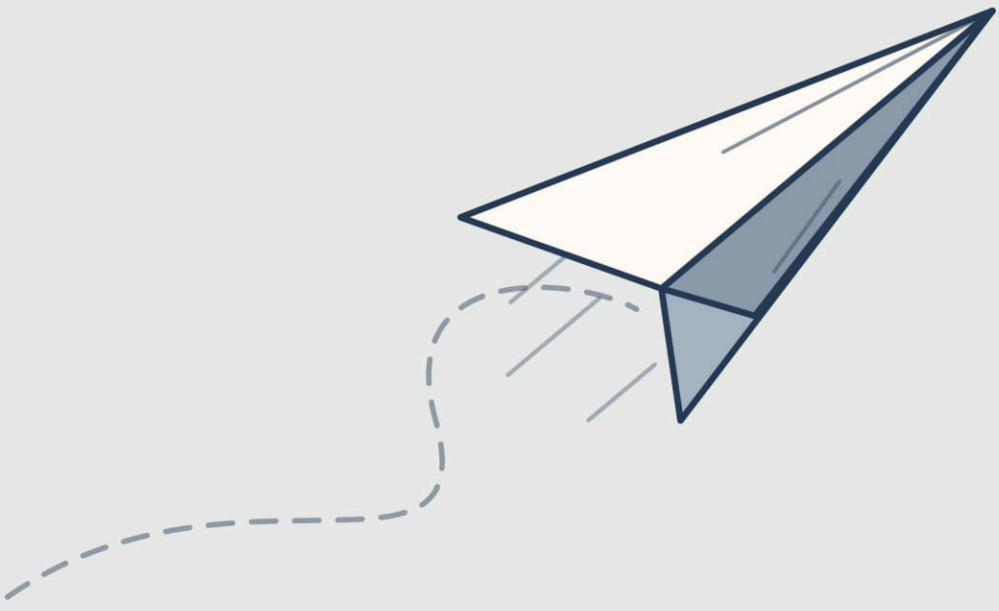
SERI PERSIAPAN TKA SMK

TKA SMK

TEKNIK PESAWAT UDARA

Materi, Strategi, dan Simulasi



Handaka Lumu

by Next Level Study Indonesia

2026/2027 · SMKTPU

TKA SMK TEKNIK PESAWAT UDARA

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 Pesawat Udara: 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 SMKTPU

© 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-pesawat-udara-smk-mak

Kata Pengantar

Kamu yang sedang bersiap,

Terima kasih sudah membuka buku ini. Setiap kali sebuah pesawat lepas landas dengan selamat, ada tangan-tangan yang lebih dulu bekerja di hanggar: memeriksa, mengukur, mengencangkan, mencatat, dan menandatangani hanya apa yang benar-benar sudah dikerjakan. Kelak, salah satu tangan itu bisa jadi milikmu.

Buku ini lahir dari satu kenyataan. Soal TKA Teknik Pesawat Udara jarang bertanya "apa nama alat ini". Soal-soalnya bercerita tentang siswa magang di hanggar, kartu kerja berbahasa Inggris, baut yang lubang *safety wire*-nya belum sejajar, atau rangkaian yang salah satu cabangnya terputus. Lalu kamu diminta menentukan tindakan yang tepat, menghitung nilai yang benar, atau menemukan kekeliruan. Karena itu, yang kamu butuhkan bukan hafalan, melainkan pemahaman.

Isinya mengikuti kisi-kisi resmi Pusmendik dalam lima bab: wawasan dunia kerja, K3, dan CASR; teknik dasar perawatan dan gambar teknik; *theory of flight*, struktur, dan tenaga pendorong; material, *hardware*, dan *tools equipment*; serta sistem pesawat. Setiap sub bab menjelaskan materinya sampai tuntas, lengkap dengan gambar dan contoh yang diselesaikan langkah demi langkah, baru kemudian strategi dan jebakan. Istilah Inggris yang lazim di hanggar selalu dijelaskan dalam bahasa Indonesia. Di akhir setiap bab ada kuis, dan di akhir buku ada simulasi TKA berwaktu. Belum ada soal asli TKA untuk mapel ini, jadi saya tidak menjanjikan angka apa pun. Yang bisa saya janjikan hanyalah penjelasan yang jujur dan latihan yang terarah.

