yang tidak dapat dipercaya.

• **Pernyataan 2 ✓** Melapor dan menandai mencegah teman lain memakai alat yang tidak dapat

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

dipercaya.

• **Pernyataan 3** ✓ Data yang diambil sesudah alat jatuh tidak dapat dipercaya; menandai dan mengulang menjaga kebenaran data kerja.

• **Pernyataan 4** ✓ Catatan memastikan alat diperiksa atau dikalibrasi lebih dahulu sebelum dipakai kembali.

• **Pernyataan 5** ✗ Jebakan: pengukuran tidak kritis dianggap boleh memakai alat meragukan. Alat yang rusak tidak boleh dipakai sampai diperiksa, dan angkanya tetap menyesatkan.

Jawaban: pernyataan 2, 3, 4.

Latihan sub bab 3.1

No. 1 Kunci: A, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Penggaris T untuk garis mendatar sejajar, segitiga untuk garis tegak dan sudut tertentu, jangka/mal untuk lingkaran, mistar skala untuk ukuran berskala, pensil keras (H, 2H) untuk garis tipis dan pensil lunak (B) untuk garis tebal.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1** ✓ Kepala penggaris T menempel pada tepi meja sehingga setiap garis yang ditarik sejajar.

• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: kaki jangka dibuka selebar jari-jari, bukan diameter; bila dibuka selebar diameter, lingkarannya dua kali lebih besar.

• **Pernyataan 3** ✓ Sisi tegak segitiga yang bertumpu pada penggaris T menghasilkan garis tegak lurus.

• **Pernyataan 4** ✗ Jebakan: 5 m = 500 cm; 500 ÷ 50 = 10 cm, bukan 5 cm.

• **Pernyataan 5** ✓ Pensil keras menghasilkan garis tipis dan terang yang mudah dihapus; pensil lunak (B) untuk garis tebal.

Jawaban: pernyataan 1, 3, 5.

No. 2 Kunci: A, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Peralatan gambar: rapido dengan ukuran mata pena berbeda untuk tebal garis berbeda; pelindung penghapus (erasing shield); mal huruf; penggaris T untuk garis mendatar; penggaris segitiga untuk garis tegak dan bersudut; selotip kertas untuk menahan kertas.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1** ✓ Ketebalan pena menentukan tebal garis sesuai jenisnya.

• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: lem merusak kertas dan meja; kertas ditahan dengan selotip kertas (masking tape) yang mudah dilepas.

• **Pernyataan 3** ✓ Pelat berlubang melindungi garis di sekitar bagian yang dihapus.

• **Pernyataan 4** ✗ Garis miring 30°/60° ditarik dengan penggaris segitiga yang bertumpu pada penggaris T.

• **Pernyataan 5** ✓ Mal huruf membuat tulisan seragam dan rapi.

Jawaban: pernyataan 1, 3, 5.

Latihan sub bab 3.2

No. 1 Kunci: C

Konsep: Jenis garis gambar teknik: garis tebal kontinu = tepi benda yang terlihat; garis tipis kontinu = garis ukur, garis bantu, arsiran; garis putus-putus = tepi tersembunyi; garis tipis titik-strip (bergores titik) = garis sumbu.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Langkah:

1. Baut di balik pelat tidak terlihat → garis putus-putus.
2. Sumbu lubang → garis titik-strip.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Garis tebal kontinu untuk tepi yang terlihat, padahal baut tersembunyi; garis tipis kontinu bukan garis sumbu.
- **B.** ✗ Jebakan: kedua jenis garis tertukar.
- **C.** ✓ Sesuai standar: tepi tersembunyi putus-putus, sumbu titik-strip.
- **D.** ✗ Tepi tersembunyi sudah benar, tetapi sumbu bukan garis tebal.
- **E.** ✗ Sumbu sudah benar, tetapi catatan (1) belum diperbaiki.

Jawaban: C.

No. 2 Kunci: E

Konsep: Standar pemberian ukuran: satuan (mm) dinyatakan sekali pada etiket, tidak ditulis pada setiap angka; setiap ukuran dicantumkan satu kali saja; angka ukuran ditulis di atas garis ukur dan terbaca dari bawah atau dari kanan gambar.

Langkah:

1. (i) Satuan sudah tertulis di etiket → tidak perlu pada setiap angka → perbaiki.
2. (ii) Ukuran tidak boleh diulang → perbaiki.
3. (iii) Sudah sesuai.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Letak angka (iii) justru sudah benar.
- **B.** ✗ Jebakan: (i) benar perlu diperbaiki, tetapi (iii) sudah sesuai standar.
- **C.** ✗ Jebakan: (ii) benar perlu diperbaiki, tetapi (iii) sudah sesuai standar.
- **D.** ✗ (i) dan (ii) tidak sesuai standar.
- **E.** ✓ Satuan ditulis di setiap angka dan ukuran diulang adalah dua hal yang perlu diperbaiki.

Jawaban: E.

Latihan sub bab 3.3

No. 1 Kunci: A

Konsep: Ukuran gambar = ukuran sebenarnya ÷ angka skala. Skala "terbesar" adalah skala yang menghasilkan gambar paling besar (angka pembagi paling kecil) yang masih muat di bidang gambar.

Langkah:

1. 1:20 → 8.400 ÷ 20 = 420 mm (tidak muat).
2. 1:25 → 336 mm × 224 mm (tidak muat).
3. 1:50 → 168 mm × 112 mm (muat).
4. 1:100 dan 1:200 juga muat, tetapi gambarnya lebih kecil.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ Muat di 267 × 180 mm dan merupakan skala terbesar yang muat.
- **B.** ✗ Jebakan: 336 mm melebihi 267 mm dan 224 mm melebihi 180 mm.
- **C.** ✗ Jebakan: muat, tetapi bukan skala terbesar; detail modul menjadi kecil.
- **D.** ✗ Muat, tetapi gambar sangat kecil sehingga detail hilang.
- **E.** ✗ Gambar 420 mm jauh melebihi bidang gambar.

Jawaban: A.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

No. 2 Kunci: B

Konsep: Membaca gambar denah: bidang pasang = ukuran atap − 2 × batas aman. Jumlah modul per sisi = panjang bidang ÷ ukuran modul, dibulatkan ke bawah; bandingkan susunan tegak dan mendatar.

Langkah:

1. Bidang pasang: (7,0 − 0,8) × (4,2 − 0,8) = 6,2 m × 3,4 m.
2. Tegak (1,0 m searah 6,2 m; 1,7 m searah 3,4 m): 6 × 2 = 12 modul.
3. Mendatar (1,7 m searah 6,2 m; 1,0 m searah 3,4 m): 3 × 3 = 9 modul.
4. Terbanyak: 12 modul.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: hanya susunan mendatar yang dihitung (3 × 3).
- **B.** ✓ Susunan tegak memberi 6 × 2 = 12 modul di dalam batas aman.
- **C.** ✗ Batas aman diabaikan pada susunan tegak: 7 × 2 = 14 modul.
- **D.** ✗ Batas aman diabaikan pada susunan mendatar: 4 × 4 = 16 modul.
- **E.** ✗ Luas seluruh atap dibagi luas modul (29,4 ÷ 1,7 ≈ 17) tanpa memperhatikan batas aman dan potongan sisa.

Jawaban: B.

Latihan sub bab 3.4

No. 1 Kunci: B, D, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Diagram satu garis menunjukkan alur daya dan letak pengaman. Pada PLTS off-grid: modul → pengaman DC → SCC → baterai (dengan sekring baterai) → inverter → MCB → beban AC; beban DC dapat diambil dari terminal LOAD SCC. Sekring baterai dipasang sedekat mungkin dengan baterai.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✗ F1 berada di antara modul surya dan SCC; pengaman baterai–inverter adalah F2.
- **Pernyataan 2** ✓ Garis inverter bercabang dari jalur SCC–baterai di atas F2.
- **Pernyataan 3** ✗ Jebakan: diagram menulis "2 × 200 Wp seri", sehingga tegangannya sekitar dua kali tegangan satu modul.
- **Pernyataan 4** ✓ Terminal LOAD SCC memutus beban bila tegangan baterai terlalu rendah.
- **Pernyataan 5** ✓ Pada diagram, jalur SCC turun ke baterai melalui F2; F2 melindungi sambungan baterai dari kedua arah.

Jawaban: pernyataan 2, 4, 5.

No. 2 Kunci: B, C, D

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Membaca gambar pengawatan: + satu modul ke − modul berikutnya = seri (tegangan dijumlah); ujung-ujung string yang digabung di kotak penggabung = paralel (arus dijumlah). Hasil susunan dibandingkan dengan batas tegangan dan arus masukan SCC.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1 ✗** Jebakan: 222 V = 6 × 37 V bila keenam modul dianggap seri; pada gambar tiap string berisi 3 modul seri sehingga Voc ≈ 111 V < 150 V.

• **Pernyataan 2 ✓** Satu string = 3 modul seri → 3 × 30 V = 90 V.

• **Pernyataan 3 ✓** Dua string paralel → 2 × 9 A = 18 A.

• **Pernyataan 4 ✓** String M1–M3 terpisah dan paralel dengan string M4–M6; yang terputus hanya string bawah.

• **Pernyataan 5 ✗** Tiga string × 9 A = 27 A, melebihi batas 20 A.

Jawaban: pernyataan 2, 3, 4.

Kuis Akhir Bab 3

No. 1 Kunci: A

Konsep: Pilih alat menurut bentuk, jumlah, dan ukuran pekerjaan. Lingkaran kecil yang banyak dan harus seragam: mal lingkaran. Lingkaran besar yang tidak ada pada mal: jangka dengan bukaan sama dengan jari-jari (setengah diameter). Lengkung bebas: mal lengkung. Garis tegak: segitiga yang bertumpu pada bilah penggaris T.

Langkah:

1. P: 18 lingkaran 6 mm yang harus sama → mal lingkaran lubang 6 mm (ada pada rentang 2–30 mm).
2. Q: diameter 140 mm melebihi 30 mm → jangka; bukaan = jari-jari = 140 ÷ 2 = 70 mm.
3. R: lengkung landai yang bukan lingkaran → mal lengkung.
4. S: garis tegak → segitiga yang alasnya di atas bilah penggaris T.
5. Periksa: pilihan lain keliru pada bukaan jangka 140 mm, jangka untuk lingkaran kecil banyak, mal lingkaran untuk lengkung, atau segitiga tanpa tumpuan bilah.

Analisis setiap opsi:

• **A. ✓** Keempat pasangan tepat: mal 6 mm untuk lingkaran seragam, jangka 70 mm (jari-jari) untuk roda turbin, mal lengkung untuk lengkung bebas, segitiga di atas bilah untuk garis tegak.

• **B. ✗** Jebakan: P dengan jangka disetel berulang tidak menjamin ukuran seragam, dan Q dibuka 140 mm memakai diameter sebagai bukaan sehingga lingkaran menjadi dua kali lebih besar.

• **C. ✗** Jebakan: Q dibuka 140 mm memakai diameter sebagai bukaan; R mal lingkaran tidak dapat membentuk lengkung landai yang bukan lingkaran.

• **D. ✗** Jebakan: R dengan penggaris T hanya menghasilkan garis lurus; S dengan segitiga yang ditempelkan pada tepi meja tidak dijamin tegak lurus.

• **E. ✗** Jebakan: P dengan jangka sulit seragam untuk 18 lingkaran kecil; S segitiga di tepi meja tidak dijamin tegak lurus.

Jawaban: A.

No. 2 Kunci: D

Konsep: Segitiga gambar memiliki sudut 45°, 30°, 60°, dan 90°. Dua segitiga yang disusun pada bilah penggaris T dapat memberi sudut tambahan: jumlah sudutnya (45° + 30° = 75°) atau selisihnya (45° − 30° = 15°). Sudut 15° dan 75° karena itu dapat digambar tepat tanpa busur derajat.

Langkah:

1. Sudut yang diperlukan: 15°; tidak ada sudut 15° pada salah satu segitiga.
2. Sisi miring segitiga 30°–60° saja menghasilkan 30° atau 60°; segitiga 45° saja menghasilkan 45°.
3. Selisih 45° − 30° = 15°, sedangkan jumlah 45° + 30° = 75°.
4. Karena itu kedua segitiga disusun sehingga sudutnya saling mengurangi, dengan alas segitiga bertumpu pada bilah penggaris T.
5. Periksa: dua segitiga 45° hanya memberi 45° atau 90°, dan menaksir dengan mata tidak tepat.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: satu segitiga dianggap cukup. Sisi miringnya hanya memberi 30° atau 60°, bukan 15°.

• **B.** ✗ Jebakan: kedua sudut dijumlahkan. Jumlah 45° + 30° = 75°, bukan 15°.

• **C.** ✗ Jebakan: dua segitiga yang sama dianggap menghasilkan sudut baru. Dua segitiga 45° hanya memberi 45° atau 90°.

• **D.** ✓ Selisih sudut 45° − 30° = 15°; garis ditarik pada sisi segitiga setelah keduanya disusun dengan alas bertumpu pada bilah penggaris T.

• **E.** ✗ Jebakan: menaksir dengan mata. Gambar teknik memerlukan sudut yang tepat, dan "menggeser sedikit" tidak dapat dipastikan menjadi 15°.

Jawaban: D.

No. 3 Kunci: B, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Menggambar manual yang rapi bergantung pada kebiasaan: kertas dipasang sejajar bilah penggaris T dan ditahan selotip kertas, garis tegak ditarik dengan segitiga yang bertumpu pada bilah, alat dipakai sesuai fungsinya (mistar skala hanya untuk membaca ukuran), dan permukaan gambar dijaga bersih dengan kuas pembersih.

Langkah:

1. Untuk tiap kebiasaan, tanyakan: apa fungsi alat itu dan apa akibatnya bila dipakai dengan cara tersebut?
2. Pernyataan 1: mistar skala bukan penggaris garis → salah.
3. Pernyataan 2: kertas sejajar bilah dan selotip kertas → benar.
4. Pernyataan 3: tumpuan pada bilah menjamin sudut 90° → benar.
5. Pernyataan 4: tepi meja tidak dijamin siku → salah.
6. Pernyataan 5: kuas pembersih menghindari minyak tangan → benar.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: tepi lurus dianggap berarti boleh dipakai menarik garis. Mistar skala dipakai untuk membaca ukuran; tepinya tidak dibuat untuk menarik garis dan mudah rusak bila digores.

• **Pernyataan 2** ✓ Kertas yang sejajar bilah membuat garis mendatar sejajar tepi kertas; selotip kertas mudah dilepas dan tidak merusak kertas maupun meja.

• **Pernyataan 3** ✓ Tumpuan pada bilah memastikan sisi tegak membentuk 90° terhadap garis mendatar yang ditarik di sepanjang bilah yang sama.

• **Pernyataan 4** ✗ Jebakan: tepi meja dianggap pasti siku. Tepi meja belum tentu tegak lurus terhadap bilah, sehingga garis tegak tidak tegak lurus dengan garis mendatar.

• **Pernyataan 5** ✓ Menyapu dengan tangan memindahkan minyak dan membuat gambar kotor; kuas pembersih menghindari hal itu.

Jawaban: pernyataan 2, 3, 5.

No. 4 Kunci: E

Konsep: Kertas kalkir tembus cahaya. Gambar di atas kalkir dapat diletakkan pada mesin penyinar, dan cahaya yang menembus kertas membentuk salinan. Karena itu kalkir dipakai untuk gambar kerja akhir yang akan digandakan. Sifat kertas lain berguna untuk keperluan lain.

Langkah:

1. Kebutuhan utama: digandakan dengan cahaya tanpa membuat gambar ulang.
2. Penggandaan dengan cahaya mensyaratkan kertas yang tembus cahaya.
3. Hanya kertas kalkir yang memiliki sifat itu.
4. Periksa: sifat tidak mudah sobek, berpetak, murah, dan kaku benar untuk jenis kertas lain, tetapi tidak menjawab kebutuhan penggandaan.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: benar tetapi tidak menjawab. Kertas gambar kuat saat dihapus, tetapi cahaya tidak menembusnya sehingga tidak dapat disinari.

• **B.** ✗ Jebakan: benar tetapi tidak menjawab. Petak membantu mengukur, tetapi kertas tidak tembus cahaya dan petaknya ikut tersalin.

• **C.** ✗ Jebakan: murah dan mudah dijilid dianggap alasan memilih media; kertas ini tidak tembus cahaya untuk penyinaran.

• **D.** ✗ Jebakan: kaku dianggap keunggulan. Karton manila tebal dan tidak tembus cahaya sehingga tidak dapat digandakan dengan penyinaran.

• **E.** ✓ Kalkir tembus cahaya sehingga cahaya penyinar menembusnya dan membentuk salinan gambar.

Jawaban: E.

No. 5 Kunci: B

Konsep: Skala k:1 adalah pembesaran: ukuran gambar = k × ukuran benda. Ukuran benda = ukuran gambar ÷ k. Satuan kemudian disesuaikan: 10 mm = 1 cm.

Langkah:

1. Skala 5:1 → gambar lima kali lebih besar daripada benda.
2. Ukuran benda = 90 mm ÷ 5 = 18 mm.
3. Ubah ke sentimeter: 18 mm ÷ 10 = 1,8 cm.
4. Periksa: 1,8 cm × 5 = 9 cm = 90 mm sesuai ukuran pada gambar.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: satuan diubah dua kali (18 mm ÷ 10 ÷ 10); hasilnya terlalu kecil.

• **B.** ✓ 90 mm ÷ 5 = 18 mm = 1,8 cm; benda lima kali lebih kecil daripada gambarnya.

• **C.** ✗ Jebakan: ukuran pada gambar (90 mm = 9 cm) dipakai langsung tanpa memperhitungkan pembesaran.

• **D.** ✗ Jebakan: pembagian dengan skala benar (18), tetapi satuan lupa diubah; 18 mm bukan 18 cm.

• **E.** ✗ Jebakan: skala dibaca terbalik sebagai pengecilan 1:5 (90 mm × 5 = 450 mm = 45 cm).

Jawaban: B.

No. 6 Kunci: A, D, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Dua sistem proyeksi meletakkan pandangan berbeda pada tempat yang sama. Pada proyeksi Eropa (sudut pertama), pandangan atas di bawah pandangan depan dan pandangan samping kiri di sebelah kanannya. Pada proyeksi Amerika (sudut ketiga), pandangan bawah di bawah pandangan depan dan pandangan samping kanan di sebelah kanannya. Karena itu gambar harus mencantumkan simbol proyeksi atau nama pandangan.

Langkah:

1. Susunan pada gambar: satu pandangan di bawah pandangan depan dan satu di sebelah kanannya.
2. Proyeksi Eropa: bawah depan = pandangan atas; kanan depan = pandangan samping kiri (pernyataan 1 benar, 2 salah).
3. Proyeksi Amerika: bawah depan = pandangan bawah → itu sumber salah tafsir bengkel (pernyataan 4 benar).
4. Letak saja tidak cukup untuk membedakan sistem (pernyataan 3 salah); simbol atau nama pandangan mencegah salah tafsir (pernyataan 5 benar).

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1** ✓ Pada sudut pertama, pandangan atas diletakkan di bawah pandangan depan; lubang yang tampak pada pandangan itu terletak pada sisi atas benda.

• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: letak pandangan dibalik. Pada sudut pertama, pandangan samping kiri

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

diletakkan di sebelah kanan pandangan depan, bukan pandangan samping kanan.
• **Pernyataan 3** ✗ Jebakan: letak dianggap menentukan sistem. Dua sistem memakai letak berbeda untuk pandangan berbeda; tanpa simbol atau nama pandangan, susunan yang sama dapat dibaca dengan dua cara.
• **Pernyataan 4** ✓ Pada sudut ketiga, pandangan bawah berada di bawah pandangan depan; bengkel yang terbiasa dengan sistem ini membaca lubang itu pada sisi bawah.
• **Pernyataan 5** ✓ Simbol atau nama pandangan menunjukkan sistem proyeksi yang dipakai sehingga tukang membaca susunan pandangan dengan benar.

Jawaban: pernyataan 1, 4, 5.

No. 7 Kunci: C

Konsep: Angka ukuran pada garis ukur selalu menyatakan ukuran sebenarnya benda dalam satuan yang tertulis di etiket, bukan panjang garis di kertas. Panjang garis di kertas = ukuran sebenarnya ÷ penyebut skala (untuk skala pengecilan 1:n).

Langkah:
1. Satuan etiket cm → ukuran sebenarnya 86 cm = 860 mm.
2. Skala 1:5 → panjang di kertas = 860 mm ÷ 5 = 172 mm.
3. Periksa: 172 mm × 5 = 860 mm = 86 cm.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Jebakan: satuan etiket diabaikan; angka 86 dibaca milimeter, lalu dibagi 5.
• **B.** ✗ Jebakan: ukuran sebenarnya benar (86 cm), tetapi panjang di kertas dihitung dengan satuan cm yang tidak diubah ke mm (86 ÷ 5 = 17,2 cm bukan 17,2 mm).
• **C.** ✓ Ukuran sebenarnya 86 cm = 860 mm; panjang di kertas 860 mm ÷ 5 = 172 mm.
• **D.** ✗ Jebakan: skala dibalik (86 × 5 = 430 cm) dan panjang di kertas tertukar dengan ukuran sebenarnya.
• **E.** ✗ Jebakan: ukuran sebenarnya salah satuan (86 cm ditulis 860 cm), padahal 86 cm = 860 mm; panjang di kertas 172 mm sudah benar.

Jawaban: C.

No. 8 Kunci: D

Konsep: Menggambar mengikuti urutan ketergantungan: tentukan skala dan kertas, buat kerangka tipis menurut skala itu, periksa kerangka, baru ditebalkan. Menebalkan sebelum memeriksa mempersulit perbaikan karena garis tebal sulit dihapus.

Langkah:
1. Skala dan ukuran kertas (R) ditentukan dulu karena menentukan ukuran kerangka.
2. Kerangka tipis 2H (Q) digambar menurut skala itu.
3. Kerangka diperiksa terhadap data ukuran atap (S) selagi masih mudah diperbaiki.
4. Barulah garis tepi ditebalkan dengan HB (P).
5. Urutan: R – Q – S – P.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Jebakan: kerangka digambar (Q) sebelum skala dan kertas dipilih (R), sehingga ukuran kerangka belum punya dasar.
• **B.** ✗ Jebakan: garis ditebalkan (P) sebelum kerangka diperiksa (S); kesalahan ukuran yang ditemukan kemudian sulit dihapus.
• **C.** ✗ Jebakan: kerangka diperiksa (S) sebelum kerangka dibuat (Q); belum ada yang dapat diperiksa.
• **D.** ✓ Skala dan kertas dipilih (R), kerangka tipis dibuat (Q), diperiksa (S), baru ditebalkan (P): setiap langkah memakai hasil langkah sebelumnya.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

• **E. ✗** Jebakan: kerangka dibuat sebelum skala dipilih dan pemeriksaan dilakukan sebelum kertas dipilih, sehingga dua ketergantungan dilanggar.

Jawaban: D.

No. 9 Kunci: 1S 2B 3S

Konsep: Standar garis gambar teknik: garis tebal menerus untuk tepi yang terlihat; garis tipis menerus untuk garis ukur dan garis bantu ukuran; garis putus-putus untuk tepi tersembunyi; garis titik-strip tipis untuk sumbu. Perbandingan tebal garis tebal terhadap tipis adalah 2 : 1 dengan tebal dari deret 0,13; 0,18; 0,25; 0,35; 0,5; 0,7; 1; 1,4; dan 2 mm.

Langkah:

1. Pernyataan 1: garis bantu ukuran tipis menerus, bukan tebal → salah.
2. Pernyataan 2: 0,7 ÷ 0,35 = 2 dan keduanya ada pada deret standar → benar.
3. Pernyataan 3: sumbu = titik-strip tipis, bukan putus-putus → salah.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1 → Salah.** Jebakan: "tebal supaya jelas". Garis bantu ukuran adalah garis tipis menerus, sama seperti garis ukur; garis tebal hanya untuk tepi benda yang terlihat.

• **Pernyataan 2 → Benar.** Deret tebal garis standar mencakup 0,35 mm dan 0,7 mm, dan perbandingan 0,7 : 0,35 = 2 : 1, sesuai aturan tebal garis tebal terhadap garis tipis.

• **Pernyataan 3 → Salah.** Jebakan: dua garis putus dianggap sama. Garis sumbu digambar titik-strip tipis; garis putus-putus dipakai untuk tepi tersembunyi. Fungsinya berbeda sehingga jenis garisnya berbeda.

Jawaban: Salah, Benar, Salah.

No. 10 Kunci: B

Konsep: Rusuk miring dudukan merupakan sisi miring segitiga siku. Satu sisi siku adalah selisih tinggi kedua kaki, sisi siku lain adalah jarak mendatar antarkaki. Panjang rusuk = akar dari jumlah kuadrat kedua sisi (teorema Pythagoras).

Langkah:

1. Selisih tinggi kaki = 1.100 − 500 = 600 mm.
2. Jarak mendatar = 800 mm.
3. Panjang rusuk = $\sqrt{(600^2 + 800^2)} = \sqrt{(360.000 + 640.000)} = \sqrt{1.000.000} = 1.000$ mm.
4. Periksa: 600, 800, dan 1.000 membentuk segitiga siku 6–8–10.

Analisis setiap opsi:

• **A. ✗** Jebakan: hanya jarak mendatar (800 mm) yang dipakai; kemiringan rusuk diabaikan.

• **B. ✓** Rusuk adalah sisi miring segitiga siku bersisi 600 mm dan 800 mm, sehingga panjangnya 1.000 mm.

• **C. ✗** Jebakan: tinggi kaki belakang (1.100 mm) dianggap panjang rusuk; itu ukuran tegak kaki, bukan rusuk miring.

• **D. ✗** Jebakan: tinggi kaki depan dan jarak mendatar dijumlahkan (500 + 800 = 1.300) tanpa memakai selisih tinggi.

• **E. ✗** Jebakan: selisih tinggi dan jarak mendatar dijumlahkan (600 + 800 = 1.400) padahal rusuk miring lebih pendek daripada jumlah kedua sisi siku.

Jawaban: B.

No. 11 Kunci: C

Konsep: Ukuran kertas seri A dibuat sedemikian rupa sehingga membelah sisi panjang menjadi dua menghasilkan ukuran seri berikutnya: A2 → A3 → A4. Dengan perbandingan ukuran tiap sisi, jumlah lembar kecil yang menutup satu lembar besar dapat dihitung.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Langkah:

1. Sisi pendek: 420 mm ÷ 210 mm = 2.
2. Sisi panjang: 594 mm ÷ 297 mm = 2.
3. Jumlah lembar A4 = 2 × 2 = 4 (A2 → dua A3 → empat A4).
4. Periksa: luas A2 = 420 × 594 = 249.480 mm^2; luas A4 = 210 × 297 = 62.370 mm^2; 249.480 ÷ 62.370 = 4.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: hanya satu sisi yang dibandingkan (420 ÷ 210 = 2); sisi panjang juga harus dibagi dua.
- **B.** ✗ Jebakan: 3 lembar tidak dapat menutup bidang A2 yang terdiri atas 2 kolom dan 2 baris potongan A4; jumlah lembar adalah hasil kali kolom dan baris.
- **C.** ✓ A2 menjadi 2 lembar A3, lalu tiap A3 menjadi 2 lembar A4: 2 × 2 = 4 lembar.
- **D.** ✗ Jebakan: sisi panjang dibagi dengan sisi pendek A4 (594 ÷ 210 ≈ 3) sehingga 2 × 3 = 6; padahal 594 mm = 2 × 297 mm, yaitu sisi panjang A4.
- **E.** ✗ Jebakan: 8 lembar A4 adalah banyaknya untuk kertas A1, bukan A2; dari A2 ke A4 hanya dua tingkat pembelahan.

Jawaban: C.

No. 12 Kunci: A, C, D

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Pada gambar proyeksi, bagian yang terlihat dari arah pandang digambar garis tebal menerus, bagian tersembunyi digambar garis putus-putus, dan sumbu lubang digambar titik-strip tipis. Lubang yang searah pandangan tampak sebagai lingkaran, sedangkan lubang yang tegak lurus arah pandang tersembunyi dan tampak sebagai dua garis putus-putus. Pada proyeksi Eropa (sudut pertama), pandangan atas di bawah pandangan depan dan pandangan samping kiri di sebelah kanan.

Langkah:

1. Pandangan depan: lingkaran pada pelat tegak = lubang yang searah pandangan (pernyataan 1 benar); garis putus-putus di bagian bawah = tepi lubang pelat alas yang tersembunyi, bukan sumbu (pernyataan 2 salah).
2. Letak pandangan: atas di bawah depan, samping kiri di kanan depan → proyeksi sudut pertama (pernyataan 3 benar).
3. Pandangan samping kiri: garis putus-putus tegak pada pelat alas = lubang alas yang tersembunyi dari samping (pernyataan 4 benar).
4. Pandangan atas: lingkaran = lubang pelat alas (terlihat dari atas); lubang pelat tegak tampak putus-putus pada pelat tegak (pernyataan 5 salah).

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✓ Lubang pada pelat tegak searah dengan arah pandangan depan, sehingga tepinya terlihat langsung sebagai lingkaran bergaris tebal.
- **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: garis putus-putus dikira garis sumbu. Garis sumbu digambar titik-strip tipis; garis putus-putus menunjukkan tepi tersembunyi, yaitu tepi lubang pelat alas yang tidak terlihat dari depan.
- **Pernyataan 3** ✓ Pada proyeksi sudut pertama, pandangan atas diletakkan di bawah pandangan depan dan pandangan samping kiri di sebelah kanannya, sesuai gambar.
- **Pernyataan 4** ✓ Lubang pelat alas tembus ke bawah dan tertutup dari arah samping, sehingga tepinya digambar putus-putus pada ketebalan pelat alas.
- **Pernyataan 5** ✗ Jebakan: lingkaran dikira lubang pelat tegak. Lingkaran pada pandangan atas terlihat dari atas, sehingga itu lubang pelat alas; lubang pelat tegak tampak sebagai garis putus-putus pada pelat tegak di bagian atas pandangan.

Jawaban: pernyataan 1, 3, 4.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

No. 13 Kunci: C

Konsep: Setiap cacat gambar mempunyai penyebab khas. Garis mendatar yang sejajar satu sama lain tetapi miring terhadap kertas berarti kertas tidak sejajar bilah (bukan kepala penggaris T yang renggang). Ukuran lingkaran yang berubah-ubah akibat bukaan jangka disetel ulang diatasi dengan mal lingkaran. Garis tepi yang pucat diatasi dengan menebalkannya memakai pensil lebih lunak (HB atau B).

Langkah:

1. Cacat (1): garis saling sejajar → kepala penggaris T baik; miring terhadap tepi kertas → kertas dipasang tidak sejajar bilah → sejajarkan sisi bawah kertas dengan bilah sebelum diselotip.
2. Cacat (2): ukuran lingkaran beragam karena bukaan jangka disetel ulang → pakai mal lingkaran 8 mm agar semua sama.
3. Cacat (3): pensil 2H keras menghasilkan goresan tipis dan abu-abu → tebalkan garis tepi dengan HB; menekan 2H hanya menggores kertas.
4. Gabungan perbaikan yang benar: sejajarkan kertas; mal lingkaran 8 mm; tebalkan dengan HB.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: kepala penggaris T dianggap renggang. Fakta menyebut kepala selalu rapat dan garis saling sejajar; yang miring adalah letak kertas.
- **B.** ✗ Jebakan: jarum tajam dianggap menyeragamkan lingkaran. Selama bukaan jangka disetel ulang untuk tiap lingkaran, ukurannya tetap bervariasi; yang menyeragamkan adalah mal lingkaran.
- **C.** ✓ Kertas disejajarkan dengan bilah, mal lingkaran 8 mm menyeragamkan semua lingkaran, dan pensil HB menebalkan garis tepi yang pucat.
- **D.** ✗ Jebakan: menekan pensil 2H lebih kuat dianggap menebalkan garis. Pensil keras justru menggores kertas dan tetap tipis; garis tepi memerlukan pensil lebih lunak seperti HB.
- **E.** ✗ Jebakan: tiga-tiganya keliru: kepala penggaris T sudah rapat, jarum tajam tidak menyeragamkan lingkaran, dan menekan 2H tidak menebalkan garis.

Jawaban: C.

No. 14 Kunci: A

Konsep: Ukuran gambar = ukuran benda ÷ penyebut skala. Gambar harus muat pada bidang gambar (kertas dikurangi garis tepi dan etiket), bukan pada ukuran kertas utuh. Pilih kertas terkecil yang bidang gambarnya memuat kedua sisi gambar.

Langkah:

1. Panjang gambar = 10.000 ÷ 25 = 400 mm; lebar gambar = 6.250 ÷ 25 = 250 mm.
2. A4: bidang 267 × 180 → 400 > 267, tidak muat.
3. A3: bidang 390 × 257 → 400 > 390, tidak muat (diputar tegak 257 × 390 juga tidak muat karena 400 > 390).
4. A2: bidang 564 × 390 → 400 ≤ 564 dan 250 ≤ 390, muat.
5. Kertas terkecil: A2.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✓ Gambar 400 × 250 mm melebihi lebar bidang A3 (390 mm) dan baru muat pada bidang A2 (564 × 390 mm); A2 adalah yang terkecil yang muat.

• **B.** ✗ Jebakan: ukuran gambar dibandingkan dengan ukuran kertas utuh (420 × 297), padahal gambar harus muat di bidang gambar yang sudah dikurangi garis tepi dan etiket.

• **C.** ✗ Jebakan: kertas diputar dianggap menolong. Diputar tegak, bidang A3 menjadi 257 × 390 mm sehingga sisi 400 mm tetap tidak muat.

• **D.** ✗ Jebakan: bidang A4 diputar tegak (180 × 267 mm) jauh lebih kecil daripada gambar 400 × 250 mm.

• **E.** ✗ Jebakan: kertas lebih besar dianggap lebih aman. A1 memang muat, tetapi pertanyaan meminta kertas terkecil yang cukup.

Jawaban: A.

No. 15 Kunci: A, D

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Diagram satu garis dibaca dengan legenda dan urutan sambungan. Kode di legenda menunjukkan komponen, panah atau tanda hubung menunjukkan urutan aliran. Sekering melindungi jalur tempatnya berada dari arus berlebih. Arus beban = daya ÷ tegangan.

Langkah:

1. Baca legenda: M1 modul, C1 pengendali, B1 baterai, F1 sekering 10 A, L1 lampu 30 W.
2. Telusuri alur: M1 → C1 → B1; B1 → F1 → L1.
3. Pernyataan 1: F1 berada di jalur B1 → L1 → benar.
4. Pernyataan 4: I = 30 ÷ 12 = 2,5 A < 10 A → benar.
5. Pernyataan 2, 3, 5 bertentangan dengan alur yang tergambar → salah.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1** ✓ F1 berada di jalur B1 → L1; bila arus melebihi 10 A, F1 putus dan memutus jalur itu.

• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: pengendali dianggap menyalurkan ke lampu. Menurut alur, C1 hanya menyambung modul M1 ke baterai B1; lampu mengambil listrik dari B1 lewat F1.

• **Pernyataan 3** ✗ Jebakan: modul dianggap menyalakan lampu langsung. Pada diagram, jalur dari M1 melewati C1 dan B1 lebih dulu.

• **Pernyataan 4** ✓ I = P ÷ V = 30 ÷ 12 = 2,5 A; di bawah 10 A sehingga F1 tidak putus pada kerja normal.

• **Pernyataan 5** ✗ Jebakan: letak sekering tertukar. Menurut alur, F1 berada pada jalur B1 → L1, bukan pada jalur modul.

Jawaban: pernyataan 1, 4.

No. 16 Kunci: A, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Tata letak modul di atap mempertimbangkan produksi (hindari bayangan), keselamatan (batas aman dari tepi, jalur perawatan), dan efisiensi kabel (kotak sambung dekat titik turun, panjang dihitung lengkap dari gambar berskala ditambah bagian tegak dan cadangan).

Langkah:

1. Pernyataan 1: bayangan tangki menurunkan produksi → ruang dekat tangki dihindari (benar).
2. Pernyataan 2: pagar rendah tidak menggantikan batas aman (salah).
3. Pernyataan 3: kotak sambung dekat tangga memperpendek kabel (benar).
4. Pernyataan 4: jalur perawatan diperlukan; modul tidak untuk diinjak (salah).
5. Pernyataan 5: panjang kabel = jalur berskala + bagian turun + cadangan (benar).

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1** ✓ Bayangan tangki menurunkan produksi modul yang ternaungi; ruang kosong dekat

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

tangki sebaiknya tidak dipakai.
• **Pernyataan 2 ✗** Jebakan: pagar dianggap menggantikan batas aman. Pagar rendah tidak menjamin keselamatan pemasang dan tidak menahan beban angin pada modul di tepi.
• **Pernyataan 3 ✓** Jalur pendek menurunkan biaya dan rugi kabel, dan mengurangi waktu teknisi berada di atap.
• **Pernyataan 4 ✗** Jebakan: modul kuat dianggap boleh diinjak. Modul tidak dirancang untuk diinjak; jalur perawatan diperlukan agar teknisi dapat bekerja tanpa merusak modul.
• **Pernyataan 5 ✓** Panjang di gambar hanya bagian mendatar; bagian turun dan cadangan harus ditambahkan agar kabel tidak kurang.

Jawaban: pernyataan 1, 3, 5.

No. 17 Kunci: B

Konsep: Jumlah modul terbanyak ditentukan dengan menghitung setiap arah pasang. Ruang pasang = ukuran atap − 2 × batas aman. Modul per baris = bilangan bulat terbesar n sehingga n × lebar + (n − 1) × jarak ≤ ruang. Baris dihitung dengan memasukkan jalur perawatan antarbaris. Semua syarat harus terpenuhi.

Langkah:
1. Ruang pasang: 7.800 − 2 × 500 = 6.800 mm; 5.000 − 2 × 500 = 4.000 mm.
2. Tegak (lebar 1.134, tinggi 1.762): per baris 5 modul (5 × 1.134 + 4 × 20 = 5.750 ≤ 6.800; 6 modul = 6.904 > 6.800); baris: 2 × 1.762 + 600 = 4.124 > 4.000, sehingga hanya 1 baris → 5 modul.
3. Mendatar (lebar 1.762, tinggi 1.134): per baris 3 modul (3 × 1.762 + 2 × 20 = 5.326 ≤ 6.800; 4 modul = 7.108 > 6.800); baris: 2 × 1.134 + 600 = 2.868 ≤ 4.000, 3 baris = 3 × 1.134 + 2 × 600 = 4.602 > 4.000 → 2 baris → 6 modul.
4. Terbanyak: 6 modul (mendatar).

Analisis setiap opsi:
• **A. ✗** Jebakan: hanya arah tegak yang dihitung; arah mendatar menghasilkan lebih banyak modul.
• **B. ✓** Mendatar: 3 modul per baris × 2 baris = 6 modul, lebih banyak daripada tegak (5 modul).
• **C. ✗** Jebakan: jalur perawatan diabaikan pada arah mendatar (3 baris × 3 modul = 9 modul), padahal tiga baris dengan dua jalur 600 mm melebihi ruang 4.000 mm.
• **D. ✗** Jebakan: jalur perawatan diabaikan pada arah tegak (2 baris × 5 modul = 10 modul), padahal dua baris dengan jalur 600 mm melebihi ruang 4.000 mm.
• **E. ✗** Jebakan: batas aman diabaikan (ruang 7.800 × 5.000 mm memberi 12 modul), padahal batas aman 500 mm dari setiap tepi harus dipertahankan.

Jawaban: B.

No. 18 Kunci: E

Konsep: Panjang kabel dari gambar berskala: jumlahkan panjang jalur pada gambar, kalikan penyebut skala untuk ukuran sebenarnya, tambahkan bagian yang tidak tergambar (turun), tambahkan cadangan persentase, kalikan jumlah kutub, lalu bulatkan ke atas ke satuan jual.

Langkah:
1. Jalur pada gambar: 96 + 54 + 70 = 220 mm.
2. Panjang sebenarnya: 220 mm × 50 = 11.000 mm = 11,0 m.
3. Ditambah bagian turun: 11,0 + 3,2 = 14,2 m.
4. Ditambah cadangan 8 %: 14,2 × 1,08 = 15,336 m untuk satu kutub.
5. Dua kutub: 15,336 × 2 = 30,672 m; dijual per meter utuh → dibulatkan ke atas menjadi 31 m.

Analisis setiap opsi:
• **A. ✗** Jebakan: hanya satu kutub yang dihitung (15,336 m dibulatkan 16 m); kutub negatif juga memerlukan kabel.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

• **B.** ✗ Jebakan: bagian turun 3,2 m dilupakan (11,0 × 1,08 × 2 = 23,76 m, dibulatkan 24 m).
• **C.** ✗ Jebakan: cadangan 8 % dilupakan (14,2 × 2 = 28,4 m, dibulatkan 29 m).
• **D.** ✗ Jebakan: hasil 30,672 m dibulatkan ke bawah ke satu desimal (30,7 m), padahal kabel dijual per meter utuh sehingga kurang dari kebutuhan.
• **E.** ✓ Total 30,672 m dibulatkan ke atas ke meter utuh menjadi 31 m.

Jawaban: E.

No. 19 Kunci: D

Konsep: Baterai yang disambung kutub + ke kutub − membentuk rangkaian seri: tegangan dijumlahkan, kapasitas tetap. Baris-baris seri yang kutub sejenisnya disatukan membentuk paralel: kapasitas (Ah) dijumlahkan, tegangan tetap. Energi nominal = tegangan × kapasitas.

Langkah:
1. Pada gambar, + B1 dihubungkan ke − B2 dan + B3 ke − B4: tiap baris adalah dua baterai seri → 12 + 12 = 24 V, kapasitas 100 Ah.
2. Dua baris itu disatukan pada bus − dan bus +: paralel → kapasitas 100 + 100 = 200 Ah, tegangan tetap 24 V.
3. Energi nominal = 24 V × 200 Ah = 4.800 Wh.
4. Periksa: total energi empat baterai = 4 × (12 V × 100 Ah) = 4 × 1.200 Wh = 4.800 Wh.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Jebakan: keempat baterai dianggap paralel semua (12 V, 400 Ah); gambar menunjukkan dua pasang seri.
• **B.** ✗ Jebakan: baris paralel diabaikan sehingga kapasitas dianggap 100 Ah (24 V × 100 Ah = 2.400 Wh).
• **C.** ✗ Jebakan: kapasitas keempat baterai dijumlahkan (400 Ah) padahal hanya dua baris paralel yang menambah kapasitas (200 Ah).
• **D.** ✓ Dua baterai seri (24 V) dalam dua baris paralel (200 Ah): 24 V × 200 Ah = 4.800 Wh.
• **E.** ✗ Jebakan: semua baterai dianggap seri (48 V, 100 Ah); energi sama 4.800 Wh tetapi tegangan salah, dan gambar tidak menyambung keempatnya berderet.

Jawaban: D.

No. 20 Kunci: 1B 2S 3B

Konsep: Skala 1:n mengecilkan setiap panjang n kali. Karena luas adalah hasil kali dua panjang, luas pada gambar adalah luas sebenarnya dibagi n^2, dan luas sebenarnya = luas gambar × n^2.

Langkah:
1. Pernyataan 1: 9.000 ÷ 50 = 180 mm = 18 cm dan 6.000 ÷ 50 = 120 mm = 12 cm → benar.
2. Pernyataan 2: luas gambar 18 × 12 = 216 cm^2; luas sebenarnya 9 × 6 = 54 m^2 = 540.000 cm^2 = 216 × 2.500 → pernyataan yang memakai faktor 50 salah.
3. Pernyataan 3: 1.000 ÷ 50 = 20 mm dan 1.700 ÷ 50 = 34 mm → benar.

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1 → Benar.** 9 m = 9.000 mm ÷ 50 = 180 mm = 18 cm; 6 m = 6.000 mm ÷ 50 = 120 mm = 12 cm.
• **Pernyataan 2 → Salah.** Jebakan: skala diterapkan sekali pada luas. Luas dilipatgandakan oleh skala kuadrat: 216 × 50^2 = 540.000 cm^2 = 54 m^2, sama dengan 9 m × 6 m.
• **Pernyataan 3 → Benar.** 1.000 mm ÷ 50 = 20 mm dan 1.700 mm ÷ 50 = 34 mm.

Jawaban: Benar, Salah, Benar.

No. 21 Kunci: E

Konsep: Pada diagram satu garis, sakelar memutus jalur di sisi hilirnya. Modul menghasilkan tegangan selama terkena cahaya, sehingga kabel dari modul sampai sakelar DC tetap bertegangan walau sakelar

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

dibuka. Inverter on-grid baru terpisah dari semua sumber bila sisi DC (Q1) dan sisi AC (Q2) sama-sama dibuka.

Langkah:
1. Telusuri diagram: String 1 dan String 2 → titik temu → Q1 → INV → Q2 → kWh meter → panel utama dan jaringan.
2. Q1 memutus sisi DC (dari modul ke inverter); Q2 memutus sisi AC (dari inverter ke jaringan). Keduanya harus dibuka untuk memisahkan inverter dari semua sumber.
3. Kabel dari kedua string sampai Q1 berada di sisi hulu Q1 dan tetap tersambung ke modul, sehingga tetap bertegangan DC pada pukul 11.00.
4. Periksa: membuka Q2 saja tidak memutus DC; membuka Q1 saja tidak memutus AC; kWh meter bukan alat pemisah.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Jebakan: Q2 hanya memutus sisi AC. Modul tetap menghasilkan tegangan DC, sehingga kabel DC dan masukan inverter tetap bertegangan.
• **B.** ✗ Jebakan: Q1 hanya memisahkan sisi DC. Inverter masih tersambung ke jaringan AC lewat Q2 yang tertutup.
• **C.** ✗ Jebakan: Q1 dianggap mematikan seluruh kabel DC. Kabel dari kedua string sampai Q1 tetap tersambung ke modul dan bertegangan selama ada cahaya.
• **D.** ✗ Jebakan: kWh meter dianggap alat pemisah. Meter hanya mengukur energi; pemisahan sisi AC dilakukan oleh Q2.
• **E.** ✓ Q1 memutus sisi DC dan Q2 memutus sisi AC; kabel dari string sampai Q1 tetap bertegangan DC karena modul masih menerima cahaya.

Jawaban: E.

No. 22 Kunci: 1S 2S 3B

Konsep: Dalam diagram PLTS pompa langsung, aliran listrik hanya terjadi saat modul menerima cahaya. Sakelar memutus jalur ke beban tetapi tidak mematikan modul, sehingga kabel dari modul sampai sakelar tetap bertegangan selama ada cahaya. Sekering melindungi dari arus berlebih; pembumian menyalurkan arus bocor ke tanah.

Langkah:
1. Pernyataan 1: modul tetap bertegangan selama ada cahaya → salah.
2. Pernyataan 2: sekering melindungi dari arus berlebih, bukan petir → salah.
3. Pernyataan 3: pembumian menyalurkan arus bocor ke tanah → benar.

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1 → Salah.** Jebakan: sakelar dianggap mematikan modul. Selama ada cahaya, modul tetap menghasilkan tegangan; membuka Q hanya memutus jalur ke pompa, sehingga kabel dari M sampai Q tetap bertegangan.
• **Pernyataan 2 → Salah.** Jebakan: sekering dikira pelindung petir. Sekering putus bila arus melebihi batas (arus berlebih); perlindungan lonjakan akibat petir dilakukan oleh pelindung surja (SPD) dan pembumian.
• **Pernyataan 3 → Benar.** Pembumian memberi jalan arus bocor ke tanah sehingga rangka logam yang tersentuh tidak berbahaya.

Jawaban: Salah, Salah, Benar.

No. 23 Kunci: B, C

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Penelusuran gangguan pada diagram satu garis: tentukan jalur yang bermasalah dan jalur yang normal. Komponen bersama dua jalur dapat disingkirkan bila jalur lain berfungsi; komponen yang

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

hanya ada di jalur bermasalah menjadi tersangka. Tegangan penuh di satu sisi sekering dan nol di sisi lain menunjukkan sekering itu terbuka.

Langkah:
1. Jalur kipas: B1 → F2 → K1. Jalur lampu: B1 → F3 → INV → L1. Lampu menyala, kipas mati.
2. Komponen bersama (C1 pada jalur pengisian, B1) tidak menjadi penyebab karena jalur lampu berfungsi dan B1 bertegangan 25,4 V.
3. Hanya F2 dan K1 berada khusus di jalur kipas. Tegangan 25,4 V di sisi baterai F2 dan 0 V di sisi kipas menunjukkan arus terhenti di F2 → F2 terbuka.
4. Pernyataan 2 dan 3 benar; 1, 4, dan 5 salah.

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1 ✗** Jebakan: C1 dianggap di semua jalur. Menurut diagram, C1 hanya berada di jalur pengisian (modul → baterai), bukan di jalur ke kipas maupun inverter.
• **Pernyataan 2 ✓** Tegangan 25,4 V sampai terminal F2 sisi baterai dan 0 V pada sisi kipas berarti arus terhenti di F2; sekering F2 putus.
• **Pernyataan 3 ✓** Lampu L1 menyala melalui F3 dan INV, sehingga jalur (b) berfungsi dan INV tidak menjadi penyebab matinya kipas.
• **Pernyataan 4 ✗** Jebakan: letak sekering tertukar. F3 berada pada jalur (b) menuju inverter dan lampu, yang berfungsi normal; jalur kipas melewati F2.
• **Pernyataan 5 ✗** Jebakan: tegangan baterai dianggap kecil. Baterai 24 V bertegangan 25,4 V dan masih mengalirkan listrik ke inverter; lampu AC menyala, sehingga baterai tidak kosong.

Jawaban: pernyataan 2, 3.

No. 24 Kunci: A

Konsep: Diagram instalasi yang aman memuat proteksi untuk bahaya yang ada: sekering atau pemutus pada jalur baterai ke inverter membatasi arus hubung singkat, dan pembumian rangka logam mengalirkan arus bocor ke tanah. kWh meter ekspor–impor hanya relevan untuk sistem on-grid; menambah baterai atau modul mengubah kapasitas, bukan keselamatan.

Langkah:
1. Bahaya 1: kabel B1 → INV berarus besar dan baterai dapat mengalirkan arus hubung singkat sangat besar → perlu sekering pada jalur itu.
2. Bahaya 2: rangka modul logam di atap terbuka dapat bertegangan → perlu pembumian rangka.
3. kWh meter ekspor–impor melayani jaringan listrik umum, sedangkan sistem ini off-grid.
4. Baterai atau modul tambahan menambah kapasitas atau daya, bukan menjawab dua bahaya di atas.

Analisis setiap opsi:
• **A. ✓** Sekering menjawab bahaya arus hubung singkat pada jalur baterai ke inverter, dan pembumian menjawab bahaya rangka logam bertegangan.
• **B. ✗** Jebakan: pembumian tepat, tetapi kWh meter ekspor–impor hanya untuk sistem yang tersambung jaringan (on-grid), bukan sistem off-grid ini.
• **C. ✗** Jebakan: sekering tepat, tetapi kWh meter ekspor–impor tidak relevan untuk sistem off-grid dan tidak menjawab bahaya yang disebut.
• **D. ✗** Jebakan: sekering tepat, tetapi baterai tambahan bukan kekurangan keselamatan pada gambar; justru menambah arus hubung singkat yang mungkin terjadi.
• **E. ✗** Jebakan: modul tambahan menambah daya, bukan keselamatan, dan kWh meter ekspor–impor tidak relevan untuk off-grid.

Jawaban: A.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

No. 25 Kunci: B, D, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Modul seri menjumlahkan tegangan dan arus tetap; string paralel menjumlahkan arus dan tegangan tetap. Daya kerja dihitung dari Vmp dan Imp; Voc string dipakai untuk memeriksa batas tegangan masukan karena tegangan tertinggi terjadi pada keadaan terbuka.

Langkah:

1. Tegangan kerja: 3 × 30 = 90 V; arus kerja: 2 × 10 = 20 A; daya = 90 × 20 = 1.800 W.
2. Voc string = 3 × 37 = 111 V; batas pengendali 150 V → aman.
3. Pernyataan 2, 4, dan 5 sesuai hitungan; pernyataan 1 dan 3 memakai konsep yang keliru.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: paralel dianggap tidak menambah arus. Dua string paralel menjumlahkan arus: 2 × 10 A = 20 A.
- **Pernyataan 2** ✓ Tiga modul seri × 30 V = 90 V; paralel tidak mengubah tegangan.
- **Pernyataan 3** ✗ Jebakan: Voc dan Isc dipakai untuk daya kerja. Keduanya tidak terjadi bersamaan; daya kerja dihitung dari Vmp dan Imp.
- **Pernyataan 4** ✓ 90 V × 20 A = 1.800 W; sama dengan 6 modul × 300 W (30 V × 10 A).
- **Pernyataan 5** ✓ Voc string = 111 V, kurang dari 150 V, sehingga pengendali aman pada keadaan terbuka.

Jawaban: pernyataan 2, 4, 5.

Latihan sub bab 4.1

No. 1 Kunci: A, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Konservasi energi pada PLTS: mengurangi pemakaian yang tidak perlu, merawat peralatan agar efisien, dan menggeser beban yang dapat ditunda ke siang hari (saat modul berproduksi) sehingga energi baterai tersisa untuk malam. Fungsi beban penting tidak boleh dikorbankan.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✓ Toren berfungsi sebagai penyimpan; pompa siang hari memakai listrik langsung dari modul, bukan dari baterai.
- **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: menghemat energi, tetapi minuman dan bahan makanan di dalamnya dapat rusak; fungsi beban terganggu.
- **Pernyataan 3** ✗ Daya lebih besar tidak menjamin energi lebih kecil, dan blender dipakai siang hari sehingga bukan penyebab baterai kosong saat subuh.
- **Pernyataan 4** ✗ Jebakan: menambah kapasitas penyimpanan, bukan mengurangi pemakaian energi; bila produksi siang tidak bertambah, baterai tambahan pun tidak terisi penuh.
- **Pernyataan 5** ✓ Mengurangi jam pemakaian 60 W yang tidak perlu.

Jawaban: pernyataan 1, 5.

No. 2 Kunci: 1S 2B 3B

Konsep: Konservasi energi dengan peralatan efisien: energi = daya × waktu kerja. Peralatan efisien dapat menghemat lewat daya yang lebih kecil dan waktu kerja yang lebih singkat.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1 → Salah.** Jebakan: kompresor tidak bekerja 24 jam dan lama kerjanya berbeda; penghematan = 1.800 − 900 = 900 Wh/hari.
• **Pernyataan 2 → Benar.** Lama: 150 × 12 = 1.800 Wh; baru: 90 × 10 = 900 Wh.
• **Pernyataan 3 → Benar.** 900 Wh × 30 = 27.000 Wh = 27 kWh.

Jawaban: Salah, Benar, Benar.

Latihan sub bab 4.2

No. 1 Kunci: 1B 2B 3S

Konsep: Daya PLTMH $P = \rho\, g\, Q\, H\, \eta$ sebanding lurus dengan debit Q dan tinggi jatuh H. Perubahan salah satu besaran mengubah daya dengan perbandingan yang sama.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1 → Benar.** 1.000 × 10 × 0,1 × 8 × 0,5 = 4.000 W.
• **Pernyataan 2 → Benar.** Daya sebanding dengan H: 4 kW × 12/8 = 6 kW.
• **Pernyataan 3 → Salah.** Jebakan: daya sebanding lurus dengan debit, bukan kuadratnya; debit setengah → daya setengah (2 kW).

Jawaban: Benar, Benar, Salah.

No. 2 Kunci: B

Konsep: Daya listrik PLTMH $P = \rho \times g \times Q \times H \times \eta$. Lokasi dengan debit besar belum tentu berdaya besar bila tinggi jatuhnya kecil; yang menentukan adalah hasil kali Q × H.

Langkah:

1. P: 1.000 × 10 × 0,08 × 25 × 0,6 = 12 kW.
2. Q: 1.000 × 10 × 0,15 × 15 × 0,6 = 13,5 kW.
3. R: 1.000 × 10 × 0,05 × 60 × 0,6 = 18 kW.
4. S: 1.000 × 10 × 0,20 × 10 × 0,6 = 12 kW.
5. Hanya R ≥ 15 kW.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: debit terbesar, tetapi tinggi jatuh kecil sehingga dayanya hanya 12 kW.
• **B.** ✓ R menghasilkan 18 kW, satu-satunya yang ≥ 15 kW.
• **C.** ✗ Jebakan: 22,5 kW adalah daya air Q sebelum dikali efisiensi; daya listriknya 13,5 kW.
• **D.** ✗ 20 kW adalah daya air P sebelum dikali efisiensi; daya listriknya 12 kW.
• **E.** ✗ Lokasi R mencapai 18 kW.

Jawaban: B.

Latihan sub bab 4.3

No. 1 Kunci: B

Konsep: Pada label modul, Vmp dan Imp adalah tegangan dan arus saat modul memberikan daya maksimum; Voc dan Isc adalah nilai batas (tanpa beban dan hubung singkat). Rangkaian seri menjumlahkan tegangan; rangkaian paralel menjumlahkan arus.

Langkah:

1. Tegangan string (2 seri) = 2 × 18,6 = 37,2 V.
2. Arus total (2 paralel) = 2 × 10,75 = 21,50 A.
3. Cek: 37,2 × 21,5 ≈ 800 W = 4 × 200 W.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Tegangan ditulis satu modul, padahal tiap string berisi dua modul seri.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

- **B.** ✓ Dua modul seri: 37,2 V; dua string paralel: 21,50 A; daya ≈ 800 W.
- **C.** ✗ Jebakan: tegangan seri sudah benar, tetapi arus dua string paralel belum dijumlahkan.
- **D.** ✗ Jebakan: memakai Voc dan Isc, padahal yang ditanyakan kondisi daya maksimum.
- **E.** ✗ Keempat modul dianggap seri semua.

Jawaban: B.

No. 2 Kunci: D

Konsep: Kapasitas modul (Wp) = energi beban harian ÷ (jam matahari puncak × efisiensi sistem).

Langkah:

1. Energi beban = 30 W × 12 j = 360 Wh.
2. Wp = 360 ÷ (4 × 0,75) = 360 ÷ 3 = 120 Wp.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Efisiensi dikalikan, bukan dibagi: 360 × 0,75 ÷ 4 ≈ 68 Wp.
- **B.** ✗ Jebakan: efisiensi diabaikan (360 ÷ 4 = 90 Wp); modul ini tidak mampu mengganti rugi-rugi sistem.
- **C.** ✗ Jebakan: rugi 25% "ditambahkan" (90 × 1,25 ≈ 113 Wp); yang benar 90 ÷ 0,75 = 120 Wp.
- **D.** ✓ 360 ÷ (4 × 0,75) = 120 Wp.
- **E.** ✗ Jam matahari puncak tidak dipakai: 360 ÷ 0,75 = 480 Wp.

Jawaban: D.

Latihan sub bab 4.4

No. 1 Kunci: E

Konsep: Daya turbin angin $P = \frac{1}{2} \rho A v^3 Cp$. Untuk turbin yang sama (A, Cp tetap) dan ρ tetap, P sebanding dengan v^3 sehingga $P_2 = P_1 \times (v_2/v_1)^3$.

Langkah:

1. $v_2/v_1 = 6/4 = 1{,}5$.
2. $(1{,}5)^3 = 3{,}375$.
3. $P_2 = 80 \times 3{,}375 = 270$ W.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Pangkat tiga sudah dipakai, tetapi perbandingannya terbalik: $80 \times (4/6)^3 \approx 24$ W.
- **B.** ✗ Perbandingan dibalik dan dianggap lurus: 80 × 4/6 ≈ 53 W.
- **C.** ✗ Jebakan: daya dianggap sebanding lurus dengan kecepatan (80 × 1,5).
- **D.** ✗ Jebakan: daya dianggap sebanding dengan kuadrat kecepatan (80 × 2,25).
- **E.** ✓ $80 \times (6/4)^3 = 80 \times 3{,}375 = 270$ W.

Jawaban: E.

No. 2 Kunci: 1B 2S 3B

Konsep: Energi turbin angin = Σ (daya pada setiap kecepatan × lama angin pada kecepatan itu). Karena daya naik tajam terhadap kecepatan angin, angin kencang yang singkat dapat menyumbang energi terbesar.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1 → Benar.** 40 × 6 + 140 × 8 + 330 × 4 = 240 + 1.120 + 1.320 = 2.680 Wh.
- **Pernyataan 2 → Salah.** Jebakan: daya turbin di bawah 3 m/s adalah 0 W; 240 Wh adalah sumbangan angin 4 m/s.
- **Pernyataan 3 → Benar.** 1.320 Wh lebih besar dari 1.120 Wh (6 m/s) dan 240 Wh (4 m/s).

Jawaban: Benar, Salah, Benar.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Latihan sub bab 4.5

No. 1 Kunci: 1B 2S 3S

Konsep: Perhitungan dasar biogas: produksi gas harian = jumlah ternak × kotoran per ekor × faktor gas per kg; lama pemakaian = volume gas ÷ konsumsi kompor per jam.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1 → Benar.** 10 × 20 × 0,04 = 8 m^3/hari.

• **Pernyataan 2 → Salah.** Jebakan: produksi turun menjadi 6 × 20 × 0,04 = 4,8 m^3, sedangkan kebutuhan 2 × 5 × 0,4 = 4 m^3; masih terpenuhi.

• **Pernyataan 3 → Salah.** 8 ÷ 0,4 = 20 jam, bukan 25 jam.

Jawaban: Benar, Salah, Salah.

No. 2 Kunci: C

Konsep: Kebutuhan bahan bakar = energi listrik × bahan bakar per kWh. Bila satu bahan tidak memenuhi, bahan lain dipakai untuk sisa energinya, sesuai urutan prioritas yang ditetapkan.

Langkah:

1. Sekam dipakai habis: 30 kg ÷ 1,5 = 20 kWh.
2. Kekurangan: 24 − 20 = 4 kWh.
3. Tempurung: 4 kWh × 1,0 = 4 kg (≤ 15 kg).

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ 30 kg sekam hanya menghasilkan 20 kWh; kurang 4 kWh.

• **B.** ✗ 15 kg tempurung hanya menghasilkan 15 kWh, dan sekam yang tidak tahan simpan tidak dipakai.

• **C.** ✓ Sekam habis terpakai (20 kWh) dan tempurung 4 kg menutup kekurangan 4 kWh.

• **D.** ✗ Jebakan: hasilnya memang 24 kWh, tetapi tempurung dipakai sebanyak mungkin dan sekam tersisa 16,5 kg, berlawanan dengan keputusan pengelola.

• **E.** ✗ Jebakan: angka 24 diambil dari kebutuhan kWh; campuran ini menghasilkan 16 + 15 = 31 kWh, sekam tersisa dan tempurung terbuang.

Jawaban: C.

Latihan sub bab 4.6

No. 1 Kunci: A, B, D

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Analisis kecukupan: energi PLTS = kWp × jam matahari puncak × efisiensi; energi beban = Σ (jumlah × daya × jam). Kekurangan harian ditutup dengan menambah produksi atau mengurangi beban; baterai tidak menambah produksi harian.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1** ✓ 2.000 × 4,5 × 0,8 = 7.200 Wh.

• **Pernyataan 2** ✓ 2.880 + 3.600 + 2.700 = 9.180 Wh; 9.180 − 7.200 = 1.980 Wh.

• **Pernyataan 3** ✗ Hemat 12 × 50 × 2 = 1.200 Wh; beban menjadi 7.980 Wh, masih di atas 7.200 Wh.

• **Pernyataan 4** ✓ Tambahan 1.000 × 4,5 × 0,8 = 3.600 Wh → 10.800 Wh ≥ 9.180 Wh.

• **Pernyataan 5** ✗ Jebakan: baterai hanya menyimpan energi dari modul; produksi harian tetap 7.200 Wh.

Jawaban: pernyataan 1, 2, 4.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

No. 2 Kunci: B

Konsep: Pembangkit tanpa penyimpanan harus memenuhi daya beban puncak. Bila beban puncak melebihi daya pembangkit, beban yang dapat ditunda dipindahkan ke luar jam puncak.

Langkah:

1. Beban puncak = 8.000 + 1.200 + 2.200 + 600 = 12.000 W > 11.000 W.
2. Pompa dipindah ke siang: 12.000 − 2.200 = 9.800 W ≤ 11.000 W.
3. Siang: 3 kW + 2,2 kW = 5,2 kW ≤ 11 kW; toren menyimpan air.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: membandingkan energi harian, padahal tanpa baterai yang menentukan adalah daya saat beban menyala bersamaan.
- **B.** ✓ Beban malam turun menjadi 9,8 kW dan pompa tetap terlayani pada siang hari.
- **C.** ✗ Jebakan: 12.000 − 600 = 11.400 W, masih di atas 11.000 W.
- **D.** ✗ Beban berlebih justru memperlambat putaran sehingga tegangan dan frekuensi turun.
- **E.** ✗ Penggantian pembangkit tidak perlu karena penggeseran beban sudah menyelesaikan masalah.

Jawaban: B.

Kuis Akhir Bab 4

No. 1 Kunci: A

Konsep: Daya air = $\rho \cdot g \cdot Q \cdot H$ (W), dengan Q dalam m^3/s. Daya listrik = daya air × η. Debit dalam L/s dibagi 1.000 menjadi m^3/s.

Langkah:

1. Debit: 40 ÷ 1.000 = 0,04 m^3/s.
2. Daya air: 1.000 × 9,8 × 0,04 × 18 = 7.056 W.
3. Daya listrik: 7.056 × 0,55 = 3.880,8 W ≈ 3.881 W (sekitar 3,9 kW).
4. Periksa kewajaran: skala dusun beberapa kilowatt; hasilnya masuk akal.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ Q = 40 ÷ 1.000 = 0,04 m^3/s; daya air = 1.000 × 9,8 × 0,04 × 18 = 7.056 W; daya listrik = 7.056 × 0,55 = 3.880,8 ≈ 3.881 W.
- **B.** ✗ Jebakan: g = 10 dipakai, padahal soal menyebut g = 9,8 (1.000 × 10 × 0,04 × 18 × 0,55 = 3.960 W). Selisihnya kecil, tetapi nilai g harus persis seperti soal.
- **C.** ✗ Jebakan: efisiensi lupa dikalikan; 7.056 W adalah daya air, bukan daya listrik.
- **D.** ✗ Jebakan: efisiensi dipakai sebagai pembagi (7.056 ÷ 0,55), sehingga daya listrik lebih besar daripada daya air — mustahil.
- **E.** ✗ Jebakan: debit diubah ke m^3/s dengan dibagi 100, bukan 1.000 (Q = 0,4), sehingga hasilnya sepuluh kali terlalu besar.

Jawaban: A.

No. 2 Kunci: A

Konsep: Bila energi melewati beberapa tahap berurutan, efisiensi total adalah hasil kali efisiensi tiap tahap: η total = η1 × η2 × η3 × η4. Energi yang sampai ke beban = energi masuk × η total. Setiap tahap mengurangi energi; tidak ada tahap yang menambah.

Langkah:

1. η total = 0,97 × 0,93 = 0,9021.
2. 0,9021 × 0,85 = 0,7668.
3. 0,7668 × 0,90 = 0,6901.
4. Energi sampai = 2.000 × 0,6901 = 1.380 Wh (kira-kira 69 % dari energi modul).

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

5. Periksa: hasilnya lebih kecil daripada 2.000 Wh dan lebih kecil daripada hasil dengan efisiensi terendah saja (1.700 Wh), karena semua tahap ikut merugikan.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✓ Efisiensi total = 0,97 × 0,93 × 0,85 × 0,90 = 0,690; energi sampai = 2.000 × 0,690 = 1.380 Wh.

• **B.** ✗ Jebakan: tahap baterai terlewat (2.000 × 0,97 × 0,93 × 0,90 = 1.624 Wh), padahal baterai juga membuang sebagian energi.

• **C.** ✗ Jebakan: hanya efisiensi tahap terendah (85 %) yang dipakai (2.000 × 0,85), seolah tahap lain tidak menyebabkan rugi.

• **D.** ✗ Jebakan: keempat efisiensi dirata-ratakan menjadi 91,25 % (2.000 × 0,9125). Efisiensi tahap berurutan dikalikan, bukan dirata-ratakan.

• **E.** ✗ Jebakan: efisiensi dipakai sebagai pembagi (2.000 ÷ 0,690), sehingga energi yang sampai lebih besar daripada energi yang masuk — mustahil.

Jawaban: A.

No. 3 Kunci: C

Konsep: Tinggi jatuh efektif = tinggi jatuh kotor − rugi gesek. Rugi dalam persen berarti H efektif = H kotor × (1 − persen). Daya listrik $P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_{efektif} \cdot \eta$; rugi pipa hanya dihitung satu kali, yaitu pada tinggi jatuh.

Langkah:

1. H efektif = 48 × (1 − 0,07) = 48 × 0,93 = 44,64 m.
2. Debit: 55 ÷ 1.000 = 0,055 m^3/s.
3. Daya air = 1.000 × 9,8 × 0,055 × 44,64 = 24.061 W.
4. Daya listrik = 24.061 × 0,60 = 14.437 W ≈ 14,4 kW.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: rugi 7 % dibaca 7 m dan dikurangkan dari tinggi jatuh (H = 41 m). Rugi yang diberikan adalah persen, sehingga H efektif = 48 × 0,93 = 44,64 m.

• **B.** ✗ Jebakan: rugi pipa dihitung dua kali, yaitu mengurangi tinggi jatuh lalu mengalikan hasil dengan 0,93 sekali lagi.

• **C.** ✓ H efektif = 48 × 0,93 = 44,64 m; Q = 0,055 m^3/s; P = 1.000 × 9,8 × 0,055 × 44,64 × 0,60 = 14.437 W ≈ 14,4 kW.

• **D.** ✗ Jebakan: rugi gesek diabaikan dan tinggi jatuh kotor 48 m dipakai langsung, sehingga daya perkiraan terlalu besar.

• **E.** ✗ Jebakan: rugi 7 % ditambahkan (48 × 1,07), bukan dikurangkan, sehingga tinggi jatuh dan daya menjadi lebih besar.

Jawaban: C.

No. 4 Kunci: B

Konsep: Energi E = n × P × t, dengan t = lama alat benar-benar bekerja pada daya itu (Wh). Energi harian seluruh beban adalah jumlah energi tiap beban. Alat yang bekerja bergantian (elemen dispenser, kompresor) dihitung dari lama kerjanya, bukan lama terpasang.

Langkah:

1. Lampu: 10 × 9 × 8 = 720 Wh.
2. Kipas: 4 × 35 × 6 = 840 Wh.
3. Komputer: 2 × 60 × 5 = 600 Wh.
4. Dispenser: 300 × 2 = 600 Wh.
5. Jumlah: 720 + 840 + 600 + 600 = 2.760 Wh (2,76 kWh).

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: jumlah unit tidak dikalikan, sehingga yang dihitung hanya satu lampu, satu kipas, dan

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

satu komputer (9 × 8 + 35 × 6 + 60 × 5 + 300 × 2 = 1.182 Wh).
• **B.** ✓ Lampu 720 Wh + kipas 840 Wh + komputer 600 Wh + dispenser 600 Wh = 2.760 Wh; setiap beban dihitung jumlah × daya × lama kerjanya.
• **C.** ✗ Jebakan: dispenser dianggap menyala 8 jam seperti jam kantor (300 × 8 = 2.400 Wh), padahal elemen pemanasnya hanya bekerja 2 jam.
• **D.** ✗ Jebakan: seluruh daya dijumlahkan (650 W) lalu dikalikan jam terlama, 8 jam, seolah semua alat menyala 8 jam.
• **E.** ✗ Jebakan: dispenser dihitung 24 jam karena dicolokkan sepanjang hari (300 × 24 = 7.200 Wh), bukan lama elemennya bekerja.

Jawaban: B.

No. 5 Kunci: B, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Penghematan = (penurunan daya) × (jumlah alat) × (jam berlaku), dihitung dalam Wh. Usulan dibandingkan dengan Wh yang dihemat, bukan dengan daya terbesar atau jam terlama. Menggeser jam pakai tidak mengurangi energi harian (0 Wh), tetapi memindahkan beban dari baterai ke modul.

Langkah:
1. P: 8 × (40 − 8) × 5 = 1.280 Wh.
2. Q: (500 − 420) × 3 = 240 Wh.
3. R: 12 × 4 × 20 = 960 Wh.
4. S: 2 × 60 × 4 = 480 Wh.
5. T: energi total tetap → 0 Wh; manfaatnya ada pada baterai malam.
6. Periksa pernyataan satu per satu: 1 salah (R 960 < P 1.280), 2 benar, 3 benar, 4 salah (240 < 480), 5 benar (1.280 + 480 = 1.760).

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: jam terlama dianggap penghematan terbesar. R hanya menghemat 12 × 4 × 20 = 960 Wh, lebih kecil daripada P (1.280 Wh).
• **Pernyataan 2** ✓ Penurunan daya 40 − 8 = 32 W per lampu; 8 lampu × 32 W × 5 jam = 1.280 Wh.
• **Pernyataan 3** ✓ Pompa tetap bekerja 3 jam, sehingga energi totalnya tidak berubah (0 Wh dihemat). Namun pada pukul 11.00 energinya langsung dari modul, bukan dari baterai malam.
• **Pernyataan 4** ✗ Jebakan: daya satu alat dibandingkan dengan daya kelompok. Q menghemat 80 × 3 = 240 Wh, sedangkan S menghemat 2 × 60 × 4 = 480 Wh.
• **Pernyataan 5** ✓ P 1.280 Wh + S 480 Wh = 1.760 Wh; penghematan tiap usulan dijumlahkan dalam Wh.

Jawaban: pernyataan 2, 3, 5.

No. 6 Kunci: D

Konsep: Penghematan energi (Wh) langsung mengurangi energi yang harus dihasilkan modul. Wp = E ÷ (PSH × η), sehingga pengurangan modul = Wh yang dihemat ÷ (PSH × η). Efisiensi sistem membagi, karena modul harus menghasilkan lebih banyak daripada kebutuhan beban.