Bacalah berurutan dengan pensil di tangan: gambar ulang diagramnya dan hitung ulang contohnya. Bila skor kuismu belum memuaskan, kembalilah ke sub bab yang ditunjuk tabel anjuran. Latihan dan kuis yang sama juga tersedia di LMS NLS lewat kode QR.

Dalam dunia penerbangan, kesalahan kecil yang tidak dilaporkan bisa menjadi akhir dari sebuah perjalanan. Belajarlah dengan sikap yang sama: berjanjilah pada dirimu untuk teliti saat lelah dan jujur saat keliru. Persembahkan kesungguhanmu untuk orang tua yang menunggu kabar baik, untuk guru yang sabar membimbingmu, dan untuk negeri kepulauan yang menggantungkan harapannya pada langit yang aman. 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

SMKTPU-1.2 = sub bab 1.2; SMKTPU-KB1 = kuis akhir bab 1; SMKTPU-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-smktpu

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 Pesawat Udara 1
Bagian B · Materi 8
Bab 1 · Wawasan Dunia Kerja, K3, Budaya Kerja, dan CASR 8
Sub bab 1.1 · Dunia kerja perawatan pesawat, komunikasi, kerja tim, dan human factors 9
Sub bab 1.2 · K3 di hanggar dan apron 24
Sub bab 1.3 · Kecakapan dasar perawatan: kartu kerja, urutan kerja, dan ketelitian 37
Sub bab 1.4 · CASR: peraturan keselamatan penerbangan sipil 51
Kuis Akhir Bab 1 63
Bab 2 · Teknik Dasar Perawatan dan Gambar Teknik 76
Sub bab 2.1 · Hand tools dan power tools 77
Sub bab 2.2 · Alat ukur mekanik 93
Sub bab 2.3 · Alat ukur listrik dasar 107
Sub bab 2.4 · Dasar pemesinan dan pengelasan 121
Sub bab 2.5 · Peralatan gambar teknik 134
Sub bab 2.6 · Proyeksi pada gambar kerja pesawat 146
Kuis Akhir Bab 2 163
Bab 3 · Theory of Flight, Struktur, dan Tenaga Pendorong 177
Sub bab 3.1 · Prinsip Bernoulli dan aerodinamika 178
Sub bab 3.2 · Gaya-gaya pada pesawat 193
Sub bab 3.3 · Flight control surfaces 206
Sub bab 3.4 · Jenis konstruksi dan bagian struktur pesawat 217
Sub bab 3.5 · Hukum Newton, kekekalan energi, dan tenaga pendorong 232
Sub bab 3.6 · Piston engine 243
Sub bab 3.7 · Gas turbine engine 256
Kuis Akhir Bab 3 270
Bab 4 · Aircraft Material, Hardware, dan Tools Equipment 282
Sub bab 4.1 · Aircraft material: material pesawat dan korosi 283
Sub bab 4.2 · Aircraft hardware: baut, mur, rivet, dan pengunci 300
Sub bab 4.3 · Tools equipment: kunci momen, dongkrak, dan peralatan pendukung 317
Kuis Akhir Bab 4 331
Bab 5 · Aircraft System 344
Sub bab 5.1 · Elektronika dasar dan digital 345
Sub bab 5.2 · Sistem kelistrikan pesawat 358
Sub bab 5.3 · Radio komunikasi dan navigasi 371
Sub bab 5.4 · Sistem kendali terbang dasar 383
Sub bab 5.5 · Instrumen terbang dasar 397
Sub bab 5.6 · Sistem pneumatik dan hidraulik 410