Langkah:
1. Energi lemari lama: 180 × 12 = 2.160 Wh.
2. Energi lemari baru: 110 × 10 = 1.100 Wh.
3. Penghematan: 2.160 − 1.100 = 1.060 Wh per hari.
4. PSH × η = 4,0 × 0,75 = 3,0 jam.
5. Pengurangan modul: 1.060 ÷ 3,0 = 353,3 ≈ 353 Wp.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Jebakan: efisiensi dikalikan (1.060 ÷ 4,0 × 0,75). Efisiensi sistem justru membagi: modul harus

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

menghasilkan lebih banyak agar setelah rugi masih cukup.

• **B.** ✗ Jebakan: efisiensi sistem lupa dipakai (1.060 ÷ 4,0), sehingga modul yang dibutuhkan terlalu kecil.

• **C.** ✗ Jebakan: lama kerja kedua lemari dianggap sama, 12 jam ((180 − 110) × 12 = 840 Wh; 840 ÷ 3,0 = 280 Wp), padahal lemari baru bekerja lebih singkat.

• **D.** ✓ Hemat energi 2.160 − 1.100 = 1.060 Wh per hari; 1.060 ÷ (4,0 × 0,75) = 1.060 ÷ 3,0 = 353 Wp.

• **E.** ✗ Jebakan: energi yang dihemat (1.060 Wh) dibaca langsung sebagai Wp. Wh adalah energi, Wp adalah daya puncak modul; keduanya dihubungkan oleh PSH × η.

Jawaban: D.

No. 7 Kunci: D

Konsep: Kapasitas baterai Ah = Wh × hari otonomi ÷ (V sistem × DoD). Baterai seri menambah tegangan (dua baterai 12 V → 24 V), paralel menambah kapasitas Ah. Jumlah baterai = jumlah untai paralel × jumlah baterai seri per untai, dibulatkan ke atas.

Langkah:

1. Ah = 1.100 × 3 ÷ (24 × 0,5) = 3.300 ÷ 12 = 275 Ah pada 24 V.
2. Satu untai seri 2 baterai = 24 V 100 Ah.
3. Untai paralel: 275 ÷ 100 = 2,75 → 3 untai.
4. Jumlah baterai: 3 × 2 = 6.
5. Periksa: 24 V × 300 Ah × 0,5 = 3.600 Wh ≥ 3.300 Wh.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: hari otonomi diabaikan (1.100 ÷ (24 × 0,5) = 91,7 Ah), sehingga satu pasang seri 24 V 100 Ah dianggap cukup.

• **B.** ✗ Jebakan: kapasitas 275 Ah dibagi 100 Ah (2,75 → 3) tanpa memperhitungkan seri. Tiga baterai yang diparalel hanya bertegangan 12 V, bukan 24 V.

• **C.** ✗ Jebakan: DoD diabaikan (3.300 ÷ 24 = 137,5 Ah → 2 untai seri × 2 baterai = 4), padahal baterai tidak boleh dikosongkan habis.

• **D.** ✓ Ah = 1.100 × 3 ÷ (24 × 0,5) = 275 Ah; 275 ÷ 100 = 2,75 → 3 untai paralel; tiap untai 2 baterai seri (24 V) → 3 × 2 = 6 baterai.

• **E.** ✗ Jebakan: tegangan 12 V dipakai dalam rumus (3.300 ÷ (12 × 0,5) = 550 Ah → 6 untai), padahal sistemnya 24 V; Ah yang dihitung menjadi dua kali lipat.

Jawaban: D.

No. 8 Kunci: B

Konsep: Tinggi jatuh kotor = selisih muka air bak penenang dan sumbu turbin (bukan bendung, karena saluran pembawa hanya mengantar air ke bak). Debit yang dipakai turbin = debit sungai − debit yang diambil untuk keperluan lain. $P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_{efektif} \cdot \eta$.

Langkah:

1. Debit ke turbin: 120 − 35 = 85 L/s = 0,085 m^3/s.
2. Tinggi jatuh kotor dari gambar: 214,0 − 176,0 = 38 m.
3. H efektif = 38 × (1 − 0,05) = 36,1 m.
4. Daya air = 1.000 × 9,8 × 0,085 × 36,1 = 30.071 W.
5. Daya listrik = 30.071 × 0,58 = 17.441 W ≈ 17,4 kW.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: rugi 5 % dibaca 5 m dan dikurangkan dari 38 m (H = 33 m). Rugi yang diberikan adalah persen: H efektif = 38 × 0,95 = 36,1 m.

• **B.** ✓ Q = 120 − 35 = 85 L/s = 0,085 m^3/s; H kotor = 214,0 − 176,0 = 38 m; H efektif = 38 × 0,95 = 36,1 m; P = 1.000 × 9,8 × 0,085 × 36,1 × 0,58 = 17.441 W ≈ 17,4 kW.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

• **C.** ✗ Jebakan: rugi gesek pipa pesat tidak dikurangkan (H = 38 m), sehingga daya perkiraan terlalu besar.
• **D.** ✗ Jebakan: tinggi jatuh dihitung dari muka air bendung (230,0 − 176,0 = 54 m). Air masuk turbin dari bak penenang, jadi yang dipakai muka air bak penenang (214,0 m).
• **E.** ✗ Jebakan: efisiensi total tidak dikalikan, sehingga yang diperoleh daya air, bukan daya listrik.

Jawaban: B.

No. 9 Kunci: A, D, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Daya listrik P = ρ · g · Q · H efektif · η, dengan H efektif = H kotor − rugi gesek. Daya berbanding lurus dengan debit. PLTMH tanpa baterai harus mencukupi kebutuhan pada debit terkecil (kemarau).

Langkah:
1. H efektif = 40 − 5 = 35 m (pernyataan 1 benar).
2. Hujan: Q = 0,09 m^3/s → P = 9,8 × 0,09 × 35 × 0,55 = 16,98 kW ≈ 17,0 kW (pernyataan 2 salah, 19 kW memakai H = 40 m).
3. Kemarau: Q = 0,03 m^3/s → P = 9,8 × 0,03 × 35 × 0,55 = 5,66 kW < 6 kW (pernyataan 4 benar).
4. Bila rugi diabaikan (H = 40 m): 6,47 kW — angka ini tidak sah dipakai (pernyataan 3 salah).
5. Perbandingan debit 30 : 90 = 1 : 3 sama dengan perbandingan daya (pernyataan 5 benar).

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1** ✓ Tinggi jatuh efektif = 40 − 5 = 35 m; rugi gesek 5 m sudah diberikan dalam meter.
• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: tinggi jatuh kotor 40 m dipakai (9,8 × 0,09 × 40 × 0,55 = 19,4 kW). Dengan H efektif 35 m, dayanya 17,0 kW.
• **Pernyataan 3** ✗ Jebakan: rugi gesek 5 m termasuk data yang harus dipakai. Daya 6,5 kW hanya muncul bila H = 40 m; dengan H = 35 m dayanya 5,7 kW.
• **Pernyataan 4** ✓ 9,8 × 0,03 × 35 × 0,55 = 5,66 kW < 6 kW; tanpa baterai, daya kemarau yang menentukan.
• **Pernyataan 5** ✓ Daya sebanding dengan debit pada tinggi jatuh dan efisiensi tetap: 30 ÷ 90 = 1/3; 5,66 ÷ 16,98 = 1/3.

Jawaban: pernyataan 1, 4, 5.

No. 10 Kunci: A, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Seri menjumlahkan tegangan dan arus tetap; paralel menjumlahkan arus dan tegangan tetap. Susunan 3S2P: tegangan = 3 × tegangan modul, arus = 2 × arus modul. Vmp dan Imp dipakai untuk kondisi kerja pada daya maksimum; Voc dan Isc hanya untuk memeriksa batas tegangan dan arus pengendali.

Langkah:
1. Dari gambar: 2 string, tiap string 3 modul seri (3S2P).
2. Vmp susunan = 3 × 30,8 = 92,4 V; Imp susunan = 2 × 8,12 = 16,24 A; daya = 92,4 × 16,24 ≈ 1.500 W.
3. Voc string = 3 × 37,6 = 112,8 V < 150 V (aman).
4. Isc total = 2 × 8,65 = 17,3 A < 30 A (aman).
5. Pernyataan 1, 3, dan 5 benar; pernyataan 2 dan 4 salah.

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1** ✓ Satu string berisi 3 modul seri: 3 × 30,8 V (Vmp) = 92,4 V; paralel tidak mengubah tegangan.
• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: semua modul dianggap paralel. Arus hanya dijumlahkan antarstring (2 string): 2 × 8,12 A = 16,24 A.
• **Pernyataan 3** ✓ 92,4 V × 16,24 A = 1.500,6 W ≈ 6 × 250 W = 1.500 W.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

• **Pernyataan 4 ✗** Jebakan: keenam modul dianggap seri. Voc string = 3 × 37,6 V = 112,8 V, masih di bawah 150 V.
• **Pernyataan 5 ✓** Isc total = 2 string × 8,65 A = 17,3 A < 30 A.

Jawaban: pernyataan 1, 3, 5.

No. 11 Kunci: C

Konsep: Menentukan modul: (1) hitung energi beban harian Σ n · P · t; (2) Wp = E beban ÷ (PSH × η); (3) jumlah modul = Wp ÷ Wp per modul, dibulatkan ke atas; (4) periksa produksi modul terpilih ≥ energi beban.

Langkah:
1. Lampu: 8 × 12 × 6 = 576 Wh; mesin: 400 × 2 = 800 Wh; lemari: 120 × 9 = 1.080 Wh; kipas: 2 × 45 × 5 = 450 Wh.
2. Total: 576 + 800 + 1.080 + 450 = 2.906 Wh.
3. PSH × η = 4,4 × 0,72 = 3,168; Wp = 2.906 ÷ 3,168 = 917,3 Wp.
4. Jumlah modul: 917,3 ÷ 300 = 3,06 → dibulatkan ke atas menjadi 4.
5. Periksa: 4 × 300 × 3,168 = 3.802 Wh ≥ 2.906 Wh; tiga modul (2.851 Wh) kurang.

Analisis setiap opsi:
• **A. ✗** Jebakan: efisiensi dikalikan (2.906 × 0,72 ÷ 4,4 = 475 Wp, 1,6 modul → 2). Efisiensi sistem membagi.
• **B. ✗** Jebakan: 3,06 modul dibulatkan ke bawah menjadi 3. Tiga modul hanya menghasilkan 900 × 4,4 × 0,72 = 2.851 Wh, kurang dari 2.906 Wh. Hasil yang sama juga muncul bila efisiensi dilupakan (2,2 modul → 3).
• **C. ✓** Beban 2.906 Wh; Wp = 2.906 ÷ (4,4 × 0,72) = 917,3 Wp; 917,3 ÷ 300 = 3,06 → dibulatkan ke atas 4 modul (produksi 3.802 Wh ≥ 2.906 Wh).
• **D. ✗** Jebakan: lemari pendingin dihitung 24 jam (120 × 24 = 2.880 Wh), padahal kompresor hanya bekerja 9 jam. Beban menjadi 4.706 Wh dan modul 4,95 → 5.
• **E. ✗** Jebakan: energi beban langsung dibagi 300 Wp (2.906 ÷ 300 = 9,7 → 10) tanpa PSH dan efisiensi; energi (Wh) tidak dapat dibagi dengan Wp.

Jawaban: C.

No. 12 Kunci: 1B 2S 3S

Konsep: Produksi modul = Wp × PSH × η dibandingkan dengan energi beban. Baterai: energi yang dapat dipakai = V × Ah × DoD, dibandingkan dengan energi beban × hari otonomi. Satu data yang berubah (PSH musim hujan, ukuran baterai) harus dihitung ulang.

Langkah:
1. Energi lampu: 24 × 11 = 264 Wh; produksi modul: 100 × 4,5 × 0,7 = 315 Wh ≥ 264 Wh (pernyataan 1 benar).
2. Kebutuhan baterai: 264 × 2 ÷ (12 × 0,8) = 55 Ah; baterai 50 Ah < 55 Ah, yang cukup adalah 60 Ah (pernyataan 2 salah).
3. Dengan PSH 3,6: 100 × 3,6 × 0,7 = 252 Wh < 264 Wh (pernyataan 3 salah).

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1 → Benar.** Energi lampu 24 × 11 = 264 Wh; produksi 100 × 4,5 × 0,7 = 315 Wh ≥ 264 Wh.
• **Pernyataan 2 → Salah.** Kebutuhan 264 × 2 = 528 Wh; energi yang dapat dipakai baterai 50 Ah = 12 × 50 × 0,8 = 480 Wh < 528 Wh. Jebakan: 50 Ah tampak "dekat" dengan kebutuhan 55 Ah.
• **Pernyataan 3 → Salah.** Produksi 100 × 3,6 × 0,7 = 252 Wh < 264 Wh. Jebakan: modul yang cukup pada PSH 4,5 tidak otomatis cukup pada PSH yang lebih rendah.

Jawaban: Benar, Salah, Salah.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

No. 13 Kunci: E

Konsep: Energi harian modul yang sampai ke beban E = Wp × PSH × η. Wp total adalah jumlah daya puncak semua modul; PSH adalah jam setara dengan radiasi 1.000 W/m² (bukan lama siang); η adalah efisiensi sistem.

Langkah:

1. Wp total = 3 × 275 = 825 Wp.
2. Energi ideal = 825 × 4,6 = 3.795 Wh.
3. Energi di beban = 3.795 × 0,78 = 2.960,1 Wh ≈ 2.960 Wh.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: lama matahari bersinar (12 jam) dipakai sebagai PSH. PSH adalah jam setara 1.000 W/m², jauh lebih pendek daripada lama siang.
- **B.** ✗ Jebakan: efisiensi dipakai sebagai pembagi (3.795 ÷ 0,78), sehingga energi di beban lebih besar daripada energi modul.
- **C.** ✗ Jebakan: rugi 22 % ditambahkan (3.795 × 1,22), bukan efisiensi dikalikan.
- **D.** ✗ Jebakan: efisiensi sistem lupa dikalikan (825 × 4,6); itu energi ideal di keluaran modul.
- **E.** ✓ Wp total = 3 × 275 = 825 Wp; E = 825 × 4,6 × 0,78 = 2.960,1 ≈ 2.960 Wh.

Jawaban: E.

No. 14 Kunci: B

Konsep: Massa bahan = (kWh × 3,6) ÷ (nilai kalor × η), dari E listrik (MJ) = m × NK × η dan 1 kWh = 3,6 MJ. Efisiensi membagi karena hanya sebagian energi bahan yang menjadi listrik, sehingga bahan yang dibutuhkan lebih banyak daripada hitungan tanpa efisiensi.

Langkah:

1. Target dalam MJ: 60 × 3,6 = 216 MJ.
2. Energi bahan yang harus dibakar: 216 ÷ 0,18 = 1.200 MJ.
3. Massa tempurung: 1.200 ÷ 16 = 75 kg.
4. Periksa: 75 × 16 × 0,18 = 216 MJ; 216 ÷ 3,6 = 60 kWh.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: kWh dikalikan nilai kalor dan efisiensi (60 × 16 × 0,18), padahal massa bahan diperoleh dengan membagi.
- **B.** ✓ Energi listrik 60 kWh = 60 × 3,6 = 216 MJ; energi bahan = 216 ÷ 0,18 = 1.200 MJ; massa = 1.200 ÷ 16 = 75 kg.
- **C.** ✗ Jebakan: 60 kWh tidak diubah ke MJ (60 ÷ (16 × 0,18) = 20,8); kWh dan MJ tidak boleh dicampur.
- **D.** ✗ Jebakan: efisiensi lupa dipakai (216 ÷ 16 = 13,5 kg), seolah seluruh energi bahan menjadi listrik.
- **E.** ✗ Jebakan: 3,6 dipakai membagi, bukan mengalikan (60 ÷ 3,6 ÷ (16 × 0,18) = 5,8 kg); 1 kWh = 3,6 MJ berarti kWh dikali 3,6 untuk menjadi MJ.

Jawaban: B.

No. 15 Kunci: A

Konsep: Inverter dibatasi oleh daya beban yang menyala bersamaan (W), bukan oleh energi harian. Beban bersamaan = jumlah daya semua beban pada jam yang sama; puncaknya dibandingkan dengan kapasitas inverter. Cara menurunkan puncak: memisahkan jam beban (menggeser jadwal) atau menurunkan daya beban pada jam puncak.

Langkah:

1. Dari gambar: 08–09: 200 + 1.100 = 1.300 W; 09–10: 200 + 1.100 + 1.500 = 2.800 W; 10–11: 200 + 1.100 + 1.500 + 900 = 3.700 W; 11–12: 200 + 1.500 + 900 = 2.600 W.
2. Puncak 3.700 W (pukul 10–11) melebihi inverter 3.000 W.
3. Kompresor digeser ke 12–14: 10–11 menjadi 2.800 W dan 11–12 menjadi 1.700 W; puncak 2.800 W

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

≤ 3.000 W.
4. Memajukan kompresor ke 08–10 membuat 09–10 menjadi 3.700 W; mengganti lampu 200 W menjadi 100 W hanya menurunkan puncak menjadi 3.600 W.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✓ Puncak 3.700 W terjadi pukul 10–11 saat kompresor menyala bersama ketam dan gergaji; setelah digeser ke 12–14, beban bersamaan tertinggi 2.800 W (≤ 3.000 W).
• **B.** ✗ Jebakan: baterai menyimpan energi, tetapi inverter tetap hanya dapat menyalurkan 3.000 W; beban bersamaan 3.700 W tetap melampaui inverter.
• **C.** ✗ Jebakan: menambah modul menambah energi yang dibangkitkan, bukan kemampuan inverter; beban puncak 3.700 W tetap melebihi 3.000 W.
• **D.** ✗ Jebakan: memajukan kompresor hanya memindahkan puncak ke pukul 09–10, saat ia menyala bersama lampu, ketam, dan gergaji (200 + 1.100 + 1.500 + 900 = 3.700 W).
• **E.** ✗ Jebakan: penghematan 100 W hanya menurunkan puncak menjadi 3.600 W, masih di atas 3.000 W.

Jawaban: A.

No. 16 Kunci: E

Konsep: Daya turbin angin $P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \cdot Cp$, dengan $A = \pi r^2$ dan r = diameter ÷ 2. ρ udara ≈ 1,2 kg/m³ (bukan massa jenis air). Kecepatan dipangkatkan tiga; Cp adalah bagian daya angin yang berhasil diubah turbin.

Langkah:
1. Jari-jari: 5 ÷ 2 = 2,5 m.
2. Luas sapuan: $3{,}14 \times 2{,}5^2 = 19{,}625\ m^2$.
3. $v^3 = 4^3 = 64$.
4. Daya angin: ½ × 1,2 × 19,625 × 64 = 753,6 W.
5. Daya turbin: 753,6 × 0,30 = 226,08 W ≈ 226 W.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Jebakan: massa jenis air (1.000 kg/m³) terbawa dari hitungan hidro. Pada turbin angin, massa jenis yang dipakai udara, 1,2 kg/m³.
• **B.** ✗ Jebakan: diameter 5 m dipakai sebagai jari-jari, sehingga luas sapuan 78,5 m² (empat kali terlalu besar).
• **C.** ✗ Jebakan: koefisien daya (Cp) lupa dikalikan; 754 W adalah daya angin yang melewati rotor, bukan daya turbin.
• **D.** ✗ Jebakan: faktor ½ pada rumus daya angin terlupa, sehingga hasilnya dua kali terlalu besar.
• **E.** ✓ r = 5 ÷ 2 = 2,5 m; $A = 3{,}14 \times 2{,}5^2 = 19{,}625\ m^2$; $P = \frac{1}{2} \times 1{,}2 \times 19{,}625 \times 4^3 \times 0{,}30 = 226{,}08$ W ≈ 226 W.

Jawaban: E.

No. 17 Kunci: E

Konsep: Jumlah ternak minimal = kebutuhan gas ÷ gas terpakai per ekor, dibulatkan ke atas. Kebutuhan gas = jumlah kompor × konsumsi (m³/jam) × lama pakai (jam). Gas terpakai per ekor = kotoran per ekor × hasil gas per kg × bagian yang terpakai.

Langkah:
1. Kebutuhan gas: $6 \times 0{,}32 \times 2{,}5 = 4{,}8\ m^3$ per hari.
2. Biogas per ekor: $16 \times 0{,}036 = 0{,}576\ m^3$; terpakai: $0{,}576 \times 0{,}8 = 0{,}4608\ m^3$.
3. Jumlah sapi: 4,8 ÷ 0,4608 = 10,42.
4. Dibulatkan ke atas: 11 ekor (10 ekor → 4,608 m³ < 4,8 m³; 11 ekor → 5,07 m³ ≥ 4,8 m³).

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: lama pakai terlupa (6 × 0,32 = 1,92 m^3; 1,92 ÷ 0,4608 = 4,17 → 5 ekor), sehingga kebutuhan gas terlalu kecil.

• **B.** ✗ Jebakan: faktor 80 % dipakai sebagai pembagi (gas per ekor 0,576 ÷ 0,8 = 0,72 m^3), padahal hanya 80 % yang terpakai sehingga gas per ekor mengecil.

• **C.** ✗ Jebakan: gas yang hilang diabaikan (4,8 ÷ 0,576 = 8,33 → 9 ekor), padahal hanya 80 % gas yang sampai ke kompor.

• **D.** ✗ Jebakan: 10,42 ekor dibulatkan ke bawah. Sepuluh sapi hanya menghasilkan gas terpakai 4,608 m^3, kurang dari kebutuhan 4,8 m^3.

• **E.** ✓ Kebutuhan 6 × 0,32 × 2,5 = 4,8 m^3; gas terpakai per ekor = 16 × 0,036 × 0,8 = 0,4608 m^3; 4,8 ÷ 0,4608 = 10,42 → dibulatkan ke atas 11 ekor.

Jawaban: E.

No. 18 Kunci: D

Konsep: Energi harian turbin = Σ $P_i \times t_i$. Bila daya acuan diketahui pada satu kecepatan, daya pada kecepatan lain = P acuan × (v ÷ v acuan)^3. Di bawah kecepatan mulai (cut-in) daya nol. Rata-rata kecepatan tidak boleh dipakai untuk menghitung energi karena daya tidak linear terhadap kecepatan.

Langkah:

1. 3 m/s < 4 m/s (kecepatan mulai) → daya 0 W → 0 Wh.
2. 5 m/s: 70 W × 8 jam = 560 Wh.
3. 7 m/s: 70 × (7 ÷ 5)^3 = 70 × 2,744 = 192,08 W; × 6 jam = 1.152,5 Wh.
4. 9 m/s: 70 × (9 ÷ 5)^3 = 70 × 5,832 = 408,24 W; × 4 jam = 1.632,9 Wh.
5. Jumlah: 0 + 560 + 1.152,5 + 1.632,9 = 3.345,4 Wh ≈ 3.345 Wh.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: daya acuan 70 W dikalikan 24 jam, seolah angin selalu bertiup 5 m/s.

• **B.** ✗ Jebakan: daya dianggap sebanding dengan kecepatan (bukan pangkat tiga) dan baris 3 m/s ikut dihitung.

• **C.** ✗ Jebakan: kecepatan dirata-ratakan (5,67 m/s) lalu daya dihitung sekali dan dikalikan 24 jam. Karena daya ∝ v^3, rata-rata kecepatan tidak sama dengan rata-rata daya.

• **D.** ✓ 3 m/s di bawah kecepatan mulai → 0 Wh; 5 m/s: 70 × 8 = 560 Wh; 7 m/s: 192,1 × 6 = 1.152,5 Wh; 9 m/s: 408,2 × 4 = 1.632,9 Wh; jumlah 3.345,4 Wh.

• **E.** ✗ Jebakan: baris 3 m/s ikut dihitung (15,1 W × 6 jam = 90,7 Wh), padahal di bawah kecepatan mulai (4 m/s) turbin tidak menghasilkan listrik.

Jawaban: D.

No. 19 Kunci: B, D, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: $P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \cdot Cp$ dengan $A = \pi r^2$. Pada ρ dan Cp sama: $P_2 \div P_1 = (d_2 \div d_1)^2 \times (v_2 \div v_1)^3$. Daya sebanding dengan kuadrat diameter dan pangkat tiga kecepatan, sehingga lokasi berangin lebih kencang dapat mengalahkan rotor yang lebih lebar.

Langkah:

1. X: r = 1,5 m; A = 7,065 m^2; P = 0,6 × 7,065 × 64 × 0,30 = 81,4 W (pernyataan 2 benar).
2. Y: r = 1 m; A = 3,14 m^2; P = 0,6 × 3,14 × 216 × 0,30 = 122,1 W (pernyataan 4 benar).
3. Rasio Y : X = 122,1 ÷ 81,4 = 1,5 (pernyataan 5 benar); pernyataan 1 salah karena Y lebih besar.
4. Y di halaman (4 m/s): 0,6 × 3,14 × 64 × 0,30 = 36,2 W, bukan 81 W (pernyataan 3 salah).

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: hanya diameter yang dibandingkan. Diameter Y memang lebih kecil (luas sapuan 3,14 m^2 lawan 7,07 m^2), tetapi angin 6 m/s berpangkat tiga mengimbanginya: daya Y 122 W >

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

daya X 81 W.

• **Pernyataan 2** ✓ $A = 3{,}14 \times 1{,}5^2 = 7{,}065\ m^2$; $P = ½ \times 1{,}2 \times 7{,}065 \times 4^3 \times 0{,}30 = 81{,}4$ W.

• **Pernyataan 3** ✗ Jebakan: daya dianggap turun sebanding kecepatan ($122 \times 4 \div 6 = 81$ W). Karena daya $\propto v^3$, dayanya $122 \times (4 \div 6)^3 = 36$ W.

• **Pernyataan 4** ✓ $A = 3{,}14 \times 1^2 = 3{,}14\ m^2$; $P = ½ \times 1{,}2 \times 3{,}14 \times 6^3 \times 0{,}30 = 122{,}1$ W.

• **Pernyataan 5** ✓ Rasio $= (2 \div 3)^2 \times (6 \div 4)^3 = 0{,}444 \times 3{,}375 = 1{,}5$; dari angka: $122{,}1 \div 81{,}4 = 1{,}5$.

Jawaban: pernyataan 2, 4, 5.

No. 20 Kunci: 1S 2B 3B

Konsep: Luas sapuan $A = \pi r^2 = \pi d^2 \div 4$ (jari-jari, bukan diameter). Koefisien daya turbin $Cp \leq 16/27 \approx 0{,}593$ (batas Betz). Daya angin $\propto v^3$: kecepatan 2 kali memberi daya 8 kali.

Langkah:

1. $r = 2 \div 2 = 1$ m; $A = 3{,}14 \times 1^2 = 3{,}14\ m^2$ (pernyataan 1 salah).
2. $Cp\ 0{,}65 > 0{,}593$ → mustahil secara fisika (pernyataan 2 benar).
3. $(10 \div 5)^3 = 8$ (pernyataan 3 benar).

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1 → Salah.** Jebakan: diameter 2 m dipakai sebagai jari-jari ($3{,}14 \times 2^2$). Jari-jarinya 1 m, sehingga $A = 3{,}14 \times 1^2 = 3{,}14\ m^2$.

• **Pernyataan 2 → Benar.** Batas Betz $= 16/27 \approx 0{,}593$; tidak ada turbin angin yang dapat mengambil lebih dari 59,3 % daya angin.

• **Pernyataan 3 → Benar.** Daya $\propto v^3$: $(10 \div 5)^3 = 2^3 = 8$ kali.

Jawaban: Salah, Benar, Benar.

No. 21 Kunci: B, C, D

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Listrik dari bahan padat = m × NK × η (MJ), lalu ÷ 3,6 menjadi kWh. Kebutuhan bahan per kWh = 3,6 ÷ (NK × η) kg/kWh; kWh dari bahan = massa ÷ kg/kWh. Untuk campuran, hitung kWh tiap bahan lebih dulu lalu jumlahkan.

Langkah:

1. Cangkang: $3{,}6 \div (17 \times 0{,}20) = 1{,}059$ kg/kWh → 0,944 kWh/kg (pernyataan 2 benar).
2. Serbuk gergaji: $3{,}6 \div (16 \times 0{,}18) = 1{,}25$ kg/kWh → 100 kg = 80 kWh (pernyataan 3 benar).
3. Sekam: $3{,}6 \div (14 \times 0{,}15) = 1{,}714$ kg/kWh → 90 kWh memerlukan 154 kg (pernyataan 1 salah); η 0,21 → 1,224 kg/kWh (pernyataan 4 benar).
4. Campuran: $60 \div 1{,}059 = 56{,}7$ kWh; $20 \div 1{,}714 = 11{,}7$ kWh; jumlah 68,3 kWh (pernyataan 5 salah).

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: efisiensi lupa dipakai ($90 \times 3{,}6 \div 14 = 23$ kg). Dengan efisiensi 0,15, sekam yang diperlukan $90 \times 1{,}714 = 154$ kg.

• **Pernyataan 2** ✓ $17 \times 0{,}20 = 3{,}4$ MJ per kg; $3{,}4 \div 3{,}6 = 0{,}944$ kWh per kg.

• **Pernyataan 3** ✓ $16 \times 0{,}18 = 2{,}88$ MJ per kg; $100 \times 2{,}88 = 288$ MJ; $288 \div 3{,}6 = 80$ kWh.

• **Pernyataan 4** ✓ kg per kWh $= 3{,}6 \div (14 \times 0{,}21) = 3{,}6 \div 2{,}94 = 1{,}22$ kg (semula 1,71 kg).

• **Pernyataan 5** ✗ Jebakan: kg per kWh dirata-ratakan (1,39) lalu 80 kg ÷ 1,39 = 58 kWh. Tiap bahan dihitung sendiri: 56,7 + 11,7 = 68,3 kWh.

Jawaban: pernyataan 2, 3, 4.

No. 22 Kunci: C

Konsep: Biogas harian = jumlah ternak × kotoran per ekor per hari (kg) × hasil gas per kg kotoran (m^3/kg). Satuan akhir m^3, bukan kg.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Langkah:

1. Kotoran harian: 14 × 18 = 252 kg.
2. Biogas harian: 252 × 0,03 = 7,56 m^3.
3. Periksa satuan: kg × (m^3/kg) = m^3.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: jumlah sapi dikalikan hasil gas (14 × 0,03); kotoran per ekor terlewat.
• **B.** ✗ Jebakan: kotoran satu sapi dikalikan hasil gas (18 × 0,03); jumlah sapi terlewat.
• **C.** ✓ Kotoran = 14 × 18 = 252 kg; biogas = 252 × 0,03 = 7,56 m^3.
• **D.** ✗ Jebakan: koma bergeser satu tempat (hasil gas dibaca 0,3 m^3/kg), sehingga hasilnya sepuluh kali terlalu besar.
• **E.** ✗ Jebakan: hanya massa kotoran (252 kg) yang dihitung dan dibaca sebagai volume gas; hasil gas per kg tidak dikalikan.

Jawaban: C.

No. 23 Kunci: C, D, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Energi yang dapat dipakai dari baterai = V × Ah × DoD. Energi itu dibandingkan dengan energi beban × jumlah hari atau malam otonomi. Paralel menambah kapasitas Ah pada tegangan yang sama. Baterai tidak menambah energi yang dihasilkan modul.

Langkah:

1. Energi baterai yang dapat dipakai: 24 × 150 × 0,5 = 1.800 Wh (pernyataan 3 benar).
2. Satu malam: 1.150 Wh ≤ 1.800 Wh → cukup (pernyataan 4 benar).
3. Dua malam: 2 × 1.150 = 2.300 Wh > 1.800 Wh → satu baterai tidak cukup (pernyataan 2 salah karena memakai kapasitas penuh 3.600 Wh).
4. Dua baterai paralel: 24 × 300 × 0,5 = 3.600 Wh ≥ 2.300 Wh (pernyataan 5 benar).
5. Baterai tidak menambah produksi modul (pernyataan 1 salah).

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: baterai hanya menyimpan energi. Energi yang dihasilkan ditentukan oleh modul (Wp × PSH × η), bukan oleh baterai.
• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: DoD terlupa. Yang dapat dipakai hanya 3.600 × 0,5 = 1.800 Wh, kurang dari kebutuhan dua malam, 2 × 1.150 = 2.300 Wh.
• **Pernyataan 3** ✓ 24 × 150 × 0,5 = 1.800 Wh.
• **Pernyataan 4** ✓ 1.800 Wh ≥ 1.150 Wh, sehingga satu malam tanpa pengisian masih terlayani.
• **Pernyataan 5** ✓ Dua baterai paralel menjadi 24 V 300 Ah; 24 × 300 × 0,5 = 3.600 Wh ≥ 2.300 Wh.

Jawaban: pernyataan 3, 4, 5.

No. 24 Kunci: A, B, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Pembangkit tanpa baterai harus mencukupi beban pada setiap saat: daya pembangkit ≥ jumlah daya beban yang menyala bersamaan. Energi harian pembangkit tidak menjadi ukuran, karena energi tidak dapat disimpan. Beban yang tidak menyala bersamaan tidak dijumlahkan; jumlah pemakai maksimum dibulatkan ke bawah.

Langkah:

1. Daya PLTMH: 1.000 × 9,8 × 0,042 × 28 × 0,55 = 6.339 W (pernyataan 1 benar).
2. Beban 18.00–22.00: 5.600 + 600 + 400 = 6.600 W > 6.339 W; kurang 261 W (pernyataan 2 benar). Pompa (05–07) dan mesin (10–13) tidak menyala bersamaan dengan beban malam.
3. Energi 6,339 × 24 = 152 kWh tidak menolong tanpa baterai (pernyataan 3 salah).

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

4. Rumah maksimum: (6.339 − 1.000) ÷ 80 = 66,7 → 66 rumah (pernyataan 4 salah).
5. Tanpa lampu jalan: 6.600 − 400 = 6.200 W < 6.339 W (pernyataan 5 benar).

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1** ✓ Q = 0,042 m^3/s; P = 1.000 × 9,8 × 0,042 × 28 × 0,55 = 6.339 W ≈ 6,3 kW.
• **Pernyataan 2** ✓ 70 × 80 = 5.600 W; + surau 600 W + 20 × 20 = 400 W = 6.600 W; 6.600 − 6.339 = 261 W kurang.
• **Pernyataan 3** ✗ Jebakan: PLTMH ini tanpa baterai; energi yang dibangkitkan siang hari tidak dapat dipakai malam. Yang menentukan daya pada jam puncak (6.600 W > 6.339 W).
• **Pernyataan 4** ✗ Jebakan: (6.339 − 1.000) ÷ 80 = 66,7 dibulatkan ke atas. Jumlah rumah harus dibulatkan ke bawah: 67 rumah memerlukan 6.360 W > 6.339 W, sehingga paling banyak 66 rumah.
• **Pernyataan 5** ✓ Beban turun 400 W menjadi 6.200 W < 6.339 W.

Jawaban: pernyataan 1, 2, 5.

No. 25 Kunci: 1B 2S 3B

Konsep: Neraca = produksi − beban setelah penambahan. Kekurangan energi ditutup dengan menambah modul: Wp tambahan = defisit ÷ (PSH × η), lalu dipilih ukuran modul yang produksinya ≥ defisit. Membandingkan dengan beban lama saja akan menyimpulkan cukup padahal tidak.

Langkah:

1. Produksi: 1.800 × 4,2 × 0,75 = 5.670 Wh.
2. Beban baru: 4.300 + 190 × 10 = 6.200 Wh; defisit 530 Wh (pernyataan 1 benar; beban lama 4.300 Wh masih cukup, sisa 1.370 Wh).
3. Wp tambahan minimal: 530 ÷ (4,2 × 0,75) = 530 ÷ 3,15 = 168,3 Wp.
4. Modul 150 Wp: 472,5 Wh < 530 Wh (pernyataan 2 salah); modul 200 Wp: 630 Wh ≥ 530 Wh (pernyataan 3 benar).

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1 → Benar.** Produksi 1.800 × 4,2 × 0,75 = 5.670 Wh; beban baru 4.300 + 190 × 10 = 6.200 Wh; kurang 6.200 − 5.670 = 530 Wh.
• **Pernyataan 2 → Salah.** Jebakan: 150 Wp tampak mendekati kebutuhan (168 Wp). Produksinya 150 × 4,2 × 0,75 = 472,5 Wh < 530 Wh.
• **Pernyataan 3 → Benar.** Produksi tambahan 200 × 4,2 × 0,75 = 630 Wh ≥ 530 Wh (kebutuhan Wp = 530 ÷ 3,15 = 168 Wp).

Jawaban: Benar, Salah, Benar.

Latihan sub bab 5.1

No. 1 Kunci: E

Konsep: Penguji tahanan isolasi (insulation tester/megger) memberi tegangan uji tinggi (misalnya 500–1.000 V DC) untuk mengukur tahanan isolasi antara penghantar dan rangka/tanah. Kebocoran isolasi sering tidak terdeteksi multimeter yang memakai tegangan kecil.

Langkah:

1. Gejala: kebocoran arus ke tanah saat lembap, kabel tergigit → isolasi diduga rusak.
2. Yang diuji: tahanan isolasi penghantar ke rangka.
3. Alat: penguji tahanan isolasi.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: multimeter mengukur hambatan dengan tegangan kecil sehingga kebocoran isolasi pada tegangan kerja tidak terlihat.
• **B.** ✗ Tang ampere mengukur arus, bukan kondisi isolasi.
• **C.** ✗ Jebakan: pengukur tahanan pembumian menguji elektroda pembumian, bukan isolasi kabel.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

- **D.** ✗ Solar power meter mengukur radiasi matahari.
- **E.** ✓ Megger mengukur tahanan isolasi kabel terhadap rangka.

Jawaban: E.

No. 2 Kunci: D

Konsep: Pengukur tahanan pembumian (earth tester) memakai elektroda bantu yang ditancapkan ke tanah untuk mengukur tahanan antara elektroda pembumian dan tanah sekitarnya.

Langkah:

1. Besaran: tahanan elektroda pembumian ke tanah.
2. Alat khusus: pengukur tahanan pembumian (earth tester).

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: multimeter mengukur hambatan antara dua titik, tetapi tidak dapat mengukur tahanan elektroda terhadap tanah dengan benar.
- **B.** ✗ Jebakan: penguji isolasi mengukur kebocoran isolasi kabel, bukan tahanan pembumian.
- **C.** ✗ Tang ampere mengukur arus.
- **D.** ✓ Earth tester dirancang untuk mengukur tahanan pembumian.
- **E.** ✗ Solar power meter mengukur radiasi matahari.

Jawaban: D.

Latihan sub bab 5.2

No. 1 Kunci: A

Konsep: Pengukuran angin untuk PLTB: anemometer dipasang setinggi rencana rotor, jauh dari penghalang (pohon, bangunan) yang menimbulkan turbulensi, dan direkam dengan data logger dalam waktu lama agar pola harian dan musiman tergambar.

Langkah:

1. Tinggi rotor 12 m → ukur pada 12 m.
2. Pohon dan gudang menimbulkan turbulensi → jauhi penghalang.
3. Angin berubah harian dan musiman → rekam beberapa bulan.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ Tinggi sesuai rotor, bebas penghalang, dan durasinya panjang.
- **B.** ✗ Jebakan: tinggi dan lokasi benar, tetapi seminggu saat angin kencang memberi rata-rata yang terlalu tinggi dan tidak menggambarkan musim.
- **C.** ✗ Jebakan: tinggi dan durasi benar, tetapi aliran angin di atas bangunan bergolak sehingga data tidak mewakili lokasi menara.
- **D.** ✗ Jebakan: lokasi dan durasi benar, tetapi 8 m lebih rendah dari rotor; angin di ketinggian rotor lebih kencang.
- **E.** ✗ Tinggi dan durasi benar, tetapi di sela pohon terjadi turbulensi dan hambatan angin.

Jawaban: A.

No. 2 Kunci: A, B, D

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Alat ukur PLTMH: tachometer (putaran), manometer (tekanan pipa pesat), current meter/pelampung (kecepatan aliran → debit), frekuensi meter, voltmeter, amperemeter, dan kWh meter pada panel.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✓ Tachometer mengukur kecepatan putar (rpm).
- **Pernyataan 2** ✓ Manometer mengukur tekanan air, yang menunjukkan tinggi tekan efektif.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

• **Pernyataan 3** ✗ Jebakan: pelampung hanya memberi kecepatan; debit = kecepatan (setelah dikoreksi) × luas penampang saluran, sehingga lebar dan kedalaman juga diukur.
• **Pernyataan 4** ✓ Frekuensi meter menunjukkan frekuensi (Hz) keluaran generator.
• **Pernyataan 5** ✗ Jebakan: medan ketiga fasa saling meniadakan sehingga terbaca mendekati nol; jepit satu kabel fasa setiap kali mengukur.

Jawaban: pernyataan 1, 2, 4.

Latihan sub bab 5.3

No. 1 Kunci: D

Konsep: Manometer U menunjukkan tekanan gas di digester/penampung. Bila tidak ada pemakaian, tekanan seharusnya naik atau tetap karena produksi berlanjut. Penurunan tekanan tanpa pemakaian menunjukkan gas keluar lewat kebocoran; kebocoran dicari dengan air sabun (muncul gelembung).

Langkah:
1. 18.00 → 21.00 naik (produksi berjalan).
2. 21.00 → 05.00 turun dari 42 cm ke 18 cm padahal tidak ada pemakaian.
3. Malam sebelumnya mencapai 60 cm → penurunan ini tidak normal → bocor.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Jebakan: produksi yang berkurang membuat tekanan naik lebih lambat, bukan turun.
• **B.** ✗ Tidak ada pemakaian pada malam pengamatan; penurunan tidak dapat dijelaskan oleh pemakaian.
• **C.** ✗ Pembacaan 18.00–21.00 naik wajar, sehingga manometer bekerja; masalahnya pada penurunan tanpa pemakaian.
• **D.** ✓ Tekanan turun tanpa pemakaian → gas lolos; uji sambungan dengan air sabun.
• **E.** ✗ Digester terlalu penuh tidak menjelaskan turunnya tekanan gas pada malam hari.

Jawaban: D.

No. 2 Kunci: B, D, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Alat ukur biogas: pH meter (keasaman isian), termometer celup/termokopel (suhu isian), manometer (tekanan gas), alat ukur gas metana bila tersedia. Setiap alat hanya mengukur besaran yang sesuai dengan cara pakai yang benar.

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: kotoran segar belum mengalami fermentasi; contoh harus diambil dari cairan yang sudah berada di dalam digester (misalnya bak keluaran).
• **Pernyataan 2** ✓ pH meter mengukur keasaman; pH yang terlalu asam menghambat bakteri penghasil metana.
• **Pernyataan 3** ✗ Jebakan: termometer inframerah hanya membaca suhu permukaan beton, bukan suhu cairan di dalam digester.
• **Pernyataan 4** ✓ Termometer celup mengukur suhu cairan secara langsung.
• **Pernyataan 5** ✓ Manometer U membaca tekanan gas dari selisih tinggi air.

Jawaban: pernyataan 2, 4, 5.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Latihan sub bab 5.4

No. 1 Kunci: 1B 2S 3B

Konsep: Prosedur tang ampere DC: pilih fungsi A DC dan batas ukur di atas arus perkiraan, nolkan (DCA zero) tanpa kabel, jepit SATU penghantar, rahang tertutup rapat dan kabel di tengah, baca hasil serta perhatikan tanda arah arus.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1 → Benar.** Tang DC memakai sensor medan magnet yang perlu dinolkan sebelum mengukur.

• **Pernyataan 2 → Salah.** Jebakan: arus pada kedua kabel berlawanan arah sehingga medannya saling meniadakan; pembacaan mendekati 0 A. Jepit satu kabel saja.

• **Pernyataan 3 → Benar.** Celah rahang dan kabel di pinggir rahang dapat mengurangi ketelitian.

Jawaban: Benar, Salah, Benar.

No. 2 Kunci: C

Konsep: Jack arus (A) memiliki hambatan sangat kecil; bila ditempelkan ke sumber tegangan seperti baterai, terjadi hubung singkat yang dapat merusak multimeter atau sekringnya dan membahayakan pengguna. Untuk mengukur tegangan: probe merah di jack V, fungsi V DC, rentang di atas nilai yang diperkirakan.

Langkah:

1. Pindahkan probe merah ke jack V.
2. Pilih fungsi V DC (baterai = DC).
3. Pilih rentang terdekat di atas 48 V → 200 V.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: sakelar sudah benar, tetapi probe masih di jack 10 A sehingga baterai terhubung singkat melalui multimeter.

• **B.** ✗ Rentang 20 V lebih kecil dari 48 V sehingga multimeter menunjukkan kelebihan batas (overload).

• **C.** ✓ Jack V, fungsi V DC, rentang 200 V di atas 48 V.

• **D.** ✗ Baterai adalah sumber DC; posisi AC tidak tepat untuk mengukur tegangan baterai.

• **E.** ✗ Posisi arus pada baterai menimbulkan hubung singkat.

Jawaban: C.

Kuis Akhir Bab 5

No. 1 Kunci: A

Konsep: Kamera termal menghasilkan gambar sebaran suhu permukaan, sehingga bagian yang lebih panas dari sekitarnya (titik panas) langsung terlihat pada banyak modul sekaligus. Termometer inframerah hanya memberi satu angka tiap bidikan.

Langkah:

1. Syarat kasus: banyak modul (48), tanpa menyentuh bagian bertegangan, waktu singkat, hasil berupa gambar letak bagian panas.
2. Besaran yang dicari: sebaran suhu permukaan.
3. Alat yang menampilkan sebaran suhu sebagai gambar adalah kamera termal.
4. Alat lain mengukur satu titik (termometer inframerah), volt, ampere, atau iradiasi, sehingga tidak menunjukkan letak sel panas.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✓ Kamera termal menampilkan gambar suhu seluruh modul sekaligus; sel atau sambungan yang

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

lebih panas langsung tampak dan pekerjaan dapat selesai cepat tanpa menyentuh apa pun.
• **B.** ✗ Jebakan: termometer inframerah memang membaca suhu tanpa menyentuh, tetapi hanya satu titik tiap bidikan dan tidak menghasilkan gambar; 48 modul akan memakan waktu sangat lama.
• **C.** ✗ Jebakan: tegangan modul turun karena banyak sebab dan tidak menunjuk sel tertentu; multimeter mengukur volt, bukan suhu.
• **D.** ✗ Jebakan: arus string menggambarkan satu string secara keseluruhan, bukan letak sel atau sambungan yang panas.
• **E.** ✗ Jebakan: iradiasi adalah daya cahaya yang jatuh pada bidang modul, bukan suhu sel.

Jawaban: A.

No. 2 Kunci: C

Konsep: Titik panas tampak pada kamera termal hanya bila modul bekerja dengan iradiasi cukup. Angin kencang mendinginkan modul dan menyamarkan perbedaan suhu. Bila syarat tidak terpenuhi, hasil "tidak ada titik panas" tidak sah dan inspeksi diulang pada kondisi yang tepat.

Langkah:
1. Syarat pedoman: iradiasi ≥ sekitar 600 W/m², angin lemah, langit hampir cerah.
2. Kondisi pemotretan: 190 W/m² (jauh di bawah 600) dan angin 6 m/s (cukup kencang).
3. Pada kondisi itu perbedaan suhu antarsel belum muncul dan tersamarkan angin.
4. Kesimpulan "modul sehat" belum sah; ulangi saat iradiasi tinggi dan angin lemah.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Jebakan: suhu seragam dianggap bukti sehat. Pada iradiasi rendah dan angin kencang, sel bermasalah pun belum tampak lebih panas.
• **B.** ✗ Jebakan: modul baru bekerja pagi hari dianggap belum rusak. Sel cacat bisa ada sejak awal; masalahnya adalah kondisi pemotretan.
• **C.** ✓ Iradiasi 190 W/m² jauh di bawah syarat dan angin 6 m/s mendinginkan modul, sehingga titik panas tidak tampak dan kesimpulan belum sah.
• **D.** ✗ Jebakan: pemotretan pada malam hari justru tidak menghasilkan perbedaan suhu karena modul tidak bekerja.
• **E.** ✗ Jebakan: inspeksi termal dilakukan saat modul bekerja menghasilkan listrik; mematikan inverter tidak termasuk syarat dan tidak menjelaskan kesalahan.

Jawaban: C.

No. 3 Kunci: B

Konsep: Arus hubung singkat modul dihasilkan oleh cahaya, sehingga Isc sebanding dengan iradiasi: Isc harapan = Isc label × G ÷ 1.000. Nilai pada label berlaku untuk 1.000 W/m², bukan untuk iradiasi saat pengukuran.

Langkah:
1. Isc harapan = 8,5 × 400 ÷ 1.000.
2. = 8,5 × 0,4 = 3,4 A.
3. Periksa: iradiasi 40 % dari standar, arus 40 % dari 8,5 A = 3,4 A.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: Isc dianggap tetap seperti label. Isc turun sebanding dengan iradiasi.

• **B.** ✓ 8,5 × 400 ÷ 1.000 = 3,4 A, sesuai perbandingan iradiasi saat itu dengan 1.000 W/m^2.

• **C.** ✗ Jebakan: yang dikalikan adalah penurunan iradiasi (60 %), bukan iradiasi yang tersisa (40 %): 8,5 × 0,6 = 5,1 A.

• **D.** ✗ Jebakan: perbandingan dibalik (8,5 × 1.000 ÷ 400 = 21,3 A), sehingga arus yang diharapkan lebih besar daripada label.

• **E.** ✗ Jebakan: koma bergeser satu tempat (0,34 A); 8,5 × 0,4 = 3,4, bukan 0,34.

Jawaban: B.

No. 4 Kunci: B, D

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Alat uji keselamatan menjawab dua pertanyaan: apakah arus bocor lewat isolasi (penguji isolasi, tegangan uji tinggi, kabel dilepas dari elektronik dan tidak bertegangan) dan apakah elektroda pembumian berhubungan baik dengan tanah (penguji pembumian, elektroda dilepas dari sistem). Multimeter dan tang ampere mengukur besaran lain.

Langkah:

1. Pernyataan 1: multimeter ohm tidak cukup untuk isolasi → salah.
2. Pernyataan 2: penguji pembumian dengan elektroda dilepas → benar.
3. Pernyataan 3: penguji isolasi pada kabel yang masih terhubung elektronik → salah.
4. Pernyataan 4: penguji isolasi setelah kabel dilepas dan tidak bertegangan → benar.
5. Pernyataan 5: tang ampere mengukur arus, bukan tahanan pembumian → salah.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: multimeter hanya memakai tegangan kecil, sehingga kebocoran yang baru muncul pada tegangan ratusan volt tidak terdeteksi.

• **Pernyataan 2** ✓ Penguji pembumian mengukur tahanan elektroda ke tanah; elektroda dilepas dulu agar hasilnya tidak tercampur dengan sistem.

• **Pernyataan 3** ✗ Jebakan: kondisi "utuh" dianggap menguntungkan. Tegangan uji yang tinggi dapat merusak pengendali, sehingga kabel harus dilepas lebih dulu.

• **Pernyataan 4** ✓ Penguji isolasi memberi tegangan uji tinggi; kabel dilepas dari elektronik dan tidak bertegangan agar aman dan hasilnya sah.

• **Pernyataan 5** ✗ Jebakan: tang membaca arus, bukan tahanan. Arus pada kabel pembumian hampir nol dalam keadaan normal, sehingga angkanya tidak berkaitan dengan baik-buruknya pembumian.

Jawaban: pernyataan 2, 4.

No. 5 Kunci: A

Konsep: Selisih tinggi air manometer pipa U menunjukkan tekanan gas. Tekanan yang naik saat kompor tertutup berarti digester menghasilkan dan menampung gas. Kebocoran ditandai penurunan tekanan ketika tidak ada pemakaian; penurunan setelah memasak adalah gas yang terpakai.

Langkah:

1. 17.30 → 22.00 → 04.30: kompor tertutup, tekanan naik 14 → 36 → 41 cm: produksi berjalan, tidak ada gas yang hilang.
2. Pukul 06.40 tekanan 17 cm, tetapi keadaannya selesai memasak 50 menit dengan dua kompor: penurunan karena gas terpakai.
3. Penurunan tanpa pemakaian tidak ada dalam tabel, sehingga tidak ada tanda kebocoran.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✓ Tekanan naik selama malam (kompor tertutup) dan turun hanya setelah memasak: tidak ada penurunan tanpa pemakaian, jadi tidak ada tanda kebocoran.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

• **B.** ✗ Jebakan: penurunan 41 menjadi 17 cm dibaca sebagai kebocoran tanpa melihat keadaannya; pembacaan itu diambil setelah memasak 50 menit.
• **C.** ✗ Jebakan: kenaikan tekanan dikira ganjil. Gas dihasilkan terus oleh bakteri di dalam digester, sehingga tekanan naik wajar.
• **D.** ✗ Jebakan: tekanan naik 14 → 41 cm sepanjang malam, itu kenaikan jelas, bukan produksi berhenti.
• **E.** ✗ Jebakan: kenaikan tekanan saat kompor tertutup dianggap tanda isian berlebih; itu hanya gas yang tertampung dan bukan masalah.

Jawaban: A.

No. 6 Kunci: E

Konsep: Kelayakan isolasi dinilai dari tahanan isolasi hasil penguji isolasi (tegangan uji tinggi) terhadap batas minimal, bukan dari perbandingan antarkabel dan bukan dari multimeter fungsi ohm yang hanya memakai tegangan kecil.

Langkah:
1. Batas: tahanan isolasi minimal 1 MΩ pada penguji isolasi 500 V DC.
2. K1 = 85 MΩ ≥ 1 MΩ (layak); K2 = 0,7 MΩ < 1 MΩ (tidak layak); K3 = 12 MΩ ≥ 1 MΩ (layak); K4 = 1,4 MΩ ≥ 1 MΩ (layak, dekat batas).
3. Kolom multimeter semuanya OL, jadi tidak membedakan kabel; justru penguji isolasi yang menemukan K2.
4. Hanya K2 yang tidak memenuhi syarat.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Jebakan: OL pada multimeter dianggap tanda isolasi baik. Tegangan multimeter terlalu kecil untuk menemukan kebocoran yang baru muncul pada tegangan uji tinggi, seperti pada K2.
• **B.** ✗ Jebakan: K4 dianggap tidak layak karena jauh lebih kecil daripada K1 dan K3. Penilaian memakai batas 1 MΩ, dan 1,4 MΩ masih memenuhi.
• **C.** ✗ Jebakan: nilai dibandingkan dengan nilai terbesar, bukan dengan batas. K3 (12 MΩ) dan K4 (1,4 MΩ) juga di atas 1 MΩ sehingga layak.
• **D.** ✗ Jebakan: 0,7 MΩ dibaca "masih ada tahanan". Syaratnya minimal 1 MΩ, sehingga 0,7 MΩ tidak memenuhi dan kabel K2 harus dicari titik cacatnya.
• **E.** ✓ Hanya K2 yang berada di bawah 1 MΩ; kebocorannya tidak terlihat pada multimeter tetapi terdeteksi oleh penguji isolasi.

Jawaban: E.

No. 7 Kunci: A, D, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Daya PLTMH ditentukan debit dan tinggi jatuh. Penelusuran berurutan: debit, tinggi jatuh (tekanan), putaran, lalu tegangan dan frekuensi. Putaran dan frekuensi ikut turun bila turbin kekurangan air; pemeriksaan dimulai dari sumber, yaitu aliran air.

Langkah:
1. Debit turun 32 % (28 → 19 L/s); tekanan tidak turun → tinggi jatuh tidak bermasalah.
2. Putaran dan frekuensi turun sejalan → akibat, bukan sebab.
3. Pernyataan 1 benar, 4 benar, 5 benar; pernyataan 2 dan 3 salah.

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1** ✓ Debit turun jauh (28 menjadi 19 L/s) sedangkan tekanan, yang mencerminkan tinggi jatuh, tidak turun.
• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: sebab-akibat terbalik. Kebocoran besar justru menurunkan tekanan; tekanan yang tidak turun menyingkirkan kebocoran besar.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

• **Pernyataan 3 ✗** Jebakan: gejala dianggap sebab. Putaran dan frekuensi turun sebagai akibat debit yang berkurang; generatornya tidak diperiksa lebih dulu.
• **Pernyataan 4 ✓** Pada generator sinkron frekuensi mengikuti putaran, sehingga keduanya turun bersama.
• **Pernyataan 5 ✓** Saringan tersumbat atau saluran menyempit adalah penyebab khas debit turun, dan mudah diperiksa.

Jawaban: pernyataan 1, 4, 5.

No. 8 Kunci: B

Konsep: Metode ember (volumetrik) cocok untuk aliran kecil yang seluruhnya tertampung. Debit Q = V ÷ t, volume dibagi waktu; pengukuran diulang dan waktunya dirata-ratakan.

Langkah:
1. Waktu rata-rata = (4,2 + 4,5 + 4,8) ÷ 3 = 4,5 detik.
2. Q = V ÷ t = 18 ÷ 4,5 = 4,0 L/s.
3. Periksa satuan: liter dibagi detik menghasilkan L/s, sesuai satuan debit.

Analisis setiap opsi:
• **A. ✗** Jebakan: volume dikali waktu (18 × 4,5 = 81). Hasil itu tidak bermakna sebagai debit karena yang benar adalah pembagian.
• **B. ✓** 18 liter ÷ 4,5 detik = 4,0 L/s, memakai rata-rata tiga pengukuran dan pembagian volume dengan waktu.
• **C. ✗** Jebakan: pembagian terbalik, waktu dibagi volume (4,5 ÷ 18 = 0,25). Debit adalah volume per waktu, bukan waktu per volume.
• **D. ✗** Jebakan: hanya pengukuran pertama dipakai (18 ÷ 4,2 = 4,3). Pengukuran diulang dan dirata-ratakan agar tidak bergantung pada satu kali reaksi tangan.
• **E. ✗** Jebakan: satuan diubah ke m^3/s (0,004) tetapi masih ditulis L/s, sehingga nilainya seribu kali terlalu kecil.

Jawaban: B.

No. 9 Kunci: 1S 2B 3B

Konsep: Awalan satuan: kilo (k) = 1.000, mega (M) = 1.000.000, mili (m) = 0,001. Mengubah ke satuan dasar berarti mengalikan dengan awalan itu: kilo dan mega membuat angka membesar, mili membuat angka mengecil.

Langkah:
1. 0,85 kW/m^2 × 1.000 = 850 W/m^2 (pernyataan 1 salah karena 85).
2. 2,4 MΩ × 1.000.000 = 2.400.000 Ω (pernyataan 2 benar).
3. 350 mA × 0,001 = 0,35 A (pernyataan 3 benar).

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1 → Salah.** Jebakan: koma digeser ke arah yang keliru. 1 kW = 1.000 W, sehingga 0,85 kW/m^2 = 850 W/m^2.
• **Pernyataan 2 → Benar.** 1 MΩ = 1.000.000 Ω, sehingga 2,4 MΩ = 2.400.000 Ω.
• **Pernyataan 3 → Benar.** 1 mA = 0,001 A, sehingga 350 mA = 0,35 A.

Jawaban: Salah, Benar, Benar.

No. 10 Kunci: D

Konsep: Hasil ukur dibandingkan dengan nilai harapan pada iradiasi saat itu (Isc harapan = Isc label × G ÷ 1.000), bukan dengan label dan bukan hanya dengan arah tren. Selisih besar dari harapan patut diselidiki.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Langkah:

1. Isc harapan: 08.30 → 9,6 × 0,25 = 2,4 A; 10.30 → 9,6 × 0,60 = 5,76 A; 12.30 → 9,6 × 0,90 = 8,64 A; 14.30 → 9,6 × 0,70 = 6,72 A.
2. Terukur/harapan: 2,4/2,4 = 100 %; 5,7/5,76 = 99 %; 7,1/8,64 = 82 %; 6,6/6,72 = 98 %.
3. Hanya pengukuran pukul 12.30 menyimpang jauh (kurang sekitar 18 %).
4. Pengukuran itu perlu diselidiki: naungan sebagian, kotoran, sel cacat, atau sambungan buruk.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: tren searah iradiasi dianggap cukup. Pada 12.30 iradiasi tertinggi, tetapi Isc hanya 82 % dari harapan sehingga ada yang tidak wajar.
• **B.** ✗ Jebakan: Isc dibandingkan dengan label, padahal iradiasi hanya 250 W/m². Harapan pada saat itu 2,4 A, sama dengan terukur.
• **C.** ✗ Jebakan: dua pengukuran dibandingkan satu sama lain. Iradiasi pukul 14.30 lebih rendah, dan Isc 6,6 A hampir sama dengan harapan 6,7 A.
• **D.** ✓ Harapan 12.30 = 9,6 × 900 ÷ 1.000 = 8,64 A (sekitar 8,6 A), sedangkan terukur 7,1 A: kurang sekitar 18 %, patut diselidiki.
• **E.** ✗ Jebakan: nilai tertinggi dianggap wajar. Wajar-tidaknya ditentukan oleh perbandingan dengan harapan pada iradiasi saat itu, bukan oleh nilai terbesar.

Jawaban: D.

No. 11 Kunci: C

Konsep: Anemometer untuk calon turbin dipasang setinggi poros, jauh dari penghalang (pedoman: sekurang-kurangnya 10 kali tinggi penghalang), dan direkam berbulan-bulan agar pola harian dan musiman terlihat. Titik yang sah memenuhi ketiganya.

Langkah:

1. Tinggi yang diminta 18 m (sama dengan poros); jarak minimum = 10 × 8 m = 80 m; lama rekam berbulan-bulan.
2. P: jarak 60 m < 80 m → gugur. Q: tinggi 10 m ≠ 18 m → gugur.
3. R: 18 m, 90 m ≥ 80 m, 6 bulan → memenuhi semuanya.
4. S: lama rekam hanya 2 minggu → gugur. T: jarak 70 m < 80 m → gugur.
5. Hanya titik R yang memenuhi.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: tinggi dan lama rekam sudah sesuai, tetapi jarak 60 m kurang dari 80 m sehingga aliran angin masih bergolak di belakang bangunan.
• **B.** ✗ Jebakan: jarak dan lama rekam sudah sesuai, tetapi tingginya 10 m, bukan setinggi poros; angin di tinggi poros lebih kencang sehingga datanya terlalu kecil.
• **C.** ✓ Tinggi 18 m sama dengan poros, jarak 90 m melebihi 80 m, dan direkam enam bulan: ketiga syarat terpenuhi.
• **D.** ✗ Jebakan: tinggi dan jarak sudah sesuai, tetapi rekaman hanya dua minggu sehingga pola harian dan musiman belum terlihat.
• **E.** ✗ Jebakan: rekaman paling lama menggoda, tetapi jarak 70 m kurang dari 80 m sehingga datanya dipengaruhi aliran bergolak dari bangunan.

Jawaban: C.

No. 12 Kunci: E

Konsep: Metode ember hanya untuk aliran kecil yang seluruhnya dapat ditampung. Untuk saluran atau sungai dipakai metode pelampung: kecepatan dari jarak dan waktu tempuh, luas penampang dari lebar dan kedalaman, lalu Q = A × v × faktor koreksi.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Langkah:

1. Saluran lebar 2,4 m, dalam 0,4 m, deras → seluruh aliran tidak mungkin ditampung ember 20 liter.
2. Metode yang cocok: pelampung.
3. Pelampung memberi kecepatan; debit diperoleh dengan mengalikan luas penampang (dari meteran) dan faktor koreksi.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: ember dianggap cocok untuk semua aliran. Ember hanya mengukur aliran kecil yang seluruhnya tertampung.
• **B.** ✗ Jebakan: air saluran selebar 2,4 m tidak dapat dialirkan seluruhnya ke ember 20 liter.
• **C.** ✗ Jebakan: jarak lintasan dan luas penampang juga harus diukur (itulah gunanya meteran); waktu tempuh saja hanya memberi sebagian data.
• **D.** ✗ Jebakan: kecepatan pelampung dianggap debit. Satuan m/s adalah kecepatan; debit bersatuan m^3/s atau L/s.
• **E.** ✓ Debit saluran dihitung dari luas penampang basah dan kecepatan aliran dari pelampung (dengan faktor koreksi), sehingga tidak perlu menampung seluruh air.

Jawaban: E.

No. 13 Kunci: A, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Setiap alat menjawab satu jenis besaran: pH meter untuk keasaman, kWh meter untuk energi, data logger untuk perekaman otomatis, hidrometer baterai untuk berat jenis elektrolit, anemometer untuk kecepatan angin, wind vane untuk arah angin. Pasangan benar bila alat mengukur besaran yang dimaksud kegiatan.

Langkah:

1. Pernyataan 1: keasaman → pH meter → benar.
2. Pernyataan 2: kadar air bahan, bukan berat jenis elektrolit → hidrometer salah.
3. Pernyataan 3: energi sebulan → kWh meter → benar.
4. Pernyataan 4: kecepatan angin, bukan arah → wind vane salah.
5. Pernyataan 5: rekaman otomatis berhari-hari → data logger → benar.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1** ✓ pH meter mengukur keasaman cairan; contoh diambil dari cairan yang sudah berada di dalam digester.
• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: hidrometer baterai mengukur berat jenis elektrolit aki sel basah, bukan kadar air bahan; kadar air bahan diukur dengan pengukur kadar air.
• **Pernyataan 3** ✓ kWh meter menjumlahkan energi (daya dikali waktu) terus-menerus, cocok untuk produksi sebulan.
• **Pernyataan 4** ✗ Jebakan: dua alat angin tertukar. Wind vane hanya menunjukkan arah angin; kecepatan diukur dengan anemometer.
• **Pernyataan 5** ✓ Data logger merekam hasil sensor atau alat ukur secara otomatis dari menit ke menit.

Jawaban: pernyataan 1, 3, 5.

No. 14 Kunci: A

Konsep: Tekanan air diam di ujung pipa menunjukkan tinggi jatuh kotor ($P = \rho \cdot g \cdot h$). Saat air mengalir, sebagian tekanan hilang melawan gesekan pipa, sehingga pembacaan lebih kecil dan memberi tinggi jatuh efektif, yang dipakai untuk menghitung daya.

Langkah:

1. Pembacaan yang dipakai: katup terbuka dan air mengalir, yaitu 4,6 bar = 460.000 Pa.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. h = P ÷ (ρ × g) = 460.000 ÷ (1.000 × 9,81) = 46,9 m.
3. Pembanding: katup tertutup 510.000 ÷ 9.810 = 52,0 m (tinggi kotor); selisihnya 5,1 m hilang oleh gesekan.
4. Jadi tinggi jatuh efektif untuk menghitung daya adalah 46,9 m.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✓ 460.000 Pa ÷ 9.810 = 46,9 m, dari pembacaan saat katup terbuka (tinggi efektif).
• **B.** ✗ Jebakan: pembacaan katup tertutup (5,1 bar) dipakai, sehingga yang terhitung adalah tinggi jatuh kotor, 52,0 m, yang tidak menghitung rugi gesekan.
• **C.** ✗ Jebakan: yang dihitung adalah selisih kedua pembacaan (0,5 bar ≈ 5,1 m), yaitu tinggi yang hilang, bukan tinggi jatuh.
• **D.** ✗ Jebakan: angka bar dibaca langsung sebagai meter tanpa dikonversi dengan ρ·g; 4,6 bar setara sekitar 46,9 m, bukan 4,6 m.
• **E.** ✗ Jebakan: rata-rata kedua pembacaan dipakai. Yang menggerakkan turbin adalah tinggi saat air mengalir, bukan rata-rata dengan saat air diam.

Jawaban: A.

No. 15 Kunci: D

Konsep: Metode pelampung memberi kecepatan permukaan. Debit Q = A × v × k dengan A luas penampang basah, v = jarak ÷ waktu rata-rata, dan k faktor koreksi (kurang dari 1) karena air di permukaan lebih cepat daripada rata-rata kedalaman.

Langkah:

1. Kedalaman rata-rata = (0,20 + 0,45 + 0,55 + 0,40 + 0,20) ÷ 5 = 0,36 m.
2. Luas penampang A = 1,80 × 0,36 = 0,648 m^2.
3. Waktu rata-rata = (17,6 + 18,4 + 18,0) ÷ 3 = 18,0 s, sehingga v = 15 ÷ 18,0 = 0,833 m/s.
4. Q = A × v × k = 0,648 × 0,833 × 0,85 = 0,459 m^3/s.
5. Periksa: satuan m^2 × m/s = m^3/s, dan hasil lebih kecil daripada A × v = 0,540 karena faktor koreksi.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: kedalaman terbesar (0,55 m) dipakai sebagai kedalaman rata-rata, sehingga luas menjadi 0,99 m^2 dan debit terlalu besar.
• **B.** ✗ Jebakan: faktor koreksi 0,85 dilupakan (0,648 × 0,833 = 0,540), padahal kecepatan permukaan lebih besar daripada kecepatan rata-rata.
• **C.** ✗ Jebakan: kecepatan pelampung (0,833 m/s) langsung dianggap debit. Kecepatan harus dikalikan luas penampang dan faktor koreksi.
• **D.** ✓ Q = 0,648 m^2 × 0,833 m/s × 0,85 = 0,459 m^3/s, memakai kedalaman rata-rata, waktu rata-rata, dan faktor koreksi.
• **E.** ✗ Jebakan: kecepatan dihitung terbalik, waktu ÷ jarak (18 ÷ 15 = 1,2 m/s), sehingga debit terlalu besar.

Jawaban: D.

No. 16 Kunci: C

Konsep: Alat dipilih dari besaran yang ditanyakan. Putaran poros dinyatakan dalam rpm (putaran per menit) dan diukur dengan tachometer. Jenis optik membaca putaran dari jarak jauh sehingga tidak perlu menyentuh bagian yang berputar.

Langkah:

1. Besaran yang ditanyakan: putaran poros turbin, satuan rpm.
2. Alat yang mengukur rpm adalah tachometer; poros berbahaya disentuh, jadi dipilih jenis optik yang bekerja dari jarak aman.
3. Alat lain mengukur besaran yang berbeda: frekuensi meter (Hz), manometer (bar), termometer

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

inframerah (suhu permukaan), multimeter (volt, ampere, ohm).
4. Periksa: hanya tachometer yang menjawab "putaran poros dalam rpm" tanpa menyentuh poros.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Jebakan: frekuensi listrik memang ikut berubah bersama putaran, tetapi alat ini menunjukkan hertz pada keluaran generator, bukan rpm poros turbin.
• **B.** ✗ Jebakan: tekanan air ikut menentukan daya, tetapi manometer menunjukkan tekanan (bar), bukan putaran poros.
• **C.** ✓ Tachometer optik menghasilkan angka rpm langsung dari poros dan bekerja dari jarak aman, sesuai dua syarat pada kasus.
• **D.** ✗ Jebakan: poros yang berputar cepat memang dapat memanas, tetapi suhu permukaan tidak dapat dibaca sebagai rpm.
• **E.** ✗ Jebakan: tegangan generator berubah bersama putaran, tetapi multimeter menunjukkan volt, bukan rpm.

Jawaban: C.

No. 17 Kunci: D

Konsep: Voc string = jumlah modul seri × Voc satu modul, dan Voc naik bila suhu modul lebih rendah daripada 25 °C (koefisien suhu negatif). Alat dan rentang dipilih di atas nilai terburuk (terdingin), bukan nilai kondisi uji standar; rentang yang terlalu kecil menyebabkan OL dan dapat merusak alat.

Langkah:
1. Voc string pada kondisi uji standar = 15 × 38,5 = 577,5 V.
2. Suhu 10 °C berada 15 °C di bawah 25 °C, sehingga Voc naik 15 × 0,30 % = 4,5 %.
3. Voc pagi ≈ 577,5 × 1,045 = 603,5 V, melebihi 600 V.
4. Alat X (batas 600 V) tidak aman; alat Y rentang 1.000 V adalah rentang terdekat di atas 603,5 V.
5. Periksa: rentang 600 V pada Y akan menampilkan OL karena 603,5 V > 600 V.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Jebakan: nilai kondisi uji standar dipakai (577,5 V). Pagi dingin menaikkan Voc menjadi sekitar 603 V, melewati batas alat X.
• **B.** ✗ Jebakan: rentang dihitung dari satu modul (38,5 V). Voc yang diukur adalah Voc seluruh string, ratusan volt; rentang 200 V akan menampilkan OL.
• **C.** ✗ Jebakan: alat benar tetapi rentang dihitung dari nilai kondisi uji standar; Voc pagi 603 V melebihi 600 V sehingga rentang 600 V akan OL.
• **D.** ✓ Voc pagi ≈ 603,5 V melebihi 600 V, sehingga yang memadai adalah alat Y pada rentang 1.000 V.
• **E.** ✗ Jebakan: rentang kecil lebih teliti bila nilainya cocok, tetapi 200 V jauh di bawah Voc string (603 V) dan alat X berbatas 600 V.

Jawaban: D.

No. 18 Kunci: B, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Produksi biogas bergantung pada kondisi biologis isian (pH sekitar 6,5–7,5, suhu sekitar 30–40 °C) dan kekedapan sistem. Penyebab dibedakan dengan membandingkan hasil ukur dengan kisaran dan membaca tren tekanan saat tidak ada pemakaian. Suhu cairan diukur langsung pada cairan, bukan pada dinding.

Langkah:
1. Pernyataan 1: termometer inframerah membaca permukaan dinding, bukan cairan → salah.
2. Pernyataan 2: pH 5,8 < 6,5 (dan suhu 26 °C < 30 °C) → benar.
3. Pernyataan 3: tekanan 12 → 13 cm tanpa pemakaian, tidak turun → benar.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

4. Pernyataan 4: tidak ada tanda kebocoran, jadi mencari bocor bukan langkah pertama → salah.
5. Pernyataan 5: kurangi bahan segar dan pantau pH → benar.

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1 ✗** Jebakan: termometer inframerah hanya membaca suhu permukaan dinding, bukan suhu cairan di dalam; suhu cairan diukur dengan termometer celup.
• **Pernyataan 2 ✓** pH 5,8 lebih rendah daripada kisaran 6,5–7,5; asam organik menumpuk dan bakteri metana terhambat.
• **Pernyataan 3 ✓** Kebocoran akan terlihat sebagai penurunan tekanan tanpa pemakaian; di sini tekanan justru naik tipis (12 menjadi 13 cm).
• **Pernyataan 4 ✗** Jebakan: produksi turun dianggap selalu berarti bocor. Data manometer tidak menunjukkan kebocoran; pH dan suhu yang keluar kisaran menunjuk sebab biologis.
• **Pernyataan 5 ✓** Mengurangi bahan segar memberi kesempatan bakteri memulihkan isian yang asam, dan pemantauan pH menunjukkan perbaikannya.