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

Kuis Akhir Bab 5 422
Bagian C · Simulasi TKA 435
Simulasi 1 — Prediksi TKA 2026 436
Simulasi 2 — Prediksi TKA 2026 451
Simulasi 3 — Prediksi TKA 2026 466
Bagian D · Kunci dan Pembahasan 481
Penutup 560
Lampiran 561

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

Bagian A · Mengenal TKA Teknik Pesawat Udara

Apa itu TKA SMK Teknik Pesawat Udara

Tes Kemampuan Akademik (TKA) untuk jenjang SMK/MAK memiliki mata pelajaran **pilihan** sesuai bidang keahlian. **Teknik Pesawat Udara (TPU)** adalah salah satunya. Menurut halaman kisi-kisi Pusat Asesmen Pendidikan (Pusmendik) Kemendikdasmen, TKA TPU mengukur kemampuan murid memahami, menerapkan, dan menganalisis konsep fisika penerbangan, *human factors* (faktor manusia), serta proses MRO (*maintenance, repair, and overhaul*: perawatan, perbaikan, dan overhaul) pada komponen, *airframe* (badan pesawat), sistem elektrikal, dan *engine* (mesin) sesuai standar keselamatan penerbangan. Acuan kisi-kisi buku ini: halaman Pusmendik `https://pusmendik.kemendikdasmen.go.id/tka/tka/view/mata-pelajaran-pilihan/sma/teknik-pesawat-udara-smk-mak` (diakses 18 Oktober 2026).

Ada dua hal yang perlu kamu ketahui sejak awal, dan keduanya jujur apa adanya.

> **Jumlah soal dan waktu.** Halaman kisi-kisi Pusmendik tidak mencantumkan jumlah soal dan durasi. Buku ini memakai bentuk yang sama dengan mapel pilihan lain: **25 soal dalam 60 menit**, atau rata-rata sekitar **2,4 menit** untuk setiap soal. Pastikan ketentuan resminya lewat pengumuman Pusmendik dan sekolahmu menjelang ujian.

> **Soal asli.** Untuk mapel TPU **belum ada soal asli TKA** yang dapat dimuat. Satu-satunya soal asli TKA SMK 2025 yang tersedia adalah mapel Projek Kreatif dan Kewirausahaan. Karena itu, bentuk dan kesulitan soal di buku ini mengikuti soal asli tersebut dan enam contoh soal resmi TPU di halaman Pusmendik, sedangkan **isinya** mengikuti kisi-kisi TPU. Buku ini tidak memuat angka "persentase benar nasional" untuk TPU karena datanya memang belum ada, dan angka seperti itu tidak boleh dikarang.

Apa yang diuji: lima elemen

Kisi-kisi resmi membagi muatan TKA TPU menjadi **lima elemen**, dan buku ini memakainya sebagai lima bab. Kolom terakhir memuat sebaran soal pada paket latihan buku ini (rata-rata tiap paket 25 soal), supaya kamu tahu bab mana yang paling banyak keluar.

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	Soal per 25
Wawasan dunia kerja; kecakapan dasar, K3, budaya kerja; CASR	komunikasi dan kerja tim; prosedur K3 di hanggar; budaya kerja industri; kecakapan dasar perawatan; ketentuan CASR Part 21, 39, 43, 45, 47, 65, 145, dan 147	Bab 1	4,2
Teknik dasar proses perawatan; gambar teknik	alat ukur mekanik dan listrik; *hand tools* dan *power tools*; dasar pemesinan dan pengelasan; peralatan gambar teknik dan proyeksi	Bab 2	5,5
Theory of flight; *aircraft structure*; *power plant*	prinsip Bernoulli; *flight control surfaces* dan gaya pada pesawat; jenis konstruksi dan bagian struktur; hukum Newton dan kekekalan energi pada tenaga pendorong; *piston engine* dan *gas turbine engine*	Bab 3	7,0
Aircraft material; *hardware* dan *tools equipment*	jenis dan spesifikasi material pesawat; macam dan spesifikasi *aircraft hardware*; *tools equipment*	Bab 4	2,8
Aircraft system	*basic electronic* dan digital; *basic electrical*; radio komunikasi–navigasi; *basic flight control system* dan *flight instrument*; *basic pneumatic and hydraulic*	Bab 5	5,5