Jawaban: pernyataan 2, 3, 5.

No. 19 Kunci: B, D, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Perbandingan arus string dengan nilai harapan sah bila kondisi pengukuran sah: iradiasi stabil, sensor iradiasi sejajar bidang modul dan tidak ternaungi, serta arus dan iradiasi dicatat bersamaan. Catatan yang melanggar salah satu syarat diulang.

Langkah:
1. Percobaan 1: waktu sama, sensor benar, langit stabil → sah (pernyataan 2 benar).
2. Percobaan 2: waktu baca 10.30 dan 10.45 berbeda, awan berarak → tidak sah, diulang (pernyataan 1 salah, 4 benar).
3. Percobaan 3: sensor mendatar, bukan bidang modul → tidak sah, diulang dengan sensor sejajar (pernyataan 3 salah, 5 benar).

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1 ✗** Jebakan: satu syarat terpenuhi dianggap cukup. Arus dan iradiasi dibaca berselang 15 menit saat awan berarak, sehingga tidak dapat dibandingkan.
• **Pernyataan 2 ✓** Arus dan iradiasi dibaca bersamaan, sensor sejajar modul dan tidak ternaungi, langit cerah dan stabil.
• **Pernyataan 3 ✗** Jebakan: waktu baca sudah sama, tetapi sensor mendatar bukan pada bidang modul sehingga iradiasinya bukan yang diterima modul.
• **Pernyataan 4 ✓** Perbaikan atas dua kelemahan percobaan 2: waktu baca berbeda dan langit berubah.
• **Pernyataan 5 ✓** Kelemahan percobaan 3 hanya letak sensor; diulang dengan sensor sejajar modul.

Jawaban: pernyataan 2, 4, 5.

No. 20 Kunci: 1S 2B 3S

Konsep: Pada aki timbal-asam sel basah, berat jenis elektrolit menunjukkan tingkat isi; pada aki terisi penuh nilainya sekitar 1,265–1,280. Perbedaan besar antarsel menandakan sel lemah. Sel yang baru ditambah air suling tidak diukur sebelum aki diisi ulang dan cairannya tercampur.

Langkah:
1. Lima sel membaca 1,27–1,28 (penuh), sel 4 membaca 1,12 → pernyataan 1 salah, pernyataan 2 benar.
2. Air suling yang baru ditambahkan belum tercampur → pembacaan tidak dapat dipercaya (pernyataan 3 salah).

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1 → Salah.** Jebakan: mayoritas dianggap mewakili semua. Setiap sel harus memenuhi nilai penuh; 1,12 jauh di bawah 1,265–1,280.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

• **Pernyataan 2 → Benar.** Perbedaan besar antarsel setelah pengisian penuh menandakan sel yang lemah.
• **Pernyataan 3 → Salah.** Jebakan: air suling yang baru ditambahkan belum bercampur rata sehingga berat jenis terbaca terlalu rendah; ukur setelah aki diisi ulang dan cairan tercampur.

Jawaban: Salah, Benar, Salah.

No. 21 Kunci: C, D, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Mengukur arus: sakelar ke fungsi arus yang cocok (A DC), probe merah di jack arus (batas 10 A), rangkaian dibuka dan alat disisipkan seri. Jack arus berhambatan sangat kecil, sehingga setelah selesai probe dikembalikan ke jack V Ω dan sakelar tidak diputar saat probe masih menempel.

Langkah:
1. Pernyataan 1: arus lewat jack arus, bukan V Ω → salah.
2. Pernyataan 2: sakelar tidak diputar saat probe menempel → salah.
3. Pernyataan 3: alat disisipkan seri pada rangkaian yang dibuka → benar.
4. Pernyataan 4: 6 A < 10 A dan probe di jack 10 A → benar.
5. Pernyataan 5: probe dikembalikan ke jack V Ω setelah mengukur arus → benar.

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1 ✗** Jebakan: jack V Ω berhambatan sangat besar dan dipakai untuk tegangan dan hambatan; arus besar diukur lewat jack arus (10 A).
• **Pernyataan 2 ✗** Jebakan: memutar sakelar saat probe menempel dapat memercikkan busur di dalam sakelar dan merusak alat; probe dilepas lebih dulu.
• **Pernyataan 3 ✓** Seluruh arus beban harus melewati alat, sehingga alat disisipkan seri pada rangkaian yang dibuka.
• **Pernyataan 4 ✓** Jack arus berbatas 10 A; arus 6 A di bawah batas sehingga multimeter dapat dipakai, dengan waktu ukur singkat.
• **Pernyataan 5 ✓** Probe yang tertinggal di jack arus lalu ditempelkan paralel pada sumber menyebabkan hubung singkat; mengembalikannya mencegah kesalahan itu.

Jawaban: pernyataan 3, 4, 5.

No. 22 Kunci: 1B 2S 3B

Konsep: Prosedur penguji isolasi: lepas penghantar dari elektronik dan pastikan tidak bertegangan, pilih tegangan uji sesuai tegangan sistem, uji kutub plus dan minus secara terpisah, lalu bandingkan hasil dengan batas minimal. Hasil di bawah batas berarti kabel belum layak.

Langkah:
1. Pernyataan 1: lepas dari elektronik dulu → benar.
2. Pernyataan 2: sistem 420 V → tegangan uji 500 V DC, bukan 1.000 V → salah.
3. Pernyataan 3: 0,6 MΩ < 1 MΩ → belum layak → benar.

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1 → Benar.** Tegangan uji yang tinggi dapat merusak peralatan elektronik; kabel dilepas dan tidak bertegangan sebelum diuji.
• **Pernyataan 2 → Salah.** Jebakan: tegangan uji dipilih menurut tegangan sistem. Sistem 420 V berada pada kelompok 120–500 V sehingga diuji dengan 500 V DC.
• **Pernyataan 3 → Benar.** Batas minimal 1 MΩ; 0,6 MΩ di bawah batas sehingga kabel belum layak.

Jawaban: Benar, Salah, Benar.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

No. 23 Kunci: B

Konsep: Tang ampere pada fungsi A DC dapat menunjukkan pergeseran akibat medan magnet di sekitarnya. Prosedurnya: nolkan dengan rahang tertutup dan tanpa kabel, lalu jepit satu kabel di tengah rahang.

Langkah:

1. Layar 0,4 A tanpa kabel menunjukkan pergeseran bawaan, bukan arus.
2. Tombol nol ditekan dengan rahang tertutup dan tanpa kabel agar layar kembali 0,00.
3. Baru setelah itu satu kabel dijepit di tengah rahang.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: menjepit dua kabel membuat medan magnet saling meniadakan sehingga arus terbaca hampir nol; dan nol harus ditekan tanpa kabel.
• **B.** ✓ Menekan tombol nol saat rahang tertutup tanpa kabel menghilangkan pergeseran 0,4 A, lalu satu kabel dijepit untuk membaca arus yang sebenarnya.
• **C.** ✗ Jebakan: fungsi A AC tidak dapat membaca arus searah pengisian baterai, dan angkanya tidak dihilangkan secara sah.
• **D.** ✗ Jebakan: pergeseran 0,4 A tampak kecil, tetapi tetap ikut dalam hasil dan menurunkan ketelitian; prosedur mensyaratkan penolan.
• **E.** ✗ Jebakan: rentang yang berbeda tidak menghilangkan pergeseran; angka itu tetap ada dan memengaruhi hasil.

Jawaban: B.

No. 24 Kunci: E

Konsep: Kadar air dasar basah = massa air ÷ massa contoh awal × 100 %. Massa air = massa awal − massa setelah dikeringkan dalam oven sampai tetap. Hasilnya dibandingkan dengan batas yang ditetapkan pembuat tungku.

Langkah:

1. Massa air = 400 − 332 = 68 g.
2. Kadar air = 68 ÷ 400 × 100 % = 17 %.
3. Bandingkan dengan batas: 17 % > 15 %, sehingga melebihi batas.
4. Serbuk belum boleh dipakai; dikeringkan lagi lebih dulu.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: massa air dibagi massa kering (68 ÷ 332 = 20,5 %) atau dasar kering. Soal menetapkan dasar basah, yaitu dibagi massa awal.
• **B.** ✗ Jebakan: massa kering dibagi massa awal (332 ÷ 400 = 83 %), yang adalah bagian padat, bukan kadar air.
• **C.** ✗ Jebakan: hitungannya benar (17 %) tetapi dibandingkan keliru; 17 % lebih besar daripada batas 15 %.
• **D.** ✗ Jebakan: massa air dalam gram (68 g) langsung ditulis sebagai persen tanpa dibagi massa awal.
• **E.** ✓ 68 ÷ 400 × 100 % = 17 %, lebih besar daripada batas 15 %, sehingga serbuk belum boleh dipakai.

Jawaban: E.

No. 25 Kunci: B, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Tang ampere membaca medan magnet di sekitar kabel. Dua kabel plus dan minus dari satu rangkaian membawa arus sama berlawanan arah, sehingga bila keduanya dijepit, alat membaca mendekati nol. Pengukuran yang sah: satu kabel, di tengah rahang, rahang tertutup rapat, fungsi A DC, sudah dinolkan.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Langkah:

1. String 1: satu kabel (plus), 8,2 A, sesuai perkiraan 8 A → sah (pernyataan 2 benar).
2. String 2: dua kabel dijepit, layar 0,0 A → bukan tanda tidak ada arus; harus diulang dengan satu kabel (pernyataan 1 salah, 5 benar).
3. String 3: rahang belum tertutup rapat → perlu diulang (pernyataan 3 benar).
4. Jenis tang yang benar belum cukup; cara menjepit juga harus benar (pernyataan 4 salah).

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1 ✗** Jebakan: angka nol dibaca sebagai tidak ada arus. Pada gambar kedua kabel (plus dan minus) berada dalam rahang sehingga medan magnetnya saling meniadakan.
• **Pernyataan 2 ✓** Satu kabel di rahang membaca arus string; 8,2 A sesuai perkiraan sekitar 8 A.
• **Pernyataan 3 ✓** Rahang yang belum rapat mengurangi ketelitian; pengukuran diulang setelah rahang menutup penuh.
• **Pernyataan 4 ✗** Jebakan: jenis tang yang benar dianggap cukup. Cara menjepit juga menentukan; string 2 dua kabel dan string 3 rahang renggang tidak sah.
• **Pernyataan 5 ✓** Menjepit hanya kabel plus atau hanya kabel minus membuat tang membaca arus string.

Jawaban: pernyataan 2, 3, 5.

Simulasi 1 — Prediksi TKA 2026

No. 1 Kunci: 1B 2S 3B

Konsep: Perkembangan teknologi inverter: mikroinverter atau optimizer per modul mengurangi kerugian akibat naungan sebagian dan menghilangkan string DC bertegangan tinggi, tetapi tidak menggantikan perawatan seperti pembersihan.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1 → Benar.** Setiap modul bekerja sendiri-sendiri, tidak dibatasi arus modul lain dalam satu string.
• **Pernyataan 2 → Salah.** Jebakan: mikroinverter mencegah modul lain ikut turun, tetapi modul yang ternaungi tetap menerima cahaya lebih sedikit sehingga dayanya turun.
• **Pernyataan 3 → Benar.** Tegangan DC hanya setingkat satu modul; tidak ada string ±400 V DC di atap.

Jawaban: Benar, Salah, Benar.

No. 2 Kunci: A

Konsep: Isu teknis PLTS: daya modul turun ketika suhu sel naik. Modul yang menempel rapat ke atap tanpa ventilasi menjadi lebih panas daripada modul yang dialiri udara di bagian belakangnya.

Langkah:

1. Perbedaan hanya muncul saat siang terik, ketika suhu paling tinggi.
2. Modul atap seng menempel rapat tanpa aliran udara dan bagian belakangnya jauh lebih panas.
3. Suhu tinggi menurunkan daya → beri celah udara.

Analisis setiap opsi:

• **A. ✓** Modul tanpa aliran udara menjadi lebih panas, dan suhu tinggi menurunkan daya.
• **B. ✗** Jebakan: pembatasan daya (clipping) terjadi bila daya modul melebihi kapasitas inverter; 2,5 kWp masih di bawah 3 kW.
• **C. ✗** Jebakan: kabel memang ikut panas, tetapi kerugiannya kecil; yang terukur jauh lebih panas adalah modulnya sendiri.
• **D. ✗** Cat gelap justru menyerap panas lebih banyak dan memperparah suhu modul.
• **E. ✗** Kemiringan kedua kelompok sama sehingga tidak menjelaskan perbedaan di antara keduanya.

Jawaban: A.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

No. 3 Kunci: E

Konsep: Pada PLTS on-grid, daya inverter mengalir ke beban terdekat (rumah) lebih dahulu. Bila produksi melebihi beban, kelebihannya mengalir ke jaringan dan tercatat sebagai ekspor pada kWh meter ekspor-impor. Tanpa baterai, energi tidak disimpan.

Langkah:

1. Produksi 2,8 kW, beban 1,0 kW.
2. Beban rumah dipasok dari PLTS.
3. Sisa 2,8 − 1,0 = 1,8 kW diekspor ke jaringan.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: daya tidak "diputar" lewat PLN; beban rumah dipasok langsung dari inverter.
- **B.** ✗ Inverter on-grid tidak menurunkan produksi mengikuti beban; kelebihan dialirkan ke jaringan.
- **C.** ✗ Inverter tidak menyimpan energi; sistem ini tidak memakai baterai.
- **D.** ✗ Jebakan: saat produksi lebih besar dari beban, rumah tidak mengambil daya dari PLN.
- **E.** ✓ 1,0 kW ke beban rumah, 1,8 kW diekspor dan tercatat di meter.

Jawaban: E.

No. 4 Kunci: C

Konsep: Profesi bidang energi terbarukan memiliki tuntutan kerja berbeda: teknisi instalasi dan perawatan sering bekerja di ketinggian, sedangkan juru gambar bekerja di kantor dengan perangkat CAD.

Langkah:

1. Kompetensi: CAD, membaca diagram, sertifikat gambar teknik berbasis CAD.
2. Batasan: tidak boleh bekerja di ketinggian.
3. Profesi yang sesuai: juru gambar perencanaan.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Pemasangan di atap gedung adalah kerja di ketinggian.
- **B.** ✗ Jebakan: tidak bekerja di ketinggian, tetapi tidak memakai kompetensi gambar dan sertifikat gambar teknik Dina.
- **C.** ✓ Sesuai sertifikat dan kemampuan CAD, serta tidak bekerja di ketinggian.
- **D.** ✗ Jebakan: bekerja di darat, tetapi memerlukan kompetensi pengujian, bukan kompetensi gambar.
- **E.** ✗ Pekerjaan ringan, tetapi tetap dilakukan di atap pabrik.

Jawaban: C.

No. 5 Kunci: A, B, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Komponen PLTMH: intake dengan pintu air (mengatur air masuk), saluran pembawa, bak pengendap dengan pintu penguras (mengendapkan dan membuang pasir), bak penenang, pipa pesat, turbin. Pasir yang lolos mengikis sudu turbin.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✓ Bak pengendap memiliki pintu penguras untuk mengeluarkan pasir yang mengendap.
- **Pernyataan 2** ✓ Partikel pasir berkecepatan tinggi menggerus permukaan sudu.
- **Pernyataan 3** ✗ Jebakan: bak penuh hanya menjamin debit; pasir yang lolos tetap mengikis sudu turbin.
- **Pernyataan 4** ✗ Jebakan: banjir justru membawa lebih banyak pasir dan sampah; endapan dibuang lewat pintu penguras, sedangkan bukaan intake dikecilkan.
- **Pernyataan 5** ✓ Pintu intake mengatur jumlah air yang masuk saluran.

Jawaban: pernyataan 1, 2, 5.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

No. 6 Kunci: B

Konsep: Beban bermotor (pompa, kulkas) menarik arus start beberapa kali arus kerjanya. Inverter harus mampu memberi daya puncak (surge) melebihi kebutuhan start, bukan hanya daya nominal beban.

Langkah:

1. Daya start pompa ≈ 3 × 500 W = 1.500 W.
2. Ditambah lampu dan radio: ±1.650 W > 1.200 W (daya puncak inverter).
3. Tindakan: inverter dengan daya puncak lebih besar.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Baterai terisi penuh; masalah muncul seketika saat start dan layar menunjukkan "overload".
- **B.** ✓ Daya start ±1.500 W melebihi kemampuan puncak 1.200 W.
- **C.** ✗ Jebakan: pada sistem off-grid dengan baterai penuh, beban dipasok baterai melalui inverter; batasnya ada pada inverter.
- **D.** ✗ Panjang kabel tidak menjelaskan peringatan "overload" yang muncul tepat saat start.
- **E.** ✗ Jebakan: tanpa lampu dan radio, start pompa ±1.500 W tetap melebihi 1.200 W.

Jawaban: B.

No. 7 Kunci: A, B, D, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Aktivitas produksi energi terbarukan dipilih sesuai potensi lokasi: bayu untuk angin kencang dan stabil, air untuk aliran dan tinggi jatuh, biomassa untuk ketersediaan bahan organik, surya untuk permukaan yang terkena matahari.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✓ Angin kencang dan stabil adalah potensi utama pulau itu.
- **Pernyataan 2** ✓ Aliran deras dan terjunan memberi debit dan tinggi jatuh.
- **Pernyataan 3** ✗ Jebakan: lokasi terlindung justru membuat angin bergolak dan melemah; turbin dipasang di tempat terbuka jauh dari penghalang.
- **Pernyataan 4** ✓ Sekam berton-ton adalah bahan bakar biomassa yang tersedia di tempat.
- **Pernyataan 5** ✓ Atap datar yang luas dapat dipasangi modul.

Jawaban: pernyataan 1, 2, 4, 5.

No. 8 Kunci: A

Konsep: Prosedur menghidupkan PLTMH: periksa kesiapan air (bak penenang penuh, saringan bersih) → buka katup perlahan (mencegah pukulan air dan lonjakan putaran) → periksa tegangan dan frekuensi → sambungkan beban bertahap.

Langkah:

1. Air harus siap sebelum katup dibuka (R → P).
2. Besaran listrik diperiksa setelah generator berputar normal (P → Q).
3. Beban disambung setelah tegangan dan frekuensi sesuai (Q → S).

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✓ Air siap, katup dibuka perlahan, besaran diperiksa, beban disambung bertahap.

• **B.** ✗ Jebakan: beban disambung sebelum tegangan dan frekuensi diperiksa, sehingga alat warga dapat rusak bila nilainya tidak normal.

• **C.** ✗ Katup dibuka sebelum memastikan bak penuh dan saringan bersih; udara dan sampah dapat masuk pipa pesat.

• **D.** ✗ Jebakan: tegangan dan frekuensi diperiksa sebelum generator berputar, sehingga belum ada yang dapat diukur.

• **E.** ✗ Jebakan: mengikuti urutan penulisan; katup dibuka sebelum kesiapan air dipastikan.

Jawaban: A.

No. 9 Kunci: 1B 2S 3B

Konsep: Standar gambar: ukuran kertas seri A (A3 = 420 × 297 mm, A4 = 297 × 210 mm), garis tepi (kiri lebih lebar untuk dijilid), etiket di kanan bawah, dan skala yang tertulis harus sesuai dengan perbesaran/pengecilan gambar.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1 → Benar.** Lebar 420 − 20 − 10 = 390 mm; tinggi 297 − 10 − 10 = 277 mm; 380 × 260 muat.

• **Pernyataan 2 → Salah.** Jebakan: gambar diperkecil setengah sehingga skalanya menjadi 1:100; tulisan skala harus diubah agar ukuran tidak salah dibaca.

• **Pernyataan 3 → Benar.** 380 ÷ 2 = 190 mm; 260 ÷ 2 = 130 mm.

Jawaban: Benar, Salah, Benar.

No. 10 Kunci: D

Konsep: Membaca gambar kerja: jarak antarlubang = (panjang total − jarak tepi kiri − jarak tepi kanan) ÷ jumlah jarak. Empat lubang membentuk tiga jarak.

Langkah:

1. Panjang antara lubang pertama dan terakhir = 3.400 − 200 − 200 = 3.000 mm.
2. Empat lubang → tiga jarak.
3. x = 3.000 ÷ 3 = 1.000 mm.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: dibagi jumlah lubang (3.000 ÷ 4), bukan jumlah jarak.

• **B.** ✗ Hanya satu jarak tepi dikurangi lalu dibagi 4 (3.200 ÷ 4).

• **C.** ✗ Jarak tepi tidak dikurangi dan dibagi 4 (3.400 ÷ 4).

• **D.** ✓ 3.000 ÷ 3 = 1.000 mm.

• **E.** ✗ Jebakan: jumlah jarak benar (3), tetapi jarak tepi tidak dikurangi (3.400 ÷ 3).

Jawaban: D.

No. 11 Kunci: E

Konsep: Penggaris segitiga menghasilkan sudut 30°, 45°, 60°, 90° dan kombinasinya (kelipatan 15°). Sudut lain, misalnya 12°, diukur dan digambar dengan busur derajat.

Langkah:

1. 12° bukan kelipatan 15°.
2. Segitiga tidak dapat menghasilkan 12°.
3. Gunakan busur derajat.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Hanya menghasilkan 30°, 60°, dan 90°.

• **B.** ✗ Jebakan: gabungan segitiga hanya menghasilkan kelipatan 15° (15°, 75°, 105°, dan seterusnya).

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

• **C.** ✗ Jebakan: membagi dua sudut 30° dengan jangka menghasilkan 15°, bukan 12°.
• **D.** ✗ Menggeser penggaris tanpa ukuran sudut hanya perkiraan.
• **E.** ✓ Busur derajat dapat menandai sudut 12° secara tepat.

Jawaban: E.

No. 12 Kunci: D

Konsep: Turbin angin kecil memiliki perlindungan angin kencang (furling): ekor atau rotor terlipat sehingga rotor tidak lagi menghadap angin, putaran dan gaya pada bilah berkurang. Setelah angin reda, ekor kembali dan turbin berproduksi normal.

Langkah:
1. Angin 25 m/s > batas 20 m/s.
2. Ekor terlipat → rotor menyamping → putaran terbatas.
3. Setelah reda kembali normal → fungsi perlindungan.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Engsel yang patah tidak membuat ekor kembali lurus setelah badai.
• **B.** ✗ Jebakan: daya memang naik dengan angin, tetapi hanya sampai batas tertentu; di atas cut-out turbin melindungi diri.
• **C.** ✗ Jebakan: yaw yang macet membuat rotor tidak dapat mengikuti angin, padahal di sini ekor terlipat lalu kembali normal setelah badai.
• **D.** ✓ Rotor dipalingkan dari angin di atas batas cut-out untuk mencegah kerusakan.
• **E.** ✗ Jebakan: pengendali memang membatasi pengisian saat baterai penuh, tetapi tidak membuat ekor terlipat.

Jawaban: D.

No. 13 Kunci: B, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: PLTBm sistem uap: biomassa dibakar → boiler menghasilkan uap → turbin uap → generator; uap bekas diembunkan di kondensor dan dipompa kembali. Bahan bakar perlu kering dan air umpan perlu diolah agar boiler tidak berkerak.

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: uap dari bahan bakar keluar bersama gas buang, tidak masuk turbin; panas untuk menguapkan air itu justru terbuang.
• **Pernyataan 2** ✓ Tungku dan boiler mengubah energi kimia bahan bakar menjadi energi panas uap.
• **Pernyataan 3** ✓ Energi uap → energi gerak turbin → energi listrik generator.
• **Pernyataan 4** ✗ Jebakan: mineral tidak ikut menguap, tetapi tertinggal dan membentuk kerak di boiler.
• **Pernyataan 5** ✓ Siklus tertutup menghemat air umpan yang sudah diolah.

Jawaban: pernyataan 2, 3, 5.

No. 14 Kunci: B, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Budaya kerja industri: mengutamakan mutu dan keselamatan sesuai standar, berkomunikasi jujur dengan pelanggan dan atasan, mengamankan pekerjaan yang belum selesai, dan mencatat masalah untuk perbaikan.

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: tampak menepati jadwal, tetapi pasangan konektor beda merek dapat longgar, panas, dan memicu kebakaran; melanggar standar mutu.
• **Pernyataan 2** ✓ Komunikasi terbuka kepada pelanggan dan atasan adalah bagian budaya kerja

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

industri.

• **Pernyataan 3** ✓ Pekerjaan setengah jadi dibuat aman sebelum ditinggalkan.

• **Pernyataan 4** ✗ Jebakan: terdengar menenangkan pelanggan, tetapi tidak jujur tentang kendala bahan.

• **Pernyataan 5** ✓ Pencatatan membantu perbaikan berkelanjutan.

Jawaban: pernyataan 2, 3, 5.

No. 15 Kunci: D

Konsep: Inverter hibrida memiliki masukan jaringan (AC IN) dan keluaran cadangan (AC OUT). Saat jaringan padam, inverter memutus sisi jaringan (anti-islanding) dan tetap memasok keluaran cadangan dari baterai/modul. Beban yang tersambung di sisi jaringan ikut padam.

Langkah:

1. Panel A tersambung ke AC OUT (cadangan) melalui Q2.
2. Panel B tersambung di sisi jaringan, sebelum Q3 dan kWh meter.
3. Malam hari modul tidak berproduksi → Panel A dipasok baterai.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Panel B berada di sisi jaringan sehingga ikut padam.

• **B.** ✗ Letak panelnya tertukar: Panel B di sisi jaringan, Panel A di keluaran cadangan.

• **C.** ✗ Jebakan: inverter memang memutus sisi jaringan, tetapi keluaran cadangan tetap bekerja.

• **D.** ✓ Panel A di keluaran cadangan dipasok baterai melalui inverter.

• **E.** ✗ Jebakan: panelnya benar, tetapi pukul 20.00 modul tidak berproduksi.

Jawaban: D.

No. 16 Kunci: A, C, D

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Perhitungan dasar biogas: kebutuhan = lama pakai × konsumsi kompor; produksi = jumlah ternak × kotoran per ekor × faktor gas per kg. Kelebihan gas tertampung di penampung/kubah.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1** ✓ $3 \times 0{,}4 = 1{,}2\ m^3$.

• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: gas berasal dari bahan organik kotoran, bukan dari air; pengenceran berlebih justru dapat menurunkan produksi.

• **Pernyataan 3** ✓ $2 \times 20 \times 0{,}04 = 1{,}6\ m^3 \geq 1{,}2\ m^3$.

• **Pernyataan 4** ✓ $20 \times 0{,}04 = 0{,}8\ m^3$; $0{,}8 \div 0{,}4 = 2$ jam.

• **Pernyataan 5** ✗ Jebakan: kebutuhan menjadi $5 \times 0{,}4 = 2{,}0\ m^3$, lebih besar dari produksi dua sapi ($1{,}6\ m^3$).

Jawaban: pernyataan 1, 3, 4.

No. 17 Kunci: A, C, D

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Alat pemeriksaan PLTS: multimeter (tegangan DC), tang ampere DC (arus), kamera termal (hotspot), penguji isolasi, solar power meter (radiasi), layar inverter/kWh meter (daya dan energi keluaran).

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1** ✓ Voc string diukur dengan voltmeter DC yang rentangnya memadai.

• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: solar power meter mengukur radiasi matahari, bukan daya listrik; daya inverter dibaca dari layar inverter atau kWh meter.

• **Pernyataan 3** ✓ Tang DC mengukur arus tanpa memutus kabel.

• **Pernyataan 4** ✓ Kamera termal menunjukkan sebaran suhu permukaan.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

• **Pernyataan 5 ✗** Jebakan: saat inverter bekerja, yang terbaca adalah tegangan kerja, bukan tegangan rangkaian terbuka; string harus dipisahkan dulu dari inverter.

Jawaban: pernyataan 1, 3, 4.

No. 18 Kunci: 1S 2B 3B

Konsep: Prosedur multimeter: perkirakan tegangan (string = jumlah modul seri), pilih fungsi V DC dan rentang di atasnya, pastikan kategori/batas tegangan alat memadai, dan jangan mengubah posisi sakelar saat probe tersambung.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1 → Salah.** Jebakan: string 10 modul seri ≈ 380 V; rentang yang tepat 1.000 V.

• **Pernyataan 2 → Benar.** Rentang dipilih yang terdekat di atas tegangan yang diperkirakan.

• **Pernyataan 3 → Benar.** Memutar sakelar saat tersambung pada tegangan tinggi dapat menimbulkan busur dan merusak alat.

Jawaban: Salah, Benar, Benar.

No. 19 Kunci: C

Konsep: Dari $P = \rho\, g\, Q\, H\, \eta$ diperoleh $Q = P \div (\rho \times g \times H \times \eta)$. 1 m^3/s = 1.000 L/s.

Langkah:

1. $Q = 5.000 \div (1.000 \times 10 \times 10 \times 0{,}5)$.
2. $Q = 5.000 \div 50.000 = 0{,}1\ m^3/s$.
3. 0,1 m^3/s = 100 L/s.

Analisis setiap opsi:

• **A. ✗** Konversi salah: 0,1 m^3/s ditulis 10 L/s.

• **B. ✗** Jebakan: efisiensi diabaikan ($5.000 \div 100.000 = 0{,}05\ m^3/s$ = 50 L/s).

• **C. ✓** $5.000 \div 50.000 = 0{,}1\ m^3/s$ = 100 L/s.

• **D. ✗** Efisiensi dihitung dua kali ($100 \div 0{,}5$).

• **E. ✗** Jebakan: tinggi jatuh tidak dipakai ($5.000 \div (1.000 \times 10 \times 0{,}5) = 1\ m^3/s$).

Jawaban: C.

No. 20 Kunci: C

Konsep: $P = \frac{1}{2}\, \rho\, A\, v^3\, Cp$ dengan $A = \pi\, r^2$. Untuk v, ρ, dan Cp yang sama, P sebanding dengan D^2: $P_Y = P_X \times (D_Y/D_X)^2$.

Langkah:

1. $D_Y/D_X = 3/2 = 1{,}5$.
2. $(1{,}5)^2 = 2{,}25$.
3. $P_Y = 100 \times 2{,}25 = 225$ W (memenuhi 200 W).

Analisis setiap opsi:

• **A. ✗** Perbandingan dibalik: $100 \times (2/3)^2 \approx 44$ W.

• **B. ✗** Jebakan: daya dianggap sebanding lurus dengan diameter ($100 \times 1{,}5$).

• **C. ✓** $100 \times (3/2)^2 = 225$ W.

• **D. ✗** Jebakan: pangkat tiga dipakai untuk diameter ($100 \times 1{,}5^3 \approx 338$ W); pangkat tiga berlaku untuk kecepatan angin.

• **E. ✗** Daya X dikalikan kuadrat diameter Y saja (100×3^2), tanpa membandingkan dengan diameter X.

Jawaban: C.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

No. 21 Kunci: B, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Konservasi energi penerangan: mematikan lampu yang tidak diperlukan, memanfaatkan cahaya alami, memakai sensor gerak, dan mengganti lampu hemat energi. Penghematan = jumlah × daya × jam yang dikurangi.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✗ Kelas: 12 × 20 × 0,5 = 120 Wh; toilet: 4 × 10 × 21 = 840 Wh.
- **Pernyataan 2** ✓ 4 × 10 W × 24 j = 960 Wh.
- **Pernyataan 3** ✓ 4 × 10 W × (24 − 3) j = 840 Wh.
- **Pernyataan 4** ✗ Jebakan: 1.680 Wh adalah seluruh energi lampu kelas (12 × 20 × 7); penghematannya 12 × 4 × 7 = 336 Wh.
- **Pernyataan 5** ✓ Lorong: 10 × 15 × 6 = 900 Wh > 840 Wh.

Jawaban: pernyataan 2, 3, 5.

No. 22 Kunci: E

Konsep: Hotspot adalah sel yang jauh lebih panas dari sekitarnya, akibat naungan, kotoran, atau cacat sel. Bila penyebab luar sudah disingkirkan, sel kemungkinan cacat; hasil termal didokumentasikan dan modul diganti (klaim garansi). Hotspot dibiarkan dapat merusak modul dan memicu kebakaran.

Langkah:

1. Naungan dan kotoran sudah disingkirkan → kemungkinan sel cacat.
2. Bukti termal didokumentasikan.
3. Laporkan dan ajukan penggantian modul melalui garansi.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: masuk akal bila penyebabnya kotoran, tetapi kaca baru dibersihkan dan tidak ada kotoran di atas sel itu.
- **B.** ✗ Jebakan: pencatatan benar, tetapi menunda tindakan sebulan membiarkan hotspot merusak modul dan berisiko kebakaran.
- **C.** ✗ Membongkar modul sendiri membatalkan garansi dan sel modul tidak dirancang untuk diganti satu per satu.
- **D.** ✗ Dalam satu string arus semua modul sama; memindahkan posisi tidak mengubah arus.
- **E.** ✓ Bukti tercatat, atasan tahu, dan modul cacat diganti sesuai garansi.

Jawaban: E.

No. 23 Kunci: B

Konsep: Analisis kecukupan: energi beban = Σ (daya × jam). Bila melebihi produksi, kurangi pemakaian beban yang dapat dikurangi sebesar kekurangannya, tanpa mengorbankan beban wajib.

Langkah:

1. Beban = 1.440 + 600 + 400 + 120 = 2.560 Wh.
2. Kekurangan = 2.560 − 2.400 = 160 Wh.
3. Kipas 2 × 40 × 2 jam = 160 Wh → beban 2.400 Wh (tepat terpenuhi).

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Hemat 6 × 10 × 2 = 120 Wh → beban 2.440 Wh, masih di atas 2.400.
- **B.** ✓ Hemat 160 Wh → beban 2.400 Wh, tidak melebihi produksi.
- **C.** ✗ Jebakan: hemat 120 Wh → 2.440 Wh, masih melebihi; radio juga penting untuk komunikasi.
- **D.** ✗ Jebakan: hemat 360 Wh, tetapi kulkas vaksin wajib menyala 24 jam.
- **E.** ✗ Hemat 10 W × 5 jam = 50 Wh → 2.510 Wh, masih melebihi.

Jawaban: B.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

No. 24 Kunci: A

Konsep: Metode pelampung: v = jarak ÷ waktu; Q = A × v × faktor koreksi.

Langkah:

1. v = 10 ÷ 20 = 0,5 m/s.
2. Q = 0,6 × 0,5 × 0,85 = 0,255 m^3/s.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ 0,6 × 0,5 × 0,85 = 0,255 m^3/s.
- **B.** ✗ Jebakan: faktor koreksi tidak dipakai (0,6 × 0,5).
- **C.** ✗ Luas penampang tidak dipakai (0,5 × 0,85).
- **D.** ✗ Jebakan: kecepatan dihitung terbalik (20 ÷ 10 = 2 m/s), lalu dikoreksi.
- **E.** ✗ Kecepatan terbalik dan faktor koreksi tidak dipakai.

Jawaban: A.

No. 25 Kunci: B

Konsep: Energi harian PLTS = kapasitas (kWp) × jam matahari puncak × efisiensi sistem.

Langkah:

1. 5 × 4,2 = 21 kWh (tanpa rugi).
2. 21 × 0,8 = 16,8 kWh.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Efisiensi dibagi, bukan dikali (21 ÷ 0,8).
- **B.** ✓ 5 × 4,2 × 0,8 = 16,8 kWh.
- **C.** ✗ Jebakan: efisiensi dikalikan dua kali (16,8 × 0,8).
- **D.** ✗ Jam matahari puncak ditulis sebagai hasil energi.
- **E.** ✗ Jebakan: jam matahari puncak tidak dipakai (5 × 0,8 = 4,0).

Jawaban: B.

Simulasi 2 — Prediksi TKA 2026

No. 1 Kunci: C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Membaca dan menggambar berskala: ukuran nyata = ukuran gambar × angka skala; gambar yang diperbesar membuat angka skala mengecil (1:50 → 1:25); angka ukuran pada gambar menyatakan ukuran sebenarnya.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: 40 × 50 = 2.000 mm = 2 m, bukan 0,2 m (salah konversi mm ke m).
- **Pernyataan 2** ✗ Diperbesar dua kali → gambar lebih besar → skala menjadi 1:25.
- **Pernyataan 3** ✓ 34 × 50 = 1.700 mm; 20 × 50 = 1.000 mm.
- **Pernyataan 4** ✗ Jebakan: skala berlaku untuk ukuran panjang; luas sebenarnya 50 × 50 = 2.500 kali luas di gambar.
- **Pernyataan 5** ✓ 8 × 50 = 400 mm = 0,4 m.

Jawaban: pernyataan 3, 5.

No. 2 Kunci: A

Konsep: CAD (computer aided design) memudahkan penggandaan gambar serupa, perubahan cepat, dan pengiriman berkas digital. Peralatan manual cocok untuk sketsa atau gambar tunggal.

Langkah:

1. 30 gambar hampir sama → perlu penggandaan cepat.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. Revisi dikirim lewat surel → perlu berkas digital.
3. Pilih CAD.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ Gambar dapat digandakan, diubah, dan dikirim cepat.
- **B.** ✗ Jebakan: hasilnya rapi, tetapi 30 gambar harus dibuat satu per satu dan revisi lambat.
- **C.** ✗ Jebakan: kalkir dapat disalin dengan cetak biru, tetapi revisi tetap digambar ulang dan tidak praktis dikirim lewat surel.
- **D.** ✗ Kertas milimeter cocok untuk sketsa, bukan gambar kerja yang banyak.
- **E.** ✗ Kertas HVS dan penggaris biasa tidak memenuhi standar gambar kerja.

Jawaban: A.

No. 3 Kunci: A

Konsep: Jenis turbin PLTMH dipilih sesuai tinggi jatuh dan debit: turbin impuls (Pelton, Turgo) untuk tinggi jatuh besar, crossflow untuk menengah, propeller/Kaplan untuk tinggi jatuh rendah dengan debit besar. Kedua syarat harus terpenuhi.

Langkah:

1. Tinggi jatuh 6 m → hanya propeller (2–15 m) yang mencakup.
2. Debit 0,8 m^3/s → propeller (0,3–5,0) mencakup.
3. Pilih propeller.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ Kedua syarat terpenuhi.
- **B.** ✗ Jebakan: debit memang masuk, tetapi tinggi jatuh 6 m di bawah batas 8 m.
- **C.** ✗ Tinggi jatuh 6 m jauh di bawah 50 m dan debitnya di atas 0,5 m^3/s.
- **D.** ✗ Jebakan: debit masuk, tetapi tinggi jatuh 6 m jauh di bawah 30 m.
- **E.** ✗ Banyak dipakai bukan alasan teknis; tinggi jatuh tidak memenuhi.

Jawaban: A.

No. 4 Kunci: B, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Peluang usaha bidang energi terbarukan berangkat dari kebutuhan nyata (pengisian baterai, pendinginan ikan) dan potensi energi setempat (surya). Usaha yang tidak didukung potensi lokasi atau bukan energi terbarukan tidak sesuai.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: pabrik es memang dibutuhkan, tetapi tidak ada sungai untuk PLTMH.
- **Pernyataan 2** ✓ Menjawab kebutuhan pengisian baterai dengan potensi surya setempat.
- **Pernyataan 3** ✓ Menjawab masalah ikan busuk tanpa bergantung pada es balok.
- **Pernyataan 4** ✗ Jebakan: menjawab kebutuhan pengisian, tetapi bukan usaha energi terbarukan dan menambah biaya bahan bakar.
- **Pernyataan 5** ✓ Perahu yang memakai panel dan lampu memerlukan perawatan berkala.

Jawaban: pernyataan 2, 3, 5.

No. 5 Kunci: 1B 2B 3S

Konsep: Pada digester baru, bakteri penghasil metana memerlukan waktu untuk berkembang; gas awal mengandung udara dan CO_2 sehingga sulit menyala. Gas awal dibuang dengan aman sampai kadar metana cukup tinggi untuk dibakar.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1 → Benar.** Pada awal proses, kadar metana masih rendah.
- **Pernyataan 2 → Benar.** Membuang gas awal mengganti isi ruang gas dengan biogas yang kadar

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

metananya makin tinggi.

• **Pernyataan 3 → Salah.** Jebakan: minyak tanah tidak diuraikan bakteri biogas dan dapat mengganggu prosesnya.

Jawaban: Benar, Benar, Salah.

No. 6 Kunci: B

Konsep: Bilah yang rusak membuat rotor tidak seimbang sehingga terjadi getaran yang merusak bantalan, generator, dan menara, serta berisiko patah terlempar. Rotor dihentikan dan dikunci, lalu bilah diganti dengan set yang seimbang.

Langkah:

1. Penyebab getaran: bilah retak → rotor tidak seimbang.
2. Bahaya: kerusakan bagian lain dan bilah terlempar.
3. Tindakan: hentikan, kunci, ganti bilah seimbang.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Getaran terus-menerus merusak bagian lain dan bilah dapat patah.

• **B.** ✓ Menghilangkan bahaya dan penyebab getaran.

• **C.** ✗ Lakban tidak memulihkan kekuatan dan keseimbangan bilah; bekerja dekat rotor berputar berbahaya.

• **D.** ✗ Jebakan: hanya meredam gejala, penyebabnya (rotor tidak seimbang) tetap ada.

• **E.** ✗ Jebakan: panjang sama belum tentu seimbang, dan bilah yang dipotong mengubah unjuk kerja rotor.

Jawaban: B.

No. 7 Kunci: C

Konsep: Pemilihan susunan string dari label: Voc string (jumlah modul × Voc) ≤ tegangan DC maksimum inverter, dan Vmp string (jumlah modul × Vmp) berada di dalam rentang MPPT.

Langkah:

1. Batas Voc: 600 ÷ 49 ≈ 12,2 → maksimum 12 modul.
2. Cek MPPT: 12 × 41 = 492 V (di dalam 200–520 V).
3. Cek Voc: 12 × 49 = 588 V ≤ 600 V → 12 modul.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: 200 ÷ 41 ≈ 4,9 dibulatkan ke bawah; angka ini berkaitan dengan batas bawah MPPT (4 modul = 164 V justru di bawah 200 V), bukan jumlah terbanyak.

• **B.** ✗ Jebakan: Voc dibandingkan dengan batas atas MPPT (520 ÷ 49 ≈ 10); yang dibandingkan dengan Voc adalah tegangan DC maksimum.

• **C.** ✓ 12 × 49 = 588 V ≤ 600 V dan 12 × 41 = 492 V di dalam rentang MPPT.

• **D.** ✗ Hasil 12,2 dibulatkan ke atas sehingga Voc 637 V melebihi 600 V.

• **E.** ✗ Jebakan: memakai Vmp untuk batas 600 V (600 ÷ 41 ≈ 14); Voc string menjadi 686 V.

Jawaban: C.

No. 8 Kunci: E

Konsep: PLTS terapung adalah perkembangan teknologi PLTS: modul dipasang pada pelampung yang ditambatkan di permukaan air. Keunggulannya: tidak memakai lahan produktif dan suhu modul cenderung lebih rendah sehingga efisiensinya lebih baik; tetap memerlukan jangkar dan kabel ke darat.

Langkah:

1. Sawah produktif → bersaing dengan lahan pangan.
2. Waduk tenang tanpa lalu lintas perahu → cocok untuk PLTS terapung.
3. Alasan yang benar: lahan pangan terjaga dan modul lebih sejuk.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: alasan teknisnya benar, tetapi mengorbankan sawah produktif yang menjadi lahan pangan.
• **B.** ✗ Pantulan air kecil; daya tidak menjadi dua kali.
• **C.** ✗ Benar bahwa modul darat tidak memerlukan pelampung, tetapi lokasi ini mengorbankan lahan pangan.
• **D.** ✗ Jebakan: lokasinya tepat, tetapi PLTS terapung tetap memerlukan kabel ke daratan.
• **E.** ✓ Lahan pangan tetap terjaga dan suhu modul lebih rendah di atas air.

Jawaban: E.

No. 9 Kunci: B, D

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Budaya kerja industri: disiplin terhadap prosedur K3 (briefing, APD), kerja sama dan pembagian tugas, persiapan kerja yang baik, pencatatan, serta etika terhadap pelanggan. Tenggat tidak membenarkan pelanggaran prosedur.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: briefing keselamatan adalah prosedur wajib, bukan waktu yang boleh dipangkas.
• **Pernyataan 2** ✓ Pembagian kerja dan pencatatan membuat pekerjaan efisien dan terpantau.
• **Pernyataan 3** ✗ Atap tetap berisiko jatuh di tepinya; harness dipakai sesuai prosedur.
• **Pernyataan 4** ✓ Persiapan matang menghemat waktu tanpa melanggar prosedur.
• **Pernyataan 5** ✗ Menghormati aturan dan milik pelanggan adalah bagian etika kerja.

Jawaban: pernyataan 2, 4.

No. 10 Kunci: B

Konsep: Angka ukuran pada gambar teknik selalu menyatakan ukuran benda sebenarnya, berapa pun skalanya. Satuan sudah dinyatakan di etiket sehingga tidak ditulis pada angka.

Langkah:

1. Ukuran sebenarnya 1.200 mm.
2. Satuan mm tercantum di etiket.
3. Tulis 1200.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ 1.200 dikalikan lagi dengan 20.
• **B.** ✓ Ukuran sebenarnya ditulis tanpa satuan karena satuan ada di etiket.
• **C.** ✗ Jebakan: skala dibaca 1:10 (60 × 10).
• **D.** ✗ Skala dibaca 1:2 (60 × 2).
• **E.** ✗ Jebakan: 60 mm adalah panjang garis di kertas, bukan ukuran benda.

Jawaban: B.

No. 11 Kunci: C

Konsep: Aktivitas produksi listrik dari biomassa mengubah energi kimia bahan organik menjadi listrik, misalnya genset berbahan bakar biogas atau PLTBm. Pemanfaatan panas langsung atau pembuatan bahan bakar belum menghasilkan listrik.

Langkah:

1. Syarat 1: sumber biomassa.
2. Syarat 2: hasil akhir listrik.
3. Genset biogas memenuhi keduanya.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: sumbernya biomassa, tetapi hasilnya panas untuk memasak, bukan listrik.
- **B.** ✗ Sumbernya matahari dan hasilnya panas.
- **C.** ✓ Biogas (biomassa) menggerakkan genset yang menghasilkan listrik.
- **D.** ✗ Sumbernya air dan hasilnya energi gerak mekanis.
- **E.** ✗ Jebakan: briket adalah bahan bakar biomassa, tetapi belum diubah menjadi listrik.

Jawaban: C.

No. 12 Kunci: B, D, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Tahapan PLTBm gasifikasi: persiapan biomassa (pencacahan, pengeringan) → gasifikasi (biomassa diubah menjadi gas mampu bakar) → pendinginan dan pembersihan gas → mesin gas → generator → listrik. Abu dibuang/dimanfaatkan di luar proses.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: tar dan debu justru mengendap dan merusak mesin; gas harus dibersihkan dulu.
- **Pernyataan 2** ✓ Ukuran seragam dan kadar air rendah membuat gasifikasi stabil.
- **Pernyataan 3** ✗ Jebakan: gasifikasi memerlukan udara terbatas; udara berlebih membakar habis kayu menjadi panas dan gas buang, bukan gas mampu bakar.
- **Pernyataan 4** ✓ Pendinginan dan penyaringan menghilangkan tar dan debu serta menaikkan kerapatan gas.
- **Pernyataan 5** ✓ Mesin gas → energi gerak → generator → listrik.

Jawaban: pernyataan 2, 4, 5.

No. 13 Kunci: C, D

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Isu lingkungan biogas: kebocoran dan pelepasan metana (gas rumah kaca), pencemaran air oleh ampas, letak digester terhadap sumber air, dan H_2S yang beracun dan korosif. Penanganan: perbaiki kebocoran, manfaatkan gas dan ampas, atur jarak aman.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: fermentasi mengurangi bau, tetapi ampas masih kaya bahan organik dan nutrien yang mencemari sungai; manfaatkan sebagai pupuk.
- **Pernyataan 2** ✗ Bau berasal dari H_2S yang beracun dan korosif, bukan dari metana.
- **Pernyataan 3** ✓ Metana yang dilepas langsung lebih merusak iklim daripada hasil pembakarannya.
- **Pernyataan 4** ✓ Rembesan isian digester dapat mencemari air tanah.
- **Pernyataan 5** ✗ Jebakan: biogas memang cenderung naik, tetapi kebocoran melepas metana ke udara, mengurangi gas, dan dapat terkumpul di ruang tertutup.

Jawaban: pernyataan 3, 4.

No. 14 Kunci: D

Konsep: Ruang terbatas pada instalasi biogas dapat berisi H_2S, metana, dan CO_2 serta kekurangan oksigen. Penolong tidak boleh masuk tanpa alat bantu pernapasan dan tali pengaman; lakukan ventilasi, minta bantuan, dan siapkan penyelamatan yang aman.

Langkah:

1. Korban pingsan → udara di bak berbahaya.
2. Penolong tanpa alat bantu napas dapat ikut pingsan.
3. Tindakan: minta bantuan, ventilasi, siapkan alat bantu napas dan tali.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: menahan napas tidak cukup lama untuk bekerja di dasar bak; banyak penolong menjadi korban kedua.

• **B.** ✗ Jebakan: kipas membantu, tetapi kain basah tidak menyaring gas beracun dan tidak menambah oksigen.

• **C.** ✗ Jebakan: ventilasi beberapa menit belum menjamin udara di dasar bak aman; tanpa alat bantu napas penolong dapat pingsan.

• **D.** ✓ Mencegah korban kedua sambil memulai penyelamatan yang aman.

• **E.** ✗ Gas tidak hilang dengan sendirinya; korban terus terpapar dan bantuan terlambat.

Jawaban: D.

No. 15 Kunci: C

Konsep: Konservasi energi dengan peralatan efisien: daya masukan = daya keluaran ÷ efisiensi. Peralatan yang lebih efisien memerlukan daya masukan lebih kecil untuk kerja yang sama.

Langkah:

1. Motor lama: 1,4 ÷ 0,7 = 2,0 kW.
2. Motor baru: 1,4 ÷ 0,875 = 1,6 kW.
3. Hemat (2,0 − 1,6) × 6 = 2,4 kWh.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: selisih daya 0,4 kW belum dikalikan jam kerja.

• **B.** ✗ Selisih efisiensi (17,5%) dikalikan daya keluaran dan jam kerja; cara ini tidak memakai daya masukan.

• **C.** ✓ 0,4 kW × 6 j = 2,4 kWh.

• **D.** ✗ Jebakan: 0,6 kW adalah rugi motor lama (2,0 − 1,4), bukan selisih kedua motor.

• **E.** ✗ Seluruh energi motor lama (2,0 × 6) dianggap dihemat.

Jawaban: C.

No. 16 Kunci: A, C

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Alat ukur PLTB: anemometer (kecepatan angin) pada ketinggian rotor, wind vane (arah angin), data logger (rekaman jangka panjang), tachometer optik (putaran rotor dari jarak aman), serta voltmeter dan amperemeter pada pengendali.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1** ✓ Anemometer mengukur kecepatan angin pada ketinggian rotor.

• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: wind vane menunjukkan arah, bukan kecepatan angin.

• **Pernyataan 3** ✓ Data jangka panjang menggambarkan pola harian dan musiman.

• **Pernyataan 4** ✗ Jebakan: tachometer memang mengukur putaran, tetapi mendekati rotor yang berputar di ketinggian sangat berbahaya; gunakan tachometer optik dari jarak aman atau data pengendali.

• **Pernyataan 5** ✗ Aliran angin di atas bangunan bergolak dan tidak mewakili lokasi menara.

Jawaban: pernyataan 1, 3.

No. 17 Kunci: D

Konsep: Analisis kecukupan sistem hibrida: produksi harian = jumlah semua sumber pada kondisi itu; bandingkan dengan beban untuk setiap kondisi. Rata-rata tidak berlaku bila kelebihan tidak dapat disimpan untuk hari lain.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Langkah:

1. Cerah: 1.800 + 300 = 2.100 Wh ≥ 1.900 (sisa 200).
2. Mendung: 500 + 1.300 = 1.800 Wh < 1.900 (kurang 100).

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: rata-rata 1.950 Wh, tetapi kelebihan hari cerah tidak dapat dipakai pada hari mendung.
- **B.** ✗ Jebakan: hanya melihat turbin; total cerah 2.100 Wh memenuhi.
- **C.** ✗ Hanya melihat turbin; total mendung 1.800 Wh masih kurang.
- **D.** ✓ Cerah 2.100 Wh (memenuhi), mendung 1.800 Wh (kurang 100 Wh).
- **E.** ✗ Kedua sumber harus dijumlahkan; saat cerah totalnya memenuhi.

Jawaban: D.

No. 18 Kunci: E

Konsep: Termometer inframerah membaca suhu permukaan dari jarak tanpa menyentuh benda, sehingga aman untuk memeriksa sel baterai yang bertegangan. Sel yang jauh lebih panas daripada sel lain menandakan masalah.

Langkah:

1. Besaran: suhu setiap sel.
2. Syarat: tanpa menyentuh dan tanpa membuka tutup sel.
3. Alat: termometer inframerah.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: tegangan sel dapat menunjukkan sel lemah, tetapi tidak menunjukkan suhu dan probe harus menyentuh terminal.
- **B.** ✗ Tang ampere mengukur arus rangkaian seri yang sama untuk semua sel.
- **C.** ✗ Jebakan: hidrometer memeriksa elektrolit, tetapi tutup sel harus dibuka dan tidak menunjukkan suhu.
- **D.** ✗ Penguji isolasi mengukur kebocoran isolasi kabel.
- **E.** ✓ Membaca suhu setiap sel dari jarak dengan cepat.

Jawaban: E.

No. 19 Kunci: A, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Perhitungan dasar biomassa: massa bahan bakar = energi yang diperlukan ÷ nilai kalor. Kadar air menurunkan nilai kalor efektif sehingga bahan bakar basah diperlukan lebih banyak.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✓ 480 ÷ 16 = 30 kg.
- **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: bahan kayunya sama, tetapi air di kayu basah menyerap panas sehingga nilai kalornya lebih kecil.
- **Pernyataan 3** ✓ 480 ÷ 10 = 48 kg.
- **Pernyataan 4** ✗ Terbakar lebih lama tidak berarti panas lebih banyak; panas yang berguna justru lebih kecil.
- **Pernyataan 5** ✓ 48 − 30 = 18 kg.

Jawaban: pernyataan 1, 3, 5.

No. 20 Kunci: 1S 2B 3B

Konsep: Daya PLTMH memakai tinggi jatuh efektif (tinggi kotor dikurangi kerugian gesekan pipa). Pipa yang terlalu kecil memperbesar kerugian sehingga tinggi efektif dan daya turun.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1 → Salah.** Jebakan: pipa lebih kecil memperbesar gesekan sehingga kerugian tinggi

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

jatuh bertambah dan daya turun.

• **Pernyataan 2 → Benar.** 30 − 3 = 27 m.

• **Pernyataan 3 → Benar.** 1.000 × 10 × 0,02 × 27 × 0,6 = 3.240 W ≈ 3,2 kW.

Jawaban: Salah, Benar, Benar.

No. 21 Kunci: B

Konsep: Daya turbin angin $P = ½ \rho A v^3 Cp$. Energi = daya × waktu.

Langkah:

1. Daya angin = 0,5 × 1,2 × 4 × 125 = 300 W.
2. Daya turbin = 300 × 0,35 = 105 W.
3. Energi = 105 × 8 = 840 Wh.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Kecepatan dikuadratkan, bukan dipangkat tiga (21 W × 8).

• **B.** ✓ 105 W × 8 j = 840 Wh.

• **C.** ✗ Jebakan: faktor ½ tidak dipakai (210 W × 8).

• **D.** ✗ Jebakan: Cp diabaikan (300 W × 8).

• **E.** ✗ Cp dipakai sebagai pembagi (300 ÷ 0,35 × 8).

Jawaban: B.

No. 22 Kunci: 1B 2S 3B

Konsep: Prosedur hidrometer: memakai APD (kacamata, sarung tangan tahan asam), menghisap cairan secukupnya sampai pelampung bebas, membaca sejajar mata, mengembalikan cairan ke sel yang sama, dan tidak mengukur sesaat setelah penambahan air suling.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1 → Benar.** Elektrolit asam berbahaya bagi mata dan kulit; cairan dikembalikan ke selnya agar kadar tidak berubah.

• **Pernyataan 2 → Salah.** Jebakan: air suling belum tercampur rata sehingga berat jenis terbaca lebih rendah; ukur setelah baterai diisi ulang dan cairan tercampur.

• **Pernyataan 3 → Benar.** Pembacaan sejajar mata menghindari kesalahan paralaks.

Jawaban: Benar, Salah, Benar.

No. 23 Kunci: A

Konsep: Energi harian per modul = Wp × jam matahari puncak × efisiensi. Jumlah modul = target ÷ energi per modul (dibulatkan ke atas); tambahan = jumlah perlu − jumlah yang ada.

Langkah:

1. Per modul: 250 × 4 × 0,8 = 800 Wh.
2. Perlu: 4.000 ÷ 800 = 5 modul.
3. Tambahan: 5 − 4 = 1 modul.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✓ 5 − 4 = 1 modul.

• **B.** ✗ Jebakan: efisiensi dihitung dua kali sehingga per modul dianggap 640 Wh; perlu 6,25 → 7 modul, tambahan 3.

• **C.** ✗ Jebakan: efisiensi diabaikan (per modul 1.000 Wh) sehingga 4.000 ÷ 1.000 = 4, lalu angka 4 dianggap sebagai tambahan.

• **D.** ✗ Jumlah modul total (5) dianggap sebagai tambahan.

• **E.** ✗ Jam matahari puncak tidak dipakai (4.000 ÷ 250 = 16).

Jawaban: A.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

No. 24 Kunci: E

Konsep: Simbol: lingkaran berhuruf G dengan tanda ~ = generator AC; garis zig-zag = resistor (beban pembuang/dump load) yang disambungkan lewat sakelar pengendali; pasangan garis panjang-pendek = baterai; lingkaran bersilang = lampu. Saat baterai penuh, pengendali mengalihkan daya ke beban pembuang agar turbin tetap terbebani.

Langkah:

1. P = generator, R = resistor (beban pembuang), S = baterai, U = lampu.
2. Baterai penuh → pengisian dihentikan.
3. Kelebihan daya dialihkan ke R agar putaran turbin terkendali.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Baterai yang penuh tidak boleh terus diisi.
- **B.** ✗ Lampu hanya menarik daya sesuai kebutuhannya dan dipasok melalui inverter.
- **C.** ✗ Jebakan: inverter hanya mengubah daya sesuai beban AC yang menyala; kelebihan daya tidak hilang ke inverter.
- **D.** ✗ Arus tidak dikembalikan ke generator untuk mengerem dalam sistem ini.
- **E.** ✓ Resistor (R) adalah beban pembuang yang menjaga turbin tetap terbebani.

Jawaban: E.

No. 25 Kunci: D

Konsep: Pada PLTS on-grid dengan meter ekspor-impor: pemakaian rumah = impor + (produksi PLTS − ekspor). Angka meter adalah angka kumulatif, sehingga yang dipakai adalah selisih akhir − awal.

Langkah:

1. Impor = 1.400 − 1.250 = 150 kWh.
2. Ekspor = 420 − 300 = 120 kWh.
3. PLTS dipakai sendiri = 600 − 120 = 480 kWh.
4. Total = 150 + 480 = 630 kWh.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Hanya impor yang dihitung; energi PLTS yang dipakai sendiri terlewat.
- **B.** ✗ Impor ditambah ekspor; ekspor justru tidak dipakai rumah.
- **C.** ✗ Jebakan: hanya energi PLTS yang dipakai sendiri; impor dari PLN terlewat.
- **D.** ✓ 150 + (600 − 120) = 630 kWh.
- **E.** ✗ Jebakan: impor ditambah seluruh produksi tanpa dikurangi ekspor.

Jawaban: D.

Simulasi 3 — Prediksi TKA 2026

No. 1 Kunci: A, B, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Perkembangan teknologi turbin angin: turbin sumbu vertikal tidak memerlukan pengarah, generatornya dapat di bawah, tetapi efisiensinya umumnya lebih rendah daripada turbin sumbu horizontal; keduanya memiliki kecepatan angin awal dan memerlukan data angin setempat.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✓ Tidak memerlukan ekor atau sistem yaw.
- **Pernyataan 2** ✓ Poros vertikal memungkinkan generator di bagian bawah.
- **Pernyataan 3** ✗ Jebakan: turbin sumbu horizontal umumnya lebih efisien; keunggulan sumbu vertikal ada pada kemudahan, bukan daya.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

• **Pernyataan 4** ✗ Setiap turbin memiliki kecepatan angin awal (cut-in).
• **Pernyataan 5** ✓ Data angin setempat tetap diperlukan untuk semua jenis turbin.

Jawaban: pernyataan 1, 2, 5.

No. 2 Kunci: B, C, D

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Peralatan gambar: pensil mekanik dengan berbagai ketebalan, jangka tusuk/pembagi, penggaris T dan segitiga, mistar skala (sisi skala harus sesuai skala gambar), sapu gambar.

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: angka pada skala 1:100 harus dibagi dua bila dipakai untuk 1:50; pakai sisi 1:50.
• **Pernyataan 2** ✓ Ketebalan isi pensil sesuai jenis garis.
• **Pernyataan 3** ✓ Pembagi memindahkan ukuran dengan cepat dan tepat.
• **Pernyataan 4** ✓ Segitiga di atas penggaris T menghasilkan sudut tetap.
• **Pernyataan 5** ✗ Jebakan: penghapus keras tanpa pelindung merusak permukaan kertas dan garis di sekitarnya; gunakan pelindung penghapus.

Jawaban: pernyataan 2, 3, 4.

No. 3 Kunci: A

Konsep: Pemilihan turbin angin memakai kurva/tabel daya pada kecepatan angin yang sering terjadi di lokasi, bukan daya pengenal saja. Turbin dengan cut-in rendah dan daya besar pada angin lokasi menghasilkan energi lebih banyak.

Langkah:
1. Angin lokasi: 4–6 m/s.
2. Pada 4, 5, 6 m/s turbin A selalu lebih besar daripada turbin B (25/50/90 vs 0/40/80 W).
3. Pilih turbin A.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✓ Pada angin yang sering terjadi, turbin A menghasilkan lebih banyak.
• **B.** ✗ Jebakan: 600 W hanya tercapai pada 12 m/s yang jarang terjadi di lokasi.
• **C.** ✗ Cut-in yang lebih besar justru membuat turbin baru berputar pada angin lebih kencang.
• **D.** ✗ Jebakan: keputusannya benar, tetapi alasannya bukan kecepatan angin pada daya pengenal; dasar keputusan adalah daya pada angin lokasi.
• **E.** ✗ Pada 4 m/s turbin B baru mencapai cut-in dengan daya 0 W.

Jawaban: A.

No. 4 Kunci: C

Konsep: Pada turbin crossflow, air keluar dari runner dan jatuh bebas ke saluran pembuang. Bila saluran pembuang tersumbat, muka air naik dan merendam runner sehingga putaran terhambat dan daya turun.

Langkah:
1. Pasokan air normal (bak penuh, saringan bersih).
2. Air buangan menggenang menyentuh runner → runner terhambat.
3. Tindakan: bersihkan saluran pembuang.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Jebakan: air yang lebih banyak justru menambah genangan bila saluran pembuang tersumbat.
• **B.** ✗ ELC mengatur beban, bukan menghilangkan hambatan air pada runner.
• **C.** ✓ Air buangan kembali mengalir bebas sehingga runner tidak terendam.
• **D.** ✗ Jebakan: banjir memang dapat merusak generator, tetapi kasus menunjukkan penyebab pada

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

genangan di bawah runner.

• **E.** ✗ Pasokan air sudah penuh; masalahnya di sisi buangan.

Jawaban: C.

No. 5 Kunci: 1B 2B 3S

Konsep: Aktivitas produksi energi terbarukan mengubah sumber energi terbarukan (biomassa, surya, air, angin) menjadi energi yang berguna. Pemakaian air sebagai pendingin bukan pembangkitan listrik tenaga air.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1 → Benar.** Ampas tebu adalah bahan organik (biomassa).

• **Pernyataan 2 → Benar.** Cahaya matahari diubah menjadi listrik.

• **Pernyataan 3 → Salah.** Jebakan: air dipakai sebagai pendingin; tidak ada energi gerak air yang diubah menjadi listrik.

Jawaban: Benar, Benar, Salah.

No. 6 Kunci: A

Konsep: Isu teknis PLTS: keluaran berubah cepat mengikuti awan (intermiten). Penyimpanan energi (baterai dengan inverter yang memadai) meredam fluktuasi sehingga tegangan stabil dan genset tidak sering menyala-mati.

Langkah:

1. Masalah: daya turun cepat saat awan lewat.
2. Genset tidak cukup cepat mengikuti → menyala-mati.
3. Solusi: penyimpanan yang dapat segera menutup kekurangan.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✓ Baterai dapat menutup penurunan daya dalam hitungan detik.

• **B.** ✗ Jebakan: modul tambahan juga ikut turun saat awan lewat; fluktuasinya tetap ada.

• **C.** ✗ Jebakan: modul yang lebih efisien tetap kehilangan sebagian besar dayanya saat cahaya terhalang awan.

• **D.** ✗ Lampu LED tetap padam-redup bila tegangan jaringan turun; penyebabnya tidak tersentuh.

• **E.** ✗ Masalah hilang, tetapi energi PLTS terbuang dan pemakaian solar bertambah.

Jawaban: A.

No. 7 Kunci: D

Konsep: Pemadatan biomassa (pelet, briket) memperkecil volume dan menyeragamkan ukuran sehingga mudah disimpan, diangkut, dan diumpankan ke tungku; energi per volume naik, tetapi nilai kalor per kilogram tidak berlipat.

Langkah:

1. Masalah: volume besar, beterbangan, macet di pengumpan.
2. Pelet: padat dan seragam.
3. Manfaat: mudah disimpan dan diumpankan.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: energi per volume naik, tetapi energi per kilogram hampir sama.

• **B.** ✗ Bahan tetap perlu kering agar pelet baik dan mudah terbakar.

• **C.** ✗ Abu tetap ada karena berasal dari mineral dalam sekam.

• **D.** ✓ Volume kecil dan ukuran seragam menyelesaikan masalah gudang dan pengumpan.

• **E.** ✗ Pelet adalah bahan bakar padat untuk tungku, bukan pengganti bahan bakar cair mesin.

Jawaban: D.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

No. 8 Kunci: E

Konsep: Standar gambar teknik: setiap perubahan dicatat pada kolom revisi etiket (nomor revisi, tanggal, uraian, pemeriksa) sehingga versi terbaru dapat dikenali pada lembar cetak.

Langkah:

1. Masalah: lembar lama dan baru tidak dapat dibedakan.
2. Standar: kolom revisi pada etiket.
3. Isi nomor revisi, tanggal, dan uraian perubahan.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: menandai lembar terbaru, tetapi bukan cara standar dan tidak menjelaskan apa yang berubah; stempel yang sama dapat terpasang di lembar lama.
- **B.** ✗ Tanda tangan tidak menunjukkan urutan versi.
- **C.** ✗ Jebakan: lembar lama masih beredar dan isinya tetap tidak dapat dibedakan dari yang baru.
- **D.** ✗ Jebakan: membantu di komputer, tetapi lembar cetak di lapangan tetap tidak dapat dibedakan.
- **E.** ✓ Kolom revisi membuat versi terbaru dan perubahannya jelas pada lembar gambar.

Jawaban: E.

No. 9 Kunci: D

Konsep: PLTS off-grid: modul mengubah cahaya menjadi listrik DC (efek fotovoltaik); baterai menyimpan sebagai energi kimia dan melepaskannya kembali sebagai listrik DC; inverter mengubah DC menjadi AC; lampu mengubah listrik menjadi cahaya.

Langkah:

1. Modul: cahaya → listrik DC.
2. Baterai: listrik DC → energi kimia (siang) → listrik DC (malam).
3. Inverter: DC → AC; lampu: listrik → cahaya.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: modul fotovoltaik mengubah cahaya langsung menjadi listrik, tidak melalui panas.
- **B.** ✗ Modul menghasilkan DC, bukan AC.
- **C.** ✗ Jebakan: baterai menyimpan dan melepas listrik DC, sehingga inverter bekerja setelah baterai, bukan sebelumnya.
- **D.** ✓ Cahaya → DC → kimia → DC → AC → cahaya.
- **E.** ✗ Urutan inverter terbalik: baterai melepas listrik DC yang diubah inverter menjadi AC, bukan AC menjadi DC lagi.

Jawaban: D.

No. 10 Kunci: E

Konsep: Peluang usaha bidang energi terbarukan dan konservasi muncul dari kebutuhan pelanggan. Jasa pengukuran pemakaian energi dan rekomendasi penghematan (termasuk kelayakan PLTS) sesuai kompetensi lulusan dan bermodal kecil.

Langkah:

1. Kebutuhan: mengetahui mesin boros dan kelayakan PLTS.
2. Kompetensi Ardi: pengukuran dan perhitungan energi; modal kecil.
3. Usaha yang sesuai: jasa pengukuran dan saran penghematan.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: berhubungan dengan hemat listrik, tetapi belum diketahui mesin mana yang boros dan memerlukan modal besar.
- **B.** ✗ Genset tidak menurunkan tagihan dan bukan energi terbarukan.
- **C.** ✗ Jebakan: PLTS memang dapat menekan tagihan, tetapi kelayakannya belum diketahui dan modal Ardi kecil; pengukuran dilakukan lebih dahulu.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

- **D.** ✗ Servis mesin tidak menjawab pertanyaan pemakaian energi dan kelayakan PLTS.
- **E.** ✓ Menjawab kebutuhan UMKM dengan kompetensi dan modal yang dimiliki.

Jawaban: E.

No. 11 Kunci: B, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Komponen proteksi PLTS: SPD (pelindung surja) mengalirkan tegangan lebih ke pembumian; pembumian rangka melindungi orang; sekring melindungi dari arus lebih; sakelar isolator memisahkan rangkaian untuk perawatan. SPD tidak berfungsi tanpa pembumian yang baik.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: SPD bekerja dengan mengalirkan tegangan lebih ke pembumian; tanpa pembumian SPD tidak berfungsi.
- **Pernyataan 2** ✓ Itulah fungsi pelindung surja.
- **Pernyataan 3** ✓ Pembumian rangka melindungi orang dari sentuhan tidak langsung.
- **Pernyataan 4** ✗ Sekring melindungi kabel dan modul dari arus lebih, bukan dari tegangan lebih petir.
- **Pernyataan 5** ✓ Isolator DC memisahkan sisi DC dengan aman.

Jawaban: pernyataan 2, 3, 5.

No. 12 Kunci: A

Konsep: Budaya kerja industri: dokumentasi harus sesuai keadaan sebenarnya (gambar terpasang/as-built) agar perawatan dan perbaikan berikutnya aman, terutama bila jalur kabel dekat instalasi lain.

Langkah:

1. Jalur kabel berubah karena ada saluran gas.
2. Gambar harus menunjukkan jalur sebenarnya.
3. Perbarui gambar dan jelaskan perubahan.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ Dokumen sesuai keadaan nyata dan perubahan dikomunikasikan.
- **B.** ✗ Gambar yang tidak sesuai dapat menyesatkan teknisi berikutnya.
- **C.** ✗ Jebakan: komunikasi lisan baik, tetapi tidak tercatat dan mudah hilang.
- **D.** ✗ Jebakan: perubahan tercatat, tetapi coretan tidak rapi dan tidak resmi sebagai gambar kerja.
- **E.** ✗ Jalur rencana justru tidak aman karena ada saluran gas.

Jawaban: A.

No. 13 Kunci: 1B 2S 3B

Konsep: K3 perawatan PLTB: hentikan dan kunci rotor (lock out), periksa prakiraan cuaca dan hentikan kerja saat angin kencang atau petir, pakai harness dengan dua tali tambat, dan bawa alat dalam tas terikat.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1 → Benar.** Rem saja dapat terlepas; kunci mekanis mencegah rotor berputar.
- **Pernyataan 2 → Salah.** Jebakan: angin kencang menambah bahaya bagi orang di atas menara walaupun rotor terkunci; pekerjaan dihentikan dan dilanjutkan saat angin tenang.
- **Pernyataan 3 → Benar.** Dua tali tambat menjaga teknisi tetap terkait setiap saat.

Jawaban: Benar, Salah, Benar.

No. 14 Kunci: C

Konsep: $P = \rho \times g \times Q \times H \times \eta$, dengan Q tidak melebihi debit rancangan turbin. Air di atas debit rancangan melimpas dan tidak menambah daya.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Langkah:

1. Debit yang dipakai turbin = 60 L/s = 0,06 m^3/s (bukan 100 L/s).
2. P = 1.000 × 10 × 0,06 × 15 × 0,6 = 5.400 W = 5,4 kW.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Efisiensi dikalikan dua kali (5,4 × 0,6).
- **B.** ✗ Jebakan: memakai debit kemarau 40 L/s.
- **C.** ✓ 0,06 m^3/s × 15 m × 1.000 × 10 × 0,6 = 5,4 kW.
- **D.** ✗ Jebakan: memakai debit sungai 100 L/s, padahal turbin hanya mampu 60 L/s.
- **E.** ✗ Debit 100 L/s dipakai dan efisiensi diabaikan.

Jawaban: C.

No. 15 Kunci: B

Konsep: Jarak antarbaris = panjang bayangan = 2 × tinggi. Ukuran di gambar = ukuran sebenarnya ÷ angka skala.

Langkah:

1. Panjang bayangan = 2 × 0,6 m = 1,2 m = 1.200 mm.
2. Di gambar: 1.200 ÷ 50 = 24 mm.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Faktor 2 tidak dipakai (600 ÷ 50 = 12 mm).
- **B.** ✓ 1.200 mm ÷ 50 = 24 mm.
- **C.** ✗ Jebakan: tinggi dikali 2,5 (1.500 ÷ 50).
- **D.** ✗ Jebakan: skala dipakai 1:20, bukan 1:50 (1.200 ÷ 20).
- **E.** ✗ Skala dipakai 1:10 (1.200 ÷ 10).

Jawaban: B.

No. 16 Kunci: B

Konsep: Konservasi energi dengan peredupan: energi = Σ (daya × jam) setiap periode. Penghematan = energi tanpa peredupan − energi dengan peredupan.