Bab 3 adalah yang paling banyak soalnya, sekitar 28 % paket. Bab 4 paling sedikit, tetapi jangan dilewati: soal-soalnya cenderung teliti (kode baut, panjang *grip*, torsi). Tidak ada bab yang boleh diabaikan.

Kisi-kisi memuat **sebelas sub-elemen**, sedangkan Peta Topik Bank Soal NLS memecahnya menjadi **28 subtopik**. Agar setiap sub bab cukup utuh untuk dipelajari, buku ini memakai **26 sub bab**: hampir setiap subtopik berdiri sendiri, kecuali dua pasang yang digabung karena isinya saling melengkapi (komunikasi/kerja tim dengan budaya kerja/*human factors*, serta jenis konstruksi dengan bagian struktur pesawat). Tabel silang di Lampiran menunjukkan kaitan sub bab, subtopik, dan soal.

Tiga tingkat kemampuan

Tingkat	Yang diminta	Contoh bentuknya
Pengetahuan dan pemahaman	mengidentifikasi, menjelaskan	menentukan Part CASR yang mengatur suatu kegiatan; menjelaskan fungsi sebuah komponen mesin
Aplikasi	menerapkan, menggambarkan	membaca jangka sorong atau mikrometer; memilih alat yang tepat; menghitung torsi, arus, atau tekanan
Penalaran	menelaah, mengorelasikan, menganalisis	menafsirkan hasil pengukuran untuk menemukan kabel putus; menalar mengapa sebuah konstruksi dipilih; mengaitkan tekanan udara dengan gaya angkat

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

Pada paket latihan buku ini, 44 % soal tergolong sulit, dan jumlah soal sulit paling banyak ada di **Bab 3**, sedangkan proporsi tertinggi ada di **Bab 4**. Soal sulit di sini jarang berarti "konsepnya sangat tinggi". Biasanya soal itu sulit karena kamu harus **teliti**: satu satuan yang tidak disamakan, satu arah yang tertukar, atau satu angka dalam tabel yang terlewat sudah mengubah jawaban.

Konteks soal: kasus di hanggar

Hampir setiap soal berbentuk **kasus**. Tokohnya siswa magang, teknisi, inspektur, atau pilot pesawat latih. Latarnya hanggar, apron, atau bengkel komponen sebuah organisasi perawatan. Contoh resmi Pusmendik memperlihatkan hal yang sama: teknisi mengencangkan baut dengan *torque wrench*, orang menggambar ulang diagram hidraulik, siswa menganalisis konstruksi *semi monocoque*, atau rangkaian dengan satu cabang yang terputus.

Konteks	Contoh yang akan kamu temui
Dunia kerja, K3, dan CASR	instruksi radio saat pesawat ditarik; tumpahan bahan bakar di hanggar; kartu kerja berbahasa Inggris; suku cadang tanpa dokumen
Teknik dasar dan gambar	hasil ukur mikrometer; urutan pengukuran kabel; kecepatan bor; gambar kerja braket
Theory of flight, struktur, dan mesin	tekanan di venturi; uji gerak aileron; retak pada longeron; uji kompresi dan *run-up*
Material dan *hardware*	korosi pada panel; panjang *grip* baut; *safety wire*; torsi dan kunci momen
Sistem pesawat	circuit breaker yang sering trip; antena VHF dipindah; *airspeed indicator* nol saat lepas landas; roda pendarat bergerak lambat

Cerita pembukanya bisa cukup panjang. Sebagian besar hanya latar, tetapi **petunjuk penting sering diselipkan di dalamnya**: bacaan alat ukur, nilai batas dari manual, jam terbang, atau kondisi cuaca. **Baca kalimat pertanyaannya dulu**, lalu kembali ke cerita untuk mencari petunjuk yang dibutuhkan.