Langkah:

1. Tanpa peredupan: 40 × 12 = 480 Wh.
2. Dengan peredupan: 40 × 5 + 12 × 6 + 40 × 1 = 200 + 72 + 40 = 312 Wh.
3. Hemat: 480 − 312 = 168 Wh.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: redup dianggap setengah daya (6 × 20 W).
- **B.** ✓ 480 − 312 = 168 Wh.
- **C.** ✗ Energi periode 18.00–23.00 (40 × 5) dianggap sebagai penghematan.
- **D.** ✗ Jebakan: 312 Wh adalah energi dengan peredupan, bukan penghematan.
- **E.** ✗ 480 Wh adalah seluruh energi tanpa peredupan.

Jawaban: B.

No. 17 Kunci: 1S 2B 3B

Konsep: Energi harian PLTS = kWp × jam matahari puncak × efisiensi. Jam matahari puncak berbeda menurut musim; perancangan untuk kebutuhan sepanjang tahun memakai kondisi terburuk.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1 → Salah.** Jebakan: 2.000 × 3,5 × 0,8 = 5.600 Wh, kurang 800 Wh dari beban.
- **Pernyataan 2 → Benar.** 2.000 × 5 × 0,8 = 8.000 Wh ≥ 6.400 Wh.
- **Pernyataan 3 → Benar.** Kondisi terburuk (musim hujan) dipakai sebagai dasar agar kebutuhan selalu terpenuhi.

Jawaban: Salah, Benar, Benar.

No. 18 Kunci: E

Konsep: Pengukuran kadar air biomassa dilakukan di beberapa titik dan kedalaman agar mewakili seluruh bahan. Bagian dalam yang basah menurunkan mutu gas; bahan dikeringkan merata sampai memenuhi syarat.

Langkah:

1. Permukaan ±14% (memenuhi), bagian dalam ±32% (tidak memenuhi).
2. Tumpukan belum kering merata.
3. Balik, jemur ulang, ukur lagi di beberapa kedalaman.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: permukaan tidak mewakili bagian dalam yang masih basah.
- **B.** ✗ Rata-rata semua titik (±23%) pun masih di atas 20%.
- **C.** ✗ Perbedaan wajar karena bagian dalam tumpukan memang lebih lambat kering.
- **D.** ✗ Jebakan: campuran tetap memasukkan serpih basah ke gasifier; mutu gas tidak merata.
- **E.** ✓ Mengeringkan merata lalu memastikan dengan pengukuran yang mewakili.

Jawaban: E.

No. 19 Kunci: A, C, D

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Perhitungan dasar biogas ke listrik: energi = volume gas × energi listrik per m^3; lama operasi = energi ÷ daya genset. Daya genset yang lebih besar tidak menambah energi bila bahan bakarnya tetap.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✓ 10 × 1,5 = 15 kWh.
- **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: 15 kWh ÷ 3 kW = 5 jam; angka 10 diambil dari volume gas.
- **Pernyataan 3** ✓ 15 ÷ 3 = 5 jam.
- **Pernyataan 4** ✓ (10 − 2) × 1,5 = 12 kWh.
- **Pernyataan 5** ✗ Energi dibatasi oleh volume gas; genset lebih besar hanya menyala lebih singkat.

Jawaban: pernyataan 1, 3, 4.

No. 20 Kunci: C

Konsep: P sebanding dengan v^3 ($P = ½ \rho A v^3 Cp$). $P_2 = P_1 \times (v_2/v_1)^3$. Tinggi menara memengaruhi daya melalui kecepatan angin, bukan secara langsung.

Langkah:

1. $v_2/v_1 = 5/4 = 1{,}25$.
2. $1{,}25^3 \approx 1{,}95$.
3. $P_2 = 60 \times 1{,}95 \approx 117$ W.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Daya dianggap sebanding lurus dengan kecepatan (60 × 1,25).
- **B.** ✗ Jebakan: daya dianggap sebanding dengan kuadrat kecepatan (60 × 1,56).
- **C.** ✓ $60 \times (5/4)^3 \approx 117$ W.
- **D.** ✗ Jebakan: daya dianggap sebanding dengan tinggi menara (60 × 2).
- **E.** ✗ Tinggi menara dianggap dikuadratkan (60 × 4).

Jawaban: C.

No. 21 Kunci: D

Konsep: kWh meter menjumlahkan energi (daya × waktu) secara terus-menerus, sehingga cocok untuk beban yang menyala-mati dan dayanya berubah. Wattmeter dan tang ampere hanya menunjukkan nilai sesaat.

Langkah:

1. Yang dicari: energi harian (kWh).
2. Beban menyala-mati dan dayanya berubah → perlu pencatatan terus-menerus.
3. Pilih kWh meter.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: wattmeter menunjukkan daya sesaat; sekali baca tidak mewakili seharian.
- **B.** ✗ Arus sesaat belum menjadi energi dan sulit dicatat setiap kali pompa menyala.
- **C.** ✗ Tegangan saja tidak menunjukkan energi.
- **D.** ✓ kWh meter menjumlahkan energi selama pompa bekerja.
- **E.** ✗ Jebakan: lama menyala perlu dikalikan daya yang berubah-ubah sehingga hasilnya tidak teliti.

Jawaban: D.

No. 22 Kunci: B, D, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Membaca gambar penampang PLTMH: elevasi ditandai segitiga muka air dan angka (m di atas acuan). Tinggi jatuh kotor = elevasi muka air bak penenang − elevasi sumbu turbin (untuk turbin crossflow/impuls). Panjang pipa miring bukan tinggi jatuh.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: panjang pipa miring tidak sama dengan beda tinggi; tinggi jatuh dibaca dari selisih elevasi.
- **Pernyataan 2** ✓ 312,0 − 284,0 = 28 m.
- **Pernyataan 3** ✗ 282,5 m lebih rendah dari 284,0 m; air buangan berada di bawah turbin.
- **Pernyataan 4** ✓ Simbol katup berada di ujung bawah pipa, sebelum rumah pembangkit.
- **Pernyataan 5** ✓ 310,0 − 284,0 = 26 m.

Jawaban: pernyataan 2, 4, 5.

No. 23 Kunci: A, C

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Pengukuran tinggi jatuh: sipat datar (selang air, waterpass, theodolit) atau manometer pada pipa yang airnya diam. Panjang pipa miring dan GPS ponsel tidak memberi beda tinggi yang teliti.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✓ Permukaan air di kedua ujung selang selalu sama tinggi sehingga beda tinggi dapat diukur bertahap.
- **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: GPS ponsel memberi perkiraan ketinggian dengan kesalahan beberapa meter.
- **Pernyataan 3** ✓ Saat air diam, tekanan statis di ujung bawah sebanding dengan beda tinggi (±1 bar

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

per 10 m).

• **Pernyataan 4** ✗ Jebakan: hasilnya panjang pipa miring, bukan beda tinggi.

• **Pernyataan 5** ✗ Tachometer mengukur putaran, bukan tinggi.

Jawaban: pernyataan 1, 3.

No. 24 Kunci: B

Konsep: Analisis kecukupan cadangan: energi baterai terpakai = V × Ah × DoD; jumlah malam = energi terpakai ÷ energi beban per malam (dibulatkan ke bawah).

Langkah:

1. Energi baterai = 48 × 200 × 0,8 = 7.680 Wh.
2. Beban per malam = 2.000 + 750 + 250 = 3.000 Wh.
3. 7.680 ÷ 3.000 = 2,56 → 2 malam penuh.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: daya total 900 W dikalikan jumlah jam 9 jam sehingga beban dianggap 8.100 Wh, melebihi isi baterai.

• **B.** ✓ 2,56 dibulatkan ke bawah menjadi 2 malam penuh.

• **C.** ✗ Jebakan: 2,56 dibulatkan ke atas, padahal malam ketiga tidak terlayani penuh.

• **D.** ✗ Jebakan: hanya beban lampu yang dihitung (7.680 ÷ 2.000 = 3,84) lalu dibulatkan ke atas.

• **E.** ✗ DoD diabaikan dan hanya lampu yang dihitung (9.600 ÷ 2.000 = 4,8) lalu dibulatkan ke atas.

Jawaban: B.

No. 25 Kunci: A, C, E

Angka pilihan di pembahasan: 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E.

Konsep: Prosedur multimeter untuk tegangan DC: probe hitam di COM, probe merah di jack V, sakelar pada V⎓ dengan rentang di atas tegangan yang diperkirakan. Menempelkan probe di jack 10A ke sumber tegangan menimbulkan hubung singkat.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1** ✓ Pada gambar probe merah berada di jack 10A, yang dipakai untuk arus.

• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: probe belum ditempel ke modul, sehingga belum ada yang terukur.

• **Pernyataan 3** ✓ Tegangan modul adalah tegangan searah (DC).

• **Pernyataan 4** ✗ Jebakan: walaupun sistemnya memakai inverter, tegangan pada terminal modul tetap DC.

• **Pernyataan 5** ✓ Probe hitam selalu di jack COM.

Jawaban: pernyataan 1, 3, 5.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Penutup

Kamu sudah sampai di akhir buku ini. Itu sendiri adalah bukti bahwa kamu mampu menepati janji belajarmu.

Lima strategi yang paling penting untuk TKA Teknik Energi Terbarukan:

1. **Baca kasusnya dengan pensil.** Garis bawahi syarat, angka, satuan, dan keadaan lapangan seperti "tanpa baterai", "listrik PLN padam", "tinggi jatuh efektif", "dua string paralel", atau "probe merah di jack 10 A". Satu keadaan yang terlewat sering menjadi pembeda jawaban.
2. **Telusuri gejala sampai sebabnya.** Daya turun, baterai kosong, atau api biogas tersendat selalu punya sebab yang cocok dengan semua gejala. Pilih tindakan yang aman bagi teknisi, sesuai prosedur, dan menyelesaikan sebabnya, bukan hanya gejalanya.
3. **Hitung sendiri sebelum melihat pilihan, dan periksa satuannya.** Angka pengecoh sengaja dibuat dari kesalahan yang paling sering: diameter dipakai sebagai jari-jari, efisiensi ditambahkan alih-alih dibagi, liter per detik dipakai sebagai meter kubik per detik, MJ ditulis sebagai kWh, atau tegangan sistem tertukar.
4. **Ikuti alur dan baca gambarnya.** Pada diagram satu garis dan denah atap, telusuri aliran dari sumber ke beban, baca legenda dan skalanya, lalu cocokkan dengan pertanyaan. Pada urutan kerja, tentukan langkah yang harus mendahului langkah lain, terutama isolasi listrik sebelum menyentuh kabel.
5. **Pada soal pilih lebih dari satu dan Benar/Salah, nilai setiap pernyataan sendiri.** Jangan menebak jumlah jawaban yang benar.

Sepekan sebelum ujian:

- Kerjakan satu Simulasi TKA pada jam yang sama dengan jadwal ujianmu, lengkap dengan waktunya.
- Ulangi soal yang pernah kamu jawab salah, lalu baca lagi "Strategi dan jebakan" di sub babnya.
- Tulis ulang tanpa melihat buku: alur energi tiap pembangkit, urutan isolasi sebelum bekerja pada listrik, rumus daya hidro dan daya angin beserta artinya, dan langkah menghitung modul dan baterai PLTS.
- Jangan memaksakan materi baru pada malam terakhir. Siapkan kalkulator, pensil, dan perlengkapan ujian sehari sebelumnya, dan beristirahatlah dengan cukup.

Teruslah belajar lewat LMS Next Level Study; pindai kode QR di setiap bab.

Teknisi yang baik memutus sumber listrik sebelum bekerja, mengukur dengan alat yang tepat, dan mencatat dengan jujur walaupun tidak ada yang melihat. Bawalah kebiasaan itu ke mana pun kamu melangkah. Ilmu yang kamu kumpulkan hari ini adalah bekal yang kelak kamu persembahkan untuk keluarga, untuk desa dan kota yang terang oleh tanganmu, dan untuk

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

negeri ini. Bekerjalah dengan sungguh-sungguh dan jujur, sepenuh hati dan segenap tenaga. Apa pun hasil ujianmu nanti, kesungguhan yang kamu bangun selama belajar akan tetap menjadi milikmu.

Selamat berjuang.

Handaka Lumu

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Lampiran

Lampiran 1 · Glosarium

Istilah disusun menurut abjad. Kolom terakhir menunjukkan sub bab tempat istilah dijelaskan.

Istilah	Arti	Sub bab
5R	ringkas, rapi, resik, rawat, rajin: cara menata dan menjaga tempat kerja	2.6
Akar penyebab	sebab paling dasar sebuah kejadian, dicari dengan bertanya mengapa berulang	2.6
Aki timbal-asam	baterai berisi timbal dan asam sulfat; bekasnya termasuk limbah B3	1.3
Aktivitas produksi energi	semua kegiatan untuk mengubah sumber energi terbarukan menjadi energi yang siap dipakai dan menjaganya tetap bisa dipakai	1.1
Alat uji	alat yang memeriksa kondisi atau kelaikan sesuatu dan hasilnya dibandingkan dengan syarat	5.1
Alat ukur	alat yang menunjukkan nilai suatu besaran, misalnya tegangan, iradiasi, atau kecepatan angin	5.1
Albedo	perbandingan cahaya yang dipantulkan terhadap yang diterima suatu permukaan	1.4
Anemometer	alat yang mengukur kecepatan angin dalam m/s, umumnya berupa mangkuk yang berputar	5.1
Anti-islanding	fitur inverter on-grid yang berhenti mengalirkan daya saat jaringan padam demi keselamatan petugas	2.2
APD	alat pelindung diri, garis pertahanan terakhir terhadap bahaya	2.5
Arus bolak-balik (AC)	arus listrik yang arahnya berganti secara berkala, seperti listrik PLN	2.2
Arus searah (DC)	arus listrik yang mengalir ke satu arah, seperti dari modul surya dan baterai	2.2
Asidogenesis	tahap pembentukan asam lemak, alkohol, hidrogen, dan karbon dioksida	2.4
Asisten estimator	pekerja yang menghitung kebutuhan bahan dan volume pekerjaan dari gambar	1.5
Audit energi	kegiatan mendaftar beban, menghitung Wh harian, dan mengurutkannya untuk mencari peluang hemat	4.1
Bahaya	sesuatu yang berpotensi menimbulkan cedera, sakit, kerusakan, atau pencemaran	2.5
Bak penenang	bak di ujung saluran yang menenangkan air sebelum masuk pipa pesat	3.4

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Bak penenang (forebay)	bak yang menenangkan aliran dan menampung air sebelum masuk pipa pesat	1.1
Bak pengendap	bak yang memperlambat air agar pasir dan lumpur mengendap sebelum masuk saluran	2.1
Bak pengimbang	bak yang menampung cairan terdorong gas dan mengembalikannya saat gas dipakai	2.4
Ballast (beban penyeimbang)	beban, biasanya pemanas, yang menyerap daya yang tidak dipakai warga	2.1
Batas aman	jarak kosong di sepanjang tepi atap yang tidak boleh dipasangi modul	3.3
Batas Betz	batas teoretis koefisien daya sebesar 16/27, sekitar 0,593	4.4
Baterai $LiFePO_4$	baterai lithium besi fosfat yang berumur siklus panjang dan relatif ringan	1.4
Bayangan kedip (shadow flicker)	bayangan bilah turbin yang lewat berulang pada dinding atau jendela saat matahari rendah	1.3
Beban	peralatan yang memakai listrik, seperti lampu, kipas, pompa, dan lemari pendingin	1.1
Beban pembuang (dump load)	beban, biasanya pemanas, yang menyerap daya turbin saat baterai penuh agar rotor tidak tanpa beban	2.3
Beban siaga	daya kecil yang tetap ditarik alat yang tampak mati tetapi masih tersambung	4.1
Beban tambahan	alat baru yang ditambahkan sehingga energi beban harian bertambah	4.6
Bendung ukur	sekat sementara bertakik segitiga atau persegi panjang untuk membaca debit dari tinggi muka air	5.2
Berat jenis elektrolit	kepekatan cairan asam di dalam baterai, tinggi saat baterai penuh dan turun saat kosong	5.3
Besaran	sesuatu yang dapat diukur, seperti tegangan, arus, hambatan, suhu, dan tekanan	5.1
Bidang gambar	bagian lembar di dalam bingkai tempat gambar, ukuran, dan catatan dibuat	3.3
Bidang pasang	bagian atap yang tersisa untuk modul, sama dengan ukuran atap dikurangi dua kali batas aman	3.3
Bilah (blade)	bagian turbin berbentuk sayap yang menangkap energi angin	2.3
Bingkai	garis tebal pembatas bidang gambar; jaraknya dari tepi kertas 20 mm di kiri dan 10 mm di sisi lain	3.2
Biogas	gas bahan bakar, sebagian besar metana, hasil fermentasi bahan organik tanpa udara	1.2
Biomassa	bahan organik dari makhluk hidup yang dapat dipakai sebagai sumber energi	1.2

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

BMS	rangkaian yang memantau tegangan dan suhu sel baterai lithium serta memutus bila berbahaya	1.4
BNSP	badan nasional sertifikasi profesi yang memberi izin kepada LSP	1.5
Body harness	sabuk pengaman seluruh badan untuk mencegah jatuh dari ketinggian	2.5
Boiler	tungku pemanas air menjadi uap bertekanan pada pembakaran langsung	2.4
Briefing awal kerja (toolbox meeting)	pertemuan singkat tim sebelum bekerja untuk membagi tugas dan menyebut bahaya	2.6
Budaya kerja	kebiasaan dan nilai bersama yang diterapkan semua orang di tempat kerja	2.6
Bunyi mekanis	bunyi dari bagian turbin yang berputar, misalnya bearing aus atau baut kendur	1.3
Busur api	loncatan listrik yang timbul saat arus searah diputus di bawah beban	5.4
Busur api (arc)	percikan listrik berpanas tinggi saat arus diputus, lebih sulit padam pada DC	2.5
Busur derajat	alat setengah lingkaran bertanda 0°–180° untuk mengukur dan menggambar sudut	3.1
CAD	gambar dengan bantuan komputer (*computer-aided design*) sebagai pengganti alat gambar manual	3.1
Cadangan kabel	tambahan panjang dalam persen dari panjang total untuk lengkungan, sambungan, dan pemotongan	3.3
Campuran bahan	pemakaian dua jenis bahan bakar sekaligus sesuai prioritas yang ditetapkan	4.5
Catatan operasi (logbook)	catatan harian operator tentang jam, hasil ukur, kejadian, dan tindakan	1.1
COM	jack bersama (hitam) multimeter yang selalu dipakai untuk probe hitam	5.4
Daftar periksa	daftar langkah atau butir yang ditandai satu per satu saat memeriksa pekerjaan	2.6
Data logger	pencatat data yang merekam hasil sensor secara otomatis dari waktu ke waktu	5.1
Daya	seberapa cepat energi dipakai atau dihasilkan pada saat tertentu, satuannya watt (W)	4.1
Daya air	daya yang tersedia pada air yang jatuh, sama dengan massa jenis × gravitasi × debit × tinggi jatuh	4.2
Daya angin	daya pada angin yang melewati rotor, sama dengan setengah massa jenis × luas sapuan × kecepatan pangkat tiga	4.4
Daya beban bersamaan	jumlah daya beban yang menyala pada waktu yang sama	4.6
Daya listrik hidro	daya air dikalikan efisiensi total turbin dan generator	4.2

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Daya puncak	daya beban terbesar yang terjadi pada suatu saat dalam sehari	4.6
Daya sebanding pangkat tiga	sifat daya angin: kecepatan dua kali menghasilkan daya delapan kali	4.4
Debit	banyaknya air yang mengalir tiap detik, satuan m^3/detik atau liter/detik	2.1
Defisit energi	kekurangan energi, yaitu energi beban dikurangi energi produksi bila beban lebih besar	4.6
Denah atap	gambar atap dilihat dari atas untuk menentukan letak modul dan jalur kabel	3.3
Diagram satu garis	gambar hubungan listrik antar-komponen dengan satu garis untuk setiap jalur daya	3.4
Diameter rotor	panjang dari ujung bilah ke ujung bilah di seberangnya; jari-jari adalah setengahnya	4.4
Digester	tangki tertutup tanpa udara tempat bakteri menguraikan bahan organik menjadi biogas	1.1
Digester kubah tetap	digester tertanam dengan kubah permanen sebagai ruang gas dan bak pengimbang	2.4
Dioda bypass	dioda yang melewatkan arus di sekitar kelompok sel yang tertutup bayangan	2.2
DoD (kedalaman pengosongan)	persentase kapasitas baterai yang boleh dipakai dalam satu siklus	1.4
Efisiensi	perbandingan keluaran berguna terhadap masukan; masukan sama dengan keluaran dibagi efisiensi	4.1
Efisiensi sistem	efisiensi total PLTS (kabel, pengendali, baterai, suhu, debu) yang dikalikan pada produksi	4.3
Efisiensi total	efisiensi seluruh tahap berurutan, didapat dengan mengalikan efisiensi tiap tahap	4.1
Ekor (tail vane)	sirip di belakang kepala turbin yang membuat rotor menghadap angin	2.3
ELC	pengendali beban elektronik yang mengalihkan kelebihan daya ke ballast agar beban generator tetap	2.1
Elektrolit	cairan asam sulfat di dalam baterai timbal-asam	2.5
Elevasi (El.)	ketinggian suatu titik di atas permukaan acuan, misalnya permukaan laut	3.4
Energi	jumlah total yang dipakai atau dihasilkan dalam suatu lama waktu, satuannya watt-jam (Wh), kilowatt-jam (kWh), atau joule (J)	4.1
Energi kinetik	energi benda atau udara yang bergerak, sama dengan setengah massa dikali kecepatan kuadrat	4.4
Energi potensial	energi yang tersimpan pada benda karena ketinggiannya, sama dengan massa × gravitasi × tinggi	4.2

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Energi terbarukan	energi dari sumber yang terus diperbarui alam dalam waktu singkat menurut ukuran manusia	1.2
Etiket	kepala gambar di pojok kanan bawah berisi nama gambar, nomor, skala, satuan, tanggal, penggambar, dan simbol proyeksi	3.2
Faktor koreksi kecepatan	pengali (sekitar 0,85) yang mengubah kecepatan permukaan menjadi kecepatan rata-rata aliran	5.2
Fermentasi anaerob	penguraian bahan organik oleh bakteri tanpa udara	2.4
Frekuensi meter	alat yang menunjukkan frekuensi listrik dalam hertz	5.2
Furling	pengaman turbin kecil yang memalingkan rotor dari angin untuk membatasi putaran	2.3
Gambar kerja	gambar berukuran lengkap yang dipakai bengkel untuk membuat suatu bagian	3.3
Gambar potongan	gambar bangunan seolah-olah dipotong dan dilihat dari samping untuk menunjukkan ketinggian dan bagian dalam	3.4
Gambar teknik	gambar yang memakai aturan dan simbol baku untuk menyampaikan bentuk, ukuran, dan cara pembuatan suatu benda atau instalasi	3.1
Garis bantu	garis tipis dari tepi benda ke luar yang menunjukkan batas ukuran	3.2
Garis putus-putus	garis untuk tepi benda yang tersembunyi dari arah pandang	3.2
Garis tebal menerus	garis untuk tepi dan kontur benda yang terlihat	3.2
Garis tipis menerus	garis untuk garis ukur, garis bantu, dan arsiran	3.2
Garis titik-strip	garis tipis berselang strip panjang dan titik untuk garis sumbu dan garis pusat	3.2
Garis ukur	garis tipis berpanah di luar benda tempat angka ukuran ditulis	3.2
Gas produser	campuran gas yang dapat terbakar hasil gasifikasi	1.2
Gasifier downdraft	gasifier tempat bahan masuk dari atas, udara di tengah, dan gas keluar dari bawah	2.4
Gasifikasi	proses mengubah bahan padat kering seperti sekam menjadi gas yang dapat terbakar dalam reaktor bersuplai udara terbatas	1.1
Generator magnet permanen	generator yang medan magnetnya berasal dari magnet tetap sehingga tidak butuh arus penguat	2.3
Genset	mesin pembangkit listrik yang digerakkan mesin bakar, misalnya oleh gas hasil gasifikasi	4.5
Geser jam pakai	memindahkan waktu pemakaian beban tanpa mengubah energi totalnya	4.6
H_2S (hidrogen sulfida)	gas berbau busuk, beracun, dan korosif yang terbawa biogas mentah	1.3
Hari otonomi	jumlah hari baterai harus melayani beban tanpa tambahan dari modul	4.3
Hasil gas per kilogram	volume biogas yang dihasilkan tiap kilogram kotoran, satuan m^3/kg, diberikan sebagai asumsi	4.5

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Hibrida	sistem PLTS yang tersambung jaringan sekaligus memiliki baterai	2.2
Hidrogen sulfida (H_2S)	gas berbau telur busuk, beracun, dan membuat logam berkarat	2.4
Hidrolisis	tahap pertama fermentasi: zat besar dipecah menjadi zat larut yang kecil	2.4
Hidrometer baterai	alat yang mengukur berat jenis elektrolit baterai timbal-asam sel basah	5.3
Hierarki pengendalian	urutan pengendalian dari yang paling efektif: eliminasi, substitusi, rekayasa, administratif, APD	2.5
Hub	pusat rotor yang menyatukan bilah dan menyambungnya ke poros	2.3
Hubung singkat	hubungan langsung antara dua kutub sumber tanpa hambatan sehingga arus sangat besar	5.4
Intake	bangunan penyadap yang membelokkan sebagian air sungai ke saluran PLTMH	1.1
Intermiten	sifat sumber energi yang hilang-timbul sehingga daya pembangkit berubah-ubah	1.3
Inverter	perangkat yang mengubah listrik arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC)	1.1
Inverter hibrida	inverter yang menggabungkan pengubahan DC ke AC, pengaturan baterai, dan pengelolaan beberapa sumber	1.4
IoT	perangkat yang tersambung internet, dipakai untuk pemantauan jarak jauh	1.4
Iradiasi	daya cahaya matahari yang jatuh pada satu meter persegi permukaan, dalam W/m^2	5.3
Isc	arus hubung singkat: arus modul saat kutubnya dihubung singkat	2.2
Isolasi energi	memutuskan dan memisahkan peralatan dari semua sumber energinya	2.5
Isolator DC	sakelar pemutus sisi DC pada PLTS untuk perawatan	2.5
Izin kerja	izin tertulis sebelum pekerjaan berisiko tinggi dimulai	2.5
Jack	lubang pada multimeter tempat probe dipasang, misalnya COM, V Ω, dan 10 A	5.4
Jam matahari puncak (PSH)	lama penyinaran setara pada 1.000 W/m^2; angkanya sama dengan radiasi harian dalam kWh/m^2	4.3
Jangka	alat berkaki dua, satu berjarum dan satu berpensil, untuk membuat lingkaran dengan bukaan sebesar jari-jari	3.1
Joule (J)	satuan energi dalam sistem satuan internasional; 1 W sama dengan 1 J tiap detik	4.1
Juru gambar (drafter)	pekerja yang menyusun gambar kerja dengan alat gambar atau perangkat lunak CAD	1.5
K3LH	keselamatan dan kesehatan kerja serta lingkungan hidup	2.5

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Kadar air	bagian bahan yang berupa air; kadar air tinggi menurunkan nilai kalor	4.5
Kalibrasi	pembandingan alat dengan acuan yang lebih teliti agar penyimpangannya diketahui dan dikoreksi	5.1
Kamera termal	kamera yang menghasilkan gambar sebaran suhu permukaan	5.3
Kapasitas baterai (Ah)	muatan yang dapat disimpan baterai dalam ampere-jam; Ah sama dengan Wh dibagi tegangan dan DoD	4.3
Kapasitas inverter	daya terbesar yang boleh ditanggung inverter dalam watt	4.6
Kategori pengukuran (CAT)	tingkat CAT I sampai CAT IV yang menyatakan kedekatan titik ukur dengan sumber listrik dan besar energi gangguan	5.4
Kebutuhan bahan per kWh	massa bahan yang diperlukan gasifier untuk 1 kWh listrik; sama dengan 3,6 dibagi nilai kalor dan efisiensi	4.5
Kecepatan henti (cut-out)	kecepatan angin saat turbin dihentikan demi keselamatan	2.3
Kecepatan mulai	kecepatan angin terendah saat turbin mulai menghasilkan listrik	4.4
Kecepatan mulai (cut-in)	kecepatan angin terendah yang membuat turbin mulai menghasilkan listrik	1.2
Kecepatan nominal	kecepatan angin saat turbin mencapai daya nominalnya	2.3
Kedalaman pengosongan (DoD)	bagian kapasitas baterai yang boleh dipakai; kapasitas baterai dibagi DoD	4.3
Kertas kalkir	kertas tembus cahaya untuk gambar akhir yang akan digandakan	3.1
Kertas seri A	ukuran kertas standar ISO 216 yang berawal dari A0 (841 × 1189 mm) dan dibagi dua pada sisi panjang untuk seri berikutnya	3.2
Ketelitian	seberapa dekat hasil baca alat dengan nilai sebenarnya	5.1
Kilowatt-jam (kWh)	satuan energi sebesar 1.000 Wh, sama dengan 3,6 MJ	4.1
Koefisien daya (Cp)	bagian daya angin yang diubah turbin menjadi daya, angka antara 0 dan 1	4.4
Kolektor surya	alat yang menangkap sinar matahari untuk menghasilkan panas, misalnya air hangat	1.2
Kompetensi	gabungan pengetahuan, keterampilan, dan sikap untuk mengerjakan pekerjaan sesuai standar	1.5
Komponen pelengkap	bagian yang tidak mengubah energi tetapi menjaga sistem bekerja baik dan aman, misalnya saringan dan pembersih gas	1.1
Kondisi pengukuran yang sah	syarat sehingga angka dapat dibandingkan, misalnya sensor sejajar modul, tak ternaungi, dan stabil	5.4
Kondisi uji standar (STC)	kondisi uji modul: radiasi 1.000 W/m², suhu sel 25 °C, dan spektrum cahaya acuan AM 1,5	4.3
Konservasi energi	upaya sistematis, terencana, dan terpadu untuk melestarikan sumber daya energi dan meningkatkan efisiensi pemakaiannya	4.1
Konsumsi kompor	volume gas yang dipakai kompor tiap jam, satuan m³/jam	4.5

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Kontinuitas	keadaan sebuah kabel atau sambungan benar-benar menyambung sehingga arus dapat lewat	5.1
Konversi energi	perubahan energi dari satu bentuk ke bentuk lain	1.1
kWh meter	alat yang menjumlahkan energi listrik (daya dikali waktu) secara terus-menerus	5.1
kWh meter ekspor–impor	meter yang mencatat energi yang dikirim ke jaringan dan yang diambil dari jaringan	3.4
Larik (array)	beberapa modul surya yang disambung seri dan atau paralel	2.2
Larutan bufer	larutan dengan pH yang diketahui, dipakai untuk mengkalibrasi pH meter	5.3
Legenda	daftar kode dan arti simbol pada sebuah gambar	3.4
Lestari	tersedia terus-menerus tanpa merusak lingkungan	1.2
Limbah B3	limbah bahan berbahaya dan beracun yang tidak boleh dibuang sembarangan	1.3
Logbook	buku catatan operasi berurutan tentang jalannya pembangkit	2.6
LOTO	penguncian dan pelabelan sumber energi agar tidak dinyalakan saat orang bekerja	2.5
LSP	lembaga sertifikasi profesi yang melaksanakan uji kompetensi	1.5
Luas penampang basah	luas irisan melintang saluran yang terisi air, dari lebar dikali kedalaman rata-rata	5.2
Luas sapuan	luas lingkaran yang disapu bilah rotor, sama dengan pi × jari-jari kuadrat	4.4
Lux meter	alat yang mengukur kuat penerangan dalam lux menurut kepekaan mata, bukan iradiasi matahari	5.3
Mal huruf	lempeng berlubang berbentuk huruf dan angka agar tulisan seragam	3.1
Mal lengkung	lempeng bertepi lengkung untuk menghubungkan titik-titik yang membentuk lengkung bebas	3.1
Mal lingkaran	lempeng berlubang berbagai diameter untuk menggambar lingkaran kecil yang seragam dengan cepat	3.1
Manometer	alat yang menunjukkan tekanan air atau gas, misalnya dalam bar, kPa, atau cm kolom air	5.2
Manometer pipa U	pipa berbentuk U berisi air yang menunjukkan tekanan gas dari selisih tinggi permukaan air	5.3
Massa jenis air	massa tiap satuan volume air, sekitar 1.000 kg/m³	4.2
Massa jenis udara	massa tiap satuan volume udara, sekitar 1,2 kg/m³	4.4
MCB	pemutus sirkuit kecil yang memutus otomatis bila arus berlebih dan dapat dinyalakan kembali	3.4
Megajoule (MJ)	satuan energi sebesar 1.000.000 J; dibagi 3,6 menjadi kWh	4.1

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Mesofilik	kisaran suhu kira-kira 30 sampai 40 °C tempat bakteri penghasil biogas bekerja baik	5.3
Metana	gas utama biogas; bila bocor tidak terbakar menjadi gas rumah kaca yang kuat	1.3
Metanogenesis	tahap terakhir fermentasi: pembentukan metana oleh bakteri penghasil metana	2.4
Metode ember (volumetrik)	cara mengukur debit aliran kecil dengan menampung seluruh air dalam wadah bervolume diketahui dan mencatat waktu	5.2
Metode pelampung	cara mengukur debit aliran besar dari luas penampang, kecepatan pelampung, dan faktor koreksi	5.2
Mistar skala	batang bergaris skala untuk membaca ukuran sebenarnya dari gambar berskala	3.1
Modul bifacial	modul surya yang dapat menyerap cahaya dari sisi depan dan sisi belakang	1.4
Modul surya	kumpulan sel surya yang disambung seri dan dibingkai menjadi satu panel	2.2
MPPT	pengendali yang mengatur modul agar bekerja pada titik daya maksimum	1.4
Multimeter	alat serba bisa untuk mengukur tegangan, arus, dan hambatan serta memeriksa kontinuitas	5.1
Nacelle	rumah di puncak menara yang melindungi generator dan komponen lain	2.3
Neraca energi	selisih energi yang dibangkitkan dan energi beban dalam satu hari	4.6
Nilai kalor	energi panas yang dilepaskan tiap satuan bahan bila dibakar sempurna, satuan MJ/kg atau MJ/m^3	4.5
Nolkan (zero)	menekan tombol ZERO pada tang A DC tanpa kabel agar pembacaan awal 0	5.4
Nyaris celaka (near miss)	kejadian tidak direncanakan yang berpotensi mencelakakan tetapi tidak menimbulkan akibat	2.6
Off-grid	sistem PLTS yang berdiri sendiri tanpa jaringan PLN dan wajib memakai baterai	2.2
OL (overload)	tanda pada layar bahwa nilai melampaui rentang yang dipilih	5.4
On-grid	sistem PLTS yang tersambung jaringan PLN, umumnya tanpa baterai	2.2
Operator pembangkit	pekerja yang menjalankan dan mencatat pembangkit sehari-hari	1.5
Paralel	sambungan yang menjumlahkan arus sedangkan tegangannya tetap sama	4.3
Pelacak surya (tracker)	rangka penyangga yang memutar modul mengikuti gerak matahari	1.4
Pelet biomassa	biomassa kering yang dipadatkan menjadi ukuran seragam untuk bahan bakar	1.4

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Pelindung penghapus	pelat logam berlubang agar hanya bagian yang salah yang terhapus	3.1
Peluang usaha jasa	kesempatan membuka usaha pemasangan, perawatan, atau pendampingan yang sesuai kompetensi dan kebutuhan setempat	1.5
Pembangkit	seperangkat alat yang mengubah energi dari sumber menjadi bentuk yang berguna, biasanya listrik	1.1
Pembangkit tanpa baterai	pembangkit yang langsung menyalurkan listrik sehingga dayanya harus cukup pada setiap saat	4.6
Pembumian (PE)	hubungan penghantar ke tanah sebagai pengaman	3.4
Pena tinta (rapido)	pena bermata pipa dengan ukuran tetap (0,25–0,7 mm) untuk garis tinta dengan tebal seragam	3.1
Pencatat data (data logger)	perangkat yang merekam dan mengirim data produksi dan status	1.4
Pengawas lapangan	pekerja yang memeriksa mutu, jadwal, dan keselamatan pekerjaan orang lain	1.5
Pengendali beban	perangkat yang menjaga pembangkit tidak kelebihan atau kekurangan beban	1.3
Pengendali pengisian	perangkat yang mengatur pengisian baterai dari modul surya agar tidak berlebihan	1.1
Pengendali pengisian (SCC)	komponen antara modul dan baterai yang mencegah isi berlebih, arus balik, dan pengosongan berlebih	2.2
Penggaris T	alat berkepala dan berbilah yang menempel pada tepi meja gambar untuk menarik garis mendatar yang sejajar	3.1
Penggerak langsung (direct drive)	rotor langsung memutar generator tanpa gearbox	2.3
Penguji isolasi (megger)	alat uji yang memberi tegangan uji tinggi untuk mengukur tahanan isolasi kabel dalam megaohm	5.1
Penguji tahanan pembumian	alat uji yang mengukur tahanan antara elektroda pembumian dan tanah memakai dua tusuk bantu	5.1
Penguncian dan pelabelan (LOTO)	gembok dan label pada saklar yang dimatikan agar tidak dinyalakan saat orang bekerja	5.4
Penjebak air (water trap)	wadah di titik terendah pipa gas yang menampung air embun	2.4
Pensil 2H, HB, B	tingkat kekerasan isi pensil: 2H keras dan tipis, HB sedang, B lunak dan tebal	3.1
Penyaring H_2S	penyaring yang menahan hidrogen sulfida dari biogas	2.4
Penyearah (rectifier)	komponen yang mengubah listrik AC dari generator menjadi DC	2.3
Perangkat pengubah	alat yang mengubah energi dari sumber menjadi energi yang dapat dipakai	1.2
Percepatan gravitasi	percepatan benda jatuh bebas, 9,8 atau 10 m/s^2 dalam hitungan soal	4.2
Peringkat alat ukur	batas tegangan dan kategori keselamatan yang dijamin pembuat alat	5.4

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Petugas jaga (attendant)	orang yang tetap di luar ruang terbatas untuk menjaga dan memanggil bantuan	2.5
pH meter	alat yang mengukur keasaman cairan dengan skala pH	5.3
Piko hidro	pembangkit air berukuran sangat kecil untuk beberapa rumah atau lampu dan pompa	1.4
Pipa pesat	pipa yang mengalirkan air dengan curam dari bak penenang ke turbin	3.4
Pipa pesat (penstock)	pipa curam tempat air meluncur dan menjadi bertekanan sebelum memutar turbin	1.1
Pirolisis	penguraian bahan dengan panas tanpa terbakar menjadi arang dan gas	2.4
PLTA	pembangkit listrik tenaga air berukuran besar, biasanya dengan waduk	2.1
PLTB	pembangkit listrik tenaga bayu (angin)	1.1
PLTMH	pembangkit listrik tenaga mikrohidro, yaitu pembangkit air berskala kecil	1.1
PLTS	pembangkit listrik tenaga surya	1.1
PLTS off-grid	PLTS yang tidak tersambung ke jaringan PLN dan memakai baterai	3.4
PLTS on-grid	PLTS yang tersambung ke jaringan PLN, umumnya tanpa baterai	3.4
PLTS terapung	PLTS dengan modul dipasang pada pelampung di atas waduk atau danau	1.4
Poros yaw	bantalan putar yang memungkinkan kepala turbin berputar mengikuti arah angin	2.3
Probe	kabel uji dengan ujung logam yang ditempelkan pada titik ukur	5.4
Producer gas	gas hasil gasifikasi yang berisi CO, H_2, sedikit metana, CO_2, dan nitrogen	2.4
Produk samping	hasil lain suatu proses yang bernilai guna tetapi bukan energi, misalnya ampas digester untuk pupuk	1.2
Profesi	pekerjaan yang memerlukan keahlian tertentu	1.5
Proyeksi Amerika (sudut ketiga)	sistem letak pandangan dengan pandangan atas di atas dan pandangan kiri di kiri pandangan depan	3.2
Proyeksi Eropa (sudut pertama)	sistem letak pandangan dengan pandangan atas di bawah dan pandangan kiri di kanan pandangan depan	3.2
Proyeksi ortogonal	cara menggambar benda dengan memproyeksikannya tegak lurus ke bidang gambar sehingga menghasilkan beberapa pandangan	3.2
Pukulan air (water hammer)	lonjakan tekanan di pipa saat aliran air dihentikan mendadak	2.1
Rajin	membiasakan disiplin menjalankan 5R tanpa disuruh	2.6
Rapi	menata barang pada tempat tetap dan berlabel	2.6

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Rasio kecukupan	perbandingan energi produksi terhadap energi beban; di bawah 1 berarti kurang	4.6
Rawat	mempertahankan kerapian dengan standar dan daftar periksa	2.6
Rentang	batas nilai terkecil sampai terbesar yang dapat dibaca alat pada satu pengaturan	5.1
Resik	membersihkan tempat dan alat secara rutin	2.6
Ringkas	memilah barang dan menyingkirkan yang tidak diperlukan	2.6
Risiko	besarnya kemungkinan bahaya benar-benar menimbulkan kerugian, dikaitkan dengan keparahan akibatnya	2.5
Ruang terbatas	ruang yang cukup besar dimasuki tetapi akses terbatas dan tidak dirancang untuk ditempati terus	2.5
Rugi gesek	bagian tinggi jatuh yang hilang karena gesekan air dengan dinding pipa, belokan, dan katup	4.2
Sakelar pemisah	sakelar untuk memisahkan rangkaian secara terlihat saat perawatan	3.4
SCC	pengendali pengisian yang mengatur arus dari modul ke baterai	3.4
Sedimen	lumpur dan pasir yang terbawa air dan mengendap	1.3
Segitiga gambar	sepasang segitiga siku (45° dan 30°–60°) untuk menarik garis tegak dan garis miring bersudut tertentu	3.1
Sekering	pengaman yang putus bila arus melebihi batas untuk melindungi alat	5.4
Sekring (fuse)	pengaman yang putus bila arus melebihi batas	3.4
Sel surya	komponen silikon yang mengubah cahaya langsung menjadi listrik arus searah	2.2
Serah terima	penyerahan pembangkit kepada pengelola lengkap dengan dokumen dan pelatihan operator	1.1
Serah terima shift	penyampaian tanggung jawab dari operator yang selesai kepada operator berikutnya	2.6
Seri	sambungan yang menjumlahkan tegangan sedangkan arusnya tetap sama	4.3
Seri dan paralel (pada pengukuran)	arus diukur dengan alat disisipkan seri pada rangkaian, tegangan diukur dengan alat dipasang paralel	5.4
Sertifikat kompetensi	bukti lulus uji kompetensi yang diterbitkan lembaga sertifikasi profesi	1.5
Siklus	satu kali pengosongan dan pengisian baterai	1.4
Simbol proyeksi	gambar kerucut terpotong di etiket yang menunjukkan sistem proyeksi yang dipakai	3.2
Sipat datar selang air	cara mengukur beda tinggi memakai selang berisi air karena permukaan air di kedua ujung selalu sama tinggi	5.2
Sistem hibrida	gabungan dua sumber atau lebih, atau dengan genset cadangan, agar saling menutupi kekurangan	1.3

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Skala	perbandingan ukuran pada gambar dengan ukuran sebenarnya benda, misalnya 1:50	3.2
Skala perbesaran	skala n:1 yang membuat ukuran gambar sama dengan ukuran benda dikali n	3.2
Skala perkecilan	skala 1:n yang membuat ukuran gambar sama dengan ukuran benda dibagi n	3.2
Skala terbesar yang muat	skala dengan angka n terkecil dari deret standar yang lebar dan tinggi gambarnya masih muat pada bidang gambar	3.3
SKKNI	standar kompetensi kerja nasional Indonesia, acuan uji kompetensi	1.5
Slurry (ampas)	bubur isian atau keluaran digester yang dapat dipakai sebagai pupuk	2.4
Solar power meter	alat genggam yang mengukur iradiasi matahari dalam W/m²	5.1
SOP	prosedur operasi standar: langkah baku tertulis untuk satu pekerjaan	2.6
SPD	alat pelindung lonjakan tegangan akibat petir atau gangguan	2.2
STC (kondisi uji standar)	kondisi acuan modul surya: iradiasi 1.000 W/m², suhu sel 25 °C, spektrum AM 1,5	5.3
String	rangkaian modul yang disambung seri	2.2
Sumber energi	asal energi, yaitu sinar matahari, aliran air, angin, atau bahan organik	1.1
Sumbu horizontal dan vertikal	jenis turbin menurut arah poros rotor: sejajar arah angin atau tegak	2.3
Survei potensi	pengukuran atau pengamatan sumber energi dan kebutuhan listrik di lokasi sebelum pembangkit dipilih	1.1
Surveyor potensi	pekerja yang mengukur dan mencatat sumber energi serta kondisi lokasi	1.5
Susunan mendatar	penataan modul dengan sisi panjang searah sisi panjang atap	3.3
Susunan S × P	penulisan jumlah modul seri dalam satu string (S) dan jumlah string paralel (P)	3.4
Susunan tegak	penataan modul dengan sisi panjang searah sisi pendek atap	3.3
Tachometer	alat yang mengukur putaran poros dalam rpm, jenis kontak atau optik	5.2
Tahanan isolasi	kemampuan lapisan pembungkus kabel menahan arus agar tidak bocor ke rangka atau tanah	5.1
Tambahan Wp	Wp modul yang diperlukan untuk menutup defisit, sama dengan defisit dibagi PSH dan efisiensi sistem	4.6
Tang ampere	alat yang mengukur arus dengan menjepit satu kabel tanpa memutus rangkaian	5.1
Tar	cairan lengket hasil gasifikasi yang harus disaring dari gas sebelum masuk mesin	1.3
Tegangan sistem	tegangan bank baterai (12, 24, atau 48 V) yang dipakai untuk menghitung Ah	4.3

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Teknisi instalasi	pekerja yang memasang sistem pembangkit baru sesuai gambar	1.5
Teknisi O&M	teknisi operasi dan pemeliharaan yang merawat dan memperbaiki pembangkit	1.5
Terminal LOAD	keluaran SCC untuk beban arus searah yang umumnya memutus beban saat tegangan baterai terlalu rendah	3.4
Termometer inframerah	alat yang membaca suhu permukaan dari jarak jauh tanpa menyentuh benda	5.3
Tinggi jatuh	selisih tinggi antara muka air di mulut pipa pesat dan turbin, satuan meter	2.1
Tinggi jatuh efektif	tinggi jatuh yang tersisa setelah dikurangi kehilangan akibat gesekan di pipa	2.1
Tinggi jatuh kotor	beda tinggi antara muka air bak penenang dan sumbu turbin	3.4
Titik panas (hot spot)	sel yang memanas berlebihan karena menjadi beban akibat tertutup bayangan	2.2
Titik tambat	titik kuat tempat mengaitkan tali pengaman harness	2.5
Titik turun	tempat kabel dari atap turun menuju ruang inverter atau panel	3.3
Turbin angin	alat yang mengubah energi angin menjadi putaran rotor dan listrik	2.3
Turbin crossflow	turbin aliran silang untuk tinggi jatuh rendah sampai sedang yang sederhana dan tahan sampah	2.1
Turbin Francis	turbin reaksi yang terendam air di dalam rumah siput, untuk tinggi jatuh dan debit sedang	2.1
Turbin Pelton	turbin impuls untuk tinggi jatuh tinggi dan debit kecil, digerakkan semprotan air dari nosel	2.1
Turbin sumbu vertikal	turbin angin berporos tegak yang dapat menerima angin dari segala arah	1.4
Turbin ulir	turbin berbentuk sekrup raksasa untuk lokasi dengan tinggi jatuh sangat rendah	1.4
Tutupan lahan	vegetasi yang menutupi tanah dan menahan air hujan serta erosi	1.3
Uji coba (commissioning)	pemeriksaan dan percobaan sistem secara bertahap sebelum dipakai penuh	1.1
Verifikasi nol	pembuktian dengan alat ukur bahwa titik kerja tidak bertegangan dan tidak berarus	2.5
Vmp dan Imp	tegangan dan arus saat modul bekerja pada daya maksimum	2.2
Voc	tegangan rangkaian terbuka: tegangan modul saat tidak ada beban	2.2
Watt-jam (Wh)	satuan energi: beban 1 W yang menyala 1 jam memakai 1 Wh, sama dengan 3.600 J	4.1
Wind vane	penunjuk angin yang hanya menunjukkan arah angin, bukan kecepatannya	5.2
Wp	watt peak: daya puncak modul pada kondisi uji standar	2.2

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Wp (watt-peak)	daya puncak modul surya pada kondisi uji standar, bukan daya sepanjang hari	4.3

Lampiran 2 · Daftar sumber acuan

Buku ini tidak memakai data statistik dari sumber luar pada soalnya. Semua nama orang, tempat, usaha, dan angka pada soal latihan, kuis, dan contoh adalah rekaan untuk latihan dan diberi keterangan di soalnya. Fakta teknis di materi diperiksa pada sumber resmi atau tepercaya pada Oktober 2026; yang belum dapat dipastikan ditulis lebih umum. Standar, peraturan, dan angka teknis berubah dari waktu ke waktu, jadi periksa versi terbaru dan lembar data pabrik sebelum memakainya sebagai dasar pekerjaan.

Sumber	Yang dipakai
Pusmendik Kemendikdasmen, Kerangka Asesmen TKA SMA/MA/SMK/MAK – Teknik Energi Terbarukan	definisi, muatan, kompetensi, level kognitif, matriks asesmen dan batasannya, contoh soal resmi
Keputusan Kepala BSKAP Kemendikdasmen Nomor 046/H/KR/2025	Capaian Pembelajaran Fase E yang menjadi acuan muatan
Pusmendik Kemendikdasmen, TKA SMK 2025 Projek Kreatif dan Kewirausahaan	acuan bentuk, panjang, dan tingkat kesulitan soal
Pemberitaan skema TKA 2026	jumlah soal dan waktu mata pelajaran pilihan
Kementerian ESDM (esdm.go.id), halaman PLTB Sidrap, PLTS Terapung Cirata, potensi energi surya, dan konservasi energi (Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi)	contoh pembangkit nyata di Indonesia, rata-rata radiasi matahari, arti konservasi energi
Pemberlakuan SNI PUIL (SNI 0225) lewat Permen ESDM Nomor 36 Tahun 2014	PUIL sebagai acuan instalasi listrik
Kajian PLTMH Cinta Mekar, Jurnal Gema Teknologi (Universitas Diponegoro)	data teknis contoh PLTMH di Indonesia
OSHA (Amerika Serikat) 29 CFR 1910.147, 1910.146, dan 1926.502; NIOSH/CDC (batas IDLH hidrogen sulfida)	penguncian dan pelabelan (LOTO), ruang terbatas, sistem penahan jatuh, bahaya gas H_2S
Undang-Undang Nomor 1 Tahun 1970; Permenaker Nomor 9 Tahun 2016; PP Nomor 22 Tahun 2021; Permen LHK Nomor 6 Tahun 2021	keselamatan kerja, kerja di ketinggian, pengelolaan limbah B3 (hanya disebut sebagai peraturan terkait)
FAO Forestry Paper 72, *Wood gas as engine fuel*; FAO, materi biogas	zona gasifikasi, syarat bahan bakar, digester kubah tetap
US EPA AgSTAR; bahan ajar Universitas Southampton (ValorGas); materi Penn State dan University of Maryland Extension	tahap fermentasi anaerob, komposisi dan nilai kalor biogas, suhu dan pH digester
US DOE, *Planning a Microhydropower System*; Natural Resources Canada; Practical Action, *Micro-hydro*	komponen PLTMH, pengukuran debit, efisiensi total pembangkit kecil

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Fraunhofer ISE; PVEducation	kondisi uji standar modul surya, dioda bypass, sifat sel dan modul
IEC 62446-1 dan IEC TS 62446-3 (ringkasan lewat Fluke, FLIR); IEC 61010-1 (kategori pengukuran)	pengujian dan pemeriksaan sistem PV, kamera termal, kategori alat ukur
Fluke (panduan multimeter, tang ampere, penguji isolasi dan pembumian); Metrel (aturan 62 %)	cara memakai dan memilih alat ukur
Betz (1919) lewat ringkasan tepercaya; International Standard Atmosphere	batas Betz, massa jenis udara baku
ISO 216, ISO 128-20, ISO 3098, ISO 5455, ISO 5456-2, ISO 5457 (lewat ringkasan dan salinan naskah standar yang dapat diakses)	ukuran kertas seri A, jenis dan tebal garis, huruf, skala, proyeksi sudut pertama dan ketiga, bingkai dan etiket
IEC 60617 (lewat gambar simbol Wikimedia Commons dan sumber ringkasan)	bentuk simbol listrik pada diagram satu garis; legenda gambar tetap menjadi penentu
Berbagai jurnal dan skripsi perguruan tinggi Indonesia	nilai kalor sekam dan cangkang sawit, komponen PLTMH dan gasifikasi (dicantumkan sebagai kisaran)

Lampiran 3 · Lembar jawaban kosong

Lembar ini boleh difotokopi. Untuk soal PG, lingkari satu huruf. Untuk pilih lebih dari satu (MCMA), lingkari semua huruf yang benar. Untuk Benar/Salah, tulis B atau S untuk setiap pernyataan.

No	Jawaban	No	Jawaban	No	Jawaban
1	A B C D E	10	A B C D E	19	A B C D E
2	A B C D E	11	A B C D E	20	A B C D E
3	A B C D E	12	A B C D E	21	A B C D E
4	A B C D E	13	A B C D E	22	A B C D E
5	A B C D E	14	A B C D E	23	A B C D E
6	A B C D E	15	A B C D E	24	A B C D E
7	A B C D E	16	A B C D E	25	A B C D E
8	A B C D E	17	A B C D E		
9	A B C D E	18	A B C D E		

Skor: _____ / _____ · Waktu yang dipakai: _____ menit

Lampiran 4 · Catatan edisi

Edisi 1 (2026/2027), dibagikan gratis untuk pelajar Indonesia sebagai dedikasi Next Level Study Indonesia untuk bangsa; boleh diperbanyak dan dibagikan untuk belajar, tetapi tidak untuk diperjualbelikan. Semua soal latihan, kuis, dan simulasi TKA diambil dari Bank Soal NLS dengan kode yang sama dengan LMS. Bila kamu menemukan kesalahan, sampaikan kepada pengajarmu agar dapat diperbaiki pada edisi berikutnya.

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Daftar sumber gambar

Gambar materi yang diambil dari sumber berlisensi terbuka dipakai sesuai lisensinya dengan menyebut pembuatnya; gambar lain digambar oleh tim Next Level Study Indonesia.

Gambar	Judul	Pembuat	Lisensi	Sumber
Gambar 1.1	Tahapan proyek pembangkit energi terbarukan skala kecil	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.2	Alur PLTMH dari sungai sampai beban	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.3	Alur energi PLTS, PLTB, biogas, dan gasifikasi	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.4	Peta konsep tahapan dan proses aktivitas produksi energi terbarukan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.5	Ciri lokasi dan keluaran empat sumber energi terbarukan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.6	Dari sumber energi ke bentuk energi keluaran	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.7	Pengelompokan kegiatan satu desa menurut sumber energinya	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.8	Peta konsep contoh aktivitas produksi energi terbarukan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.9	Bentuk umum produksi PLTS dalam satu hari dan sumber energi lain	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.10	Sebab dan akibat kerusakan hulu pada daya PLTMH	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.11	Siklus hidup aki PLTS dan penanganan limbah B3	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.12	Peta konsep isu teknis dan lingkungan energi terbarukan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.13	Modul monofacial dan bifacial	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.14	Perbandingan baterai timbal-asam dan LiFePO4	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.15	Alur pemantauan jarak jauh PLTS	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.16	Peta konsep perkembangan teknologi energi terbarukan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.17	Peta profesi menurut tahapan proyek pembangkit	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.18	Lowongan kerja fiktif beranotasi	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.19	Alur memilih peluang usaha dari kebutuhan setempat	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.20	Peta konsep jenis profesi dan peluang usaha	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Gambar	Judul	Pembuat	Lisensi	Sumber
Gambar 2.1	Penampang memanjang PLTMH	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.2	Jenis turbin dan daerah kerjanya	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.3	ELC dan beban penyeimbang (ballast)	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.4	Pukulan air pada pipa pesat	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.5	Peta konsep pembangkit listrik hidro	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.6	Dari cahaya ke listrik: sel, modul, larik	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.7	Sambungan seri dan paralel modul surya	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.8	Bayangan dan dioda bypass pada modul	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.9	Tiga jenis sistem PLTS	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.10	Peta konsep pembangkit listrik tenaga surya	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.11	Bagian-bagian turbin angin kecil	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.12	Alur listrik turbin angin kecil	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.13	Kurva konsep daya terhadap kecepatan angin	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.14	Turbin angin sumbu horizontal dan vertikal	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.15	Peta konsep pembangkit listrik tenaga bayu	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.16	Tahap fermentasi anaerob biogas	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.17	Digester biogas kubah tetap dan jalur gas	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.18	Alur biogas dan titik gangguan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.19	Gasifier downdraft dan empat zonanya	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.20	Peta konsep pembangkit listrik tenaga biomassa	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.21	Bahaya khas tiap jenis pembangkit	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.22	Urutan isolasi dan LOTO pada PLTS	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.23	Kerja di atap: penahan jatuh dan APD	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Gambar	Judul	Pembuat	Lisensi	Sumber
Gambar 2.24	Ruang baterai: ventilasi dan aturan kerja	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.25	Ruang terbatas pada instalasi biogas	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.26	Peta konsep prosedur dasar dan K3LH	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.27	Gudang alat sebelum dan sesudah 5R	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.28	Contoh logbook dan serah terima shift	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.29	Alur pelaporan kejadian nyaris celaka	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.30	Peta konsep budaya kerja industri	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.1	Peralatan gambar teknik manual	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.2	Menarik garis dengan penggaris T dan segitiga	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.3	Memilih alat untuk lingkaran dan lengkung	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.4	Memilih pensil dan pena menurut garis	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.5	Peta konsep peralatan gambar	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.6	Ukuran kertas gambar seri A	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.7	Lembar gambar A3: bingkai dan etiket	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.8	Jenis garis dan pemakaiannya	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.9	Skala perkecilan, ukuran penuh, dan perbesaran	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.10	Penulisan ukuran: salah dan benar	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.11	Benda dan tiga arah pandang	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.12	Proyeksi Eropa dan Amerika: letak pandangan dan simbol	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.13	Peta konsep standardisasi gambar	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.14	Langkah menggambar teknik	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.15	Memilih skala terbesar yang muat di kertas A3	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.16	Denah atap, batas aman, dan bidang pasang modul	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Gambar	Judul	Pembuat	Lisensi	Sumber
Gambar 3.17	Menata modul tegak dan mendatar pada bidang pasang	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.18	Jalur kabel dan panjang kabel dari skala	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.19	Peta konsep praktik menggambar teknik	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.20	Simbol pada gambar instalasi energi terbarukan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.21	Diagram satu garis PLTS off-grid	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.22	Diagram satu garis PLTS on-grid	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.23	Susunan modul 3 string seri dan paralel	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.24	Potongan memanjang PLTMH	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.25	Skema PLTB skala kecil	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.26	Peta konsep membaca gambar instalasi dan simbol	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.1	Daya seperti derasnya keran, energi seperti isi ember	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.2	Efisiensi total adalah hasil kali efisiensi tiap tahap	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.3	Contoh lembar audit beban	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.4	Alur audit, usulan, dan hasil	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.5	Peta konsep konservasi energi	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.6	Penurunan daya dari massa air yang jatuh	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.7	Tinggi jatuh kotor dan tinggi jatuh efektif	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.8	Alur hitung daya hidro	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.9	Peta konsep perhitungan dasar hidro	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.10	Jam matahari puncak sebagai persegi panjang setara	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.11	Susunan 2S2P dengan Vmp, Imp, Voc, dan Isc	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.12	Alur menentukan modul dan baterai	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.13	Peta konsep perhitungan dasar surya	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Gambar	Judul	Pembuat	Lisensi	Sumber
Gambar 4.14	Tabung udara yang menembus rotor tiap detik	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.15	Daya turbin angin naik dengan pangkat tiga kecepatan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.16	Tabel kecepatan angin, daya, lama, dan energi	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.17	Peta konsep perhitungan dasar bayu	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.18	Contoh nilai kalor bahan biomassa	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.19	Mengubah MJ menjadi kWh dengan membagi 3,6	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.20	Alur massa bahan ke gas, energi, dan kWh	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.21	Peta konsep perhitungan dasar biomassa	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.22	Neraca energi harian bengkel	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.23	Beban bersamaan pada PLTMH tanpa baterai	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.24	Alur analisis kecukupan energi	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.25	Peta konsep analisis kecukupan energi	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.1	Peta besaran, alat, dan satuan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.2	Empat alat ukur dan uji listrik	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.3	Alat ukur untuk cahaya, angin, suhu, tekanan, dan bahan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.4	Memilih alat dari pertanyaan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.5	Peta konsep jenis dan fungsi alat ukur dan alat uji	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.6	Dua cara mengukur debit: ember dan pelampung	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.7	Dua cara mengukur tinggi jatuh: selang air dan manometer	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.8	Letak anemometer calon lokasi turbin angin	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.9	Peta konsep alat ukur pada pembangkit listrik tenaga hidro dan bayu	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.10	Letak sensor solar power meter terhadap modul	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.11	Isc dan Voc terhadap iradiasi (kurva konsep)	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Gambar	Judul	Pembuat	Lisensi	Sumber
Gambar 5.12	Skema citra kamera termal dan titik panas pada modul	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.13	Manometer pipa U pada instalasi biogas	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.14	Kisaran pH dan suhu isian digester	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.15	Peta konsep alat ukur pada pembangkit listrik tenaga surya dan biomassa	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.16	Posisi jack dan probe multimeter	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.17	Cara menjepit tang ampere	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.18	Alur mengukur dengan aman	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.19	Peta konsep penggunaan alat ukur dan alat uji sesuai prosedur kerja	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—

Tabel silang sub bab dan soal

Sub bab	Soal
1.1 · Tahapan dan proses aktivitas produksi energi terbarukan	Bedah Prediksi 08 no. 5; Latihan 1.1 no. 1; Latihan 1.1 no. 2; Kuis Bab 1 no. 1; Kuis Bab 1 no. 2; Kuis Bab 1 no. 3; Kuis Bab 1 no. 4; Kuis Bab 1 no. 8; Simulasi 1 no. 3; Simulasi 2 no. 12; Simulasi 3 no. 9
1.2 · Contoh aktivitas produksi energi air, bayu, surya, dan biomassa	Bedah Prediksi 07 no. 2; Latihan 1.2 no. 1; Latihan 1.2 no. 2; Kuis Bab 1 no. 5; Kuis Bab 1 no. 6; Kuis Bab 1 no. 7; Kuis Bab 1 no. 13; Kuis Bab 1 no. 20; Simulasi 1 no. 7; Simulasi 2 no. 11; Simulasi 3 no. 5
1.3 · Isu utama energi terbarukan: teknis dan lingkungan	Bedah Prediksi 07 no. 4; Latihan 1.3 no. 1; Latihan 1.3 no. 2; Kuis Bab 1 no. 9; Kuis Bab 1 no. 15; Kuis Bab 1 no. 18; Kuis Bab 1 no. 22; Kuis Bab 1 no. 23; Simulasi 1 no. 2; Simulasi 2 no. 13; Simulasi 3 no. 6
1.4 · Perkembangan teknologi terkini dalam energi terbarukan	Bedah Prediksi 08 no. 4; Latihan 1.4 no. 1; Latihan 1.4 no. 2; Kuis Bab 1 no. 11; Kuis Bab 1 no. 12; Kuis Bab 1 no. 17; Kuis Bab 1 no. 24; Kuis Bab 1 no. 25; Simulasi 1 no. 1; Simulasi 2 no. 8; Simulasi 3 no. 1
1.5 · Jenis profesi dan peluang usaha	Bedah Prediksi 09 no. 13; Latihan 1.5 no. 1; Latihan 1.5 no. 2; Kuis Bab 1 no. 10; Kuis Bab 1 no. 14; Kuis Bab 1 no. 16; Kuis Bab 1 no. 19; Kuis Bab 1 no. 21; Simulasi 1 no. 4; Simulasi 2 no. 4; Simulasi 3 no. 10
2.1 · Komponen utama dan prinsip kerja pembangkit listrik tenaga hidro	Bedah Prediksi 07 no. 11; Latihan 2.1 no. 1; Latihan 2.1 no. 2; Kuis Bab 2 no. 2; Kuis Bab 2 no. 3; Kuis Bab 2 no. 4; Kuis Bab 2 no. 6; Simulasi 1 no. 5; Simulasi 2 no. 3; Simulasi 3 no. 4
2.2 · Komponen utama dan prinsip kerja pembangkit listrik tenaga surya	Bedah Prediksi 08 no. 15; Latihan 2.2 no. 1; Latihan 2.2 no. 2; Kuis Bab 2 no. 1; Kuis Bab 2 no. 5; Kuis Bab 2 no. 9; Kuis Bab 2 no. 14; Kuis Bab 2 no. 19; Simulasi 1 no. 6; Simulasi 2 no. 7; Simulasi 3 no. 11

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab	Soal
2.3 · Komponen utama dan prinsip kerja pembangkit listrik tenaga bayu	Bedah Prediksi 07 no. 16; Latihan 2.3 no. 1; Latihan 2.3 no. 2; Kuis Bab 2 no. 8; Kuis Bab 2 no. 11; Kuis Bab 2 no. 12; Kuis Bab 2 no. 16; Simulasi 1 no. 12; Simulasi 2 no. 6; Simulasi 3 no. 3
2.4 · Komponen utama dan prinsip kerja pembangkit listrik tenaga biomassa	Bedah Prediksi 07 no. 14; Latihan 2.4 no. 1; Latihan 2.4 no. 2; Kuis Bab 2 no. 7; Kuis Bab 2 no. 10; Kuis Bab 2 no. 15; Kuis Bab 2 no. 17; Simulasi 1 no. 13; Simulasi 2 no. 5; Simulasi 3 no. 7
2.5 · Prosedur dasar pengoperasian pembangkit dengan memperhatikan K3LH	Bedah Prediksi 07 no. 15; Latihan 2.5 no. 1; Latihan 2.5 no. 2; Kuis Bab 2 no. 13; Kuis Bab 2 no. 18; Kuis Bab 2 no. 20; Kuis Bab 2 no. 21; Simulasi 1 no. 8; Simulasi 2 no. 14; Simulasi 3 no. 13
2.6 · Budaya kerja industri bidang energi terbarukan	Bedah Prediksi 07 no. 6; Latihan 2.6 no. 1; Latihan 2.6 no. 2; Kuis Bab 2 no. 22; Kuis Bab 2 no. 23; Kuis Bab 2 no. 24; Kuis Bab 2 no. 25; Simulasi 1 no. 14; Simulasi 2 no. 9; Simulasi 3 no. 12
3.1 · Macam-macam peralatan gambar	Bedah Prediksi 08 no. 11; Latihan 3.1 no. 1; Latihan 3.1 no. 2; Kuis Bab 3 no. 1; Kuis Bab 3 no. 2; Kuis Bab 3 no. 3; Kuis Bab 3 no. 4; Kuis Bab 3 no. 13; Simulasi 1 no. 11; Simulasi 2 no. 2; Simulasi 3 no. 2
3.2 · Standardisasi dalam pembuatan gambar	Bedah Prediksi 08 no. 13; Latihan 3.2 no. 1; Latihan 3.2 no. 2; Kuis Bab 3 no. 5; Kuis Bab 3 no. 6; Kuis Bab 3 no. 7; Kuis Bab 3 no. 9; Kuis Bab 3 no. 11; Kuis Bab 3 no. 12; Simulasi 1 no. 9; Simulasi 2 no. 10; Simulasi 3 no. 8
3.3 · Praktik menggambar teknik	Bedah Prediksi 09 no. 8; Latihan 3.3 no. 1; Latihan 3.3 no. 2; Kuis Bab 3 no. 8; Kuis Bab 3 no. 10; Kuis Bab 3 no. 14; Kuis Bab 3 no. 16; Kuis Bab 3 no. 17; Kuis Bab 3 no. 18; Kuis Bab 3 no. 20; Simulasi 1 no. 10; Simulasi 2 no. 1; Simulasi 3 no. 15
3.4 · Membaca gambar sistem instalasi dan simbol energi terbarukan	Bedah Prediksi 08 no. 19; Latihan 3.4 no. 1; Latihan 3.4 no. 2; Kuis Bab 3 no. 15; Kuis Bab 3 no. 19; Kuis Bab 3 no. 21; Kuis Bab 3 no. 22; Kuis Bab 3 no. 23; Kuis Bab 3 no. 24; Kuis Bab 3 no. 25; Simulasi 1 no. 15; Simulasi 2 no. 24; Simulasi 3 no. 22
4.1 · Konservasi energi	Bedah Prediksi 08 no. 9; Latihan 4.1 no. 1; Latihan 4.1 no. 2; Kuis Bab 4 no. 2; Kuis Bab 4 no. 4; Kuis Bab 4 no. 5; Kuis Bab 4 no. 6; Simulasi 1 no. 21; Simulasi 2 no. 15; Simulasi 3 no. 16
4.2 · Perhitungan dasar konversi energi hidro	Bedah Prediksi 07 no. 10; Latihan 4.2 no. 1; Latihan 4.2 no. 2; Kuis Bab 4 no. 1; Kuis Bab 4 no. 3; Kuis Bab 4 no. 8; Kuis Bab 4 no. 9; Simulasi 1 no. 19; Simulasi 2 no. 20; Simulasi 3 no. 14
4.3 · Perhitungan dasar konversi energi surya	Bedah Prediksi 09 no. 25; Latihan 4.3 no. 1; Latihan 4.3 no. 2; Kuis Bab 4 no. 7; Kuis Bab 4 no. 10; Kuis Bab 4 no. 11; Kuis Bab 4 no. 12; Kuis Bab 4 no. 13; Simulasi 1 no. 25; Simulasi 2 no. 23; Simulasi 3 no. 17
4.4 · Perhitungan dasar konversi energi bayu	Bedah Prediksi 08 no. 14; Latihan 4.4 no. 1; Latihan 4.4 no. 2; Kuis Bab 4 no. 16; Kuis Bab 4 no. 18; Kuis Bab 4 no. 19; Kuis Bab 4 no. 20; Simulasi 1 no. 20; Simulasi 2 no. 21; Simulasi 3 no. 20
4.5 · Perhitungan dasar konversi energi biomassa	Bedah Prediksi 09 no. 22; Latihan 4.5 no. 1; Latihan 4.5 no. 2; Kuis Bab 4 no. 14; Kuis Bab 4 no. 17; Kuis Bab 4 no. 21; Kuis Bab 4 no. 22; Simulasi 1 no. 16; Simulasi 2 no. 19; Simulasi 3 no. 19

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Sub bab	Soal
4.6 · Analisis kecukupan energi hasil konversi terhadap kebutuhan beban	Bedah Prediksi 07 no. 23; Latihan 4.6 no. 1; Latihan 4.6 no. 2; Kuis Bab 4 no. 15; Kuis Bab 4 no. 23; Kuis Bab 4 no. 24; Kuis Bab 4 no. 25; Simulasi 1 no. 23; Simulasi 2 no. 17; Simulasi 3 no. 24
5.1 · Jenis dan fungsi alat ukur dan alat uji energi terbarukan	Bedah Prediksi 07 no. 20; Latihan 5.1 no. 1; Latihan 5.1 no. 2; Kuis Bab 5 no. 1; Kuis Bab 5 no. 4; Kuis Bab 5 no. 6; Kuis Bab 5 no. 9; Kuis Bab 5 no. 13; Kuis Bab 5 no. 16; Simulasi 1 no. 17; Simulasi 2 no. 18; Simulasi 3 no. 21
5.2 · Alat ukur pada pembangkit listrik tenaga hidro dan bayu	Bedah Prediksi 09 no. 17; Latihan 5.2 no. 1; Latihan 5.2 no. 2; Kuis Bab 5 no. 7; Kuis Bab 5 no. 8; Kuis Bab 5 no. 11; Kuis Bab 5 no. 12; Kuis Bab 5 no. 14; Kuis Bab 5 no. 15; Simulasi 1 no. 24; Simulasi 2 no. 16; Simulasi 3 no. 23
5.3 · Alat ukur pada pembangkit listrik tenaga surya dan biomassa	Bedah Prediksi 08 no. 25; Latihan 5.3 no. 1; Latihan 5.3 no. 2; Kuis Bab 5 no. 2; Kuis Bab 5 no. 3; Kuis Bab 5 no. 5; Kuis Bab 5 no. 10; Kuis Bab 5 no. 18; Kuis Bab 5 no. 20; Kuis Bab 5 no. 24; Simulasi 1 no. 22; Simulasi 2 no. 25; Simulasi 3 no. 18
5.4 · Penggunaan alat ukur dan alat uji sesuai prosedur kerja	Bedah Prediksi 09 no. 23; Latihan 5.4 no. 1; Latihan 5.4 no. 2; Kuis Bab 5 no. 17; Kuis Bab 5 no. 19; Kuis Bab 5 no. 21; Kuis Bab 5 no. 22; Kuis Bab 5 no. 23; Kuis Bab 5 no. 25; Simulasi 1 no. 18; Simulasi 2 no. 22; Simulasi 3 no. 25

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

NEXT LEVEL STUDY INDONESIA

Era Baru Pendidikan

TKA SMK Teknik Energi Terbarukan

Tetaplah menari, sekalipun lagu pengiringmu telah hilang. Sebab di luar sana, selalu ada seseorang yang menemukan bahagianya karena kamu tidak berhenti melangkah.

— HANDAKA LUMU

Buku ini menjelaskan secara rinci apa saja yang perlu kamu persiapkan untuk TKA Teknik Energi Terbarukan: materi yang diuji, strategi menjawab, dan latihan yang terarah.

Belajar lebih jauh di LMS NLS

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktet

GRATIS · TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN

SMKTET · Edisi 1 · Gratis untuk pelajar Indonesia · 2026/2027