Satu hal lagi: sebagian istilah memakai bahasa Inggris, karena begitulah manual dan kartu kerja pesawat ditulis. Buku ini menjelaskan setiap istilah itu saat pertama muncul dan menyediakan glosarium di Lampiran. Angka dalam soal, seperti torsi, batas aus, atau tegangan kabel, adalah **angka latihan yang disusun fiktif** dan harus dibaca "menurut kartu kerja pada soal itu", bukan sebagai data pesawat tertentu.

Bentuk soal dan cara menjawabnya

Kisi-kisi resmi menyebut tiga bentuk soal.

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

Bentuk	Cara menjawab
Pilihan ganda (PG)	pilih **satu** jawaban dari lima pilihan A–E
PG kompleks kategori (Benar/Salah)	tentukan **setiap** pernyataan Benar atau Salah
PG kompleks MCMA (pilih lebih dari satu)	pilih **semua** pilihan yang benar; jumlahnya tidak disebutkan

Tiga contoh berikut sengaja dibuat sendiri dan bukan bagian dari paket latihan mana pun. Tujuannya memperlihatkan bentuk soal dan cara berpikir menghadapinya. Semua tokoh dan angkanya fiktif.

Contoh 1: pilihan ganda dengan hitungan

> Pada 2027, Dewi, siswa magang di sebuah organisasi perawatan pesawat latih, harus mengencangkan baut dengan momen akhir **120 in-lb** menurut kartu kerja. Baut itu hanya terjangkau bila *torque wrench* diberi adaptor perpanjangan yang lurus searah pegangan. Panjang efektif *torque wrench* dari pusat kepala sampai titik pegang adalah 10 in, dan adaptor menambah 2 in. Setelan yang harus dipasang di *torque wrench* adalah ....
>
> A. 100 in-lb
> B. 120 in-lb
> C. 144 in-lb
> D. 118 in-lb
> E. 60 in-lb

Cara berpikir. Adaptor yang lurus memperpanjang lengan, sehingga momen yang sebenarnya diterima baut **lebih besar** daripada angka yang terbaca di alat. Karena itu setelan alat harus **lebih kecil**: setelan = momen yang dikehendaki × panjang alat ÷ (panjang alat + panjang adaptor) = 120 × 10 ÷ 12 = **100 in-lb**. Jawaban: **A**. Pilihan B mengabaikan adaptor. Pilihan C membalik perbandingannya sehingga setelannya malah lebih besar dan baut terlalu kencang. Pilihan D hanya mengurangi selisih panjang secara sembarangan. Pilihan E mengambil setengahnya tanpa dasar. Bab 4.3 membahas ini dengan lengkap.

Contoh 2: Benar/Salah

> Sebuah pesawat latih bermesin piston akan lepas landas dari bandara di dataran tinggi pada hari yang panas (2027). Instruktur meminta Raka, siswa magang, menjelaskan mengapa lepas landasnya terasa lebih "panjang" dibandingkan di bandara pantai pada hari yang sejuk.
>
> Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.
>
> 1. Pada kecepatan yang sama, gaya angkat (*lift*) sayap lebih kecil karena rapat udara lebih rendah.
>
> 2. Untuk mendapatkan gaya angkat yang sama, pesawat memerlukan kecepatan sebenarnya terhadap udara (*true airspeed*) yang lebih tinggi.

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

3. Berat pesawat berkurang cukup besar di dataran tinggi sehingga gaya angkat yang diperlukan menjadi lebih kecil.

Cara berpikir. Pernyataan 1 **Benar**: gaya angkat sebanding dengan rapat udara, dan udara di dataran tinggi yang panas lebih renggang. Pernyataan 2 **Benar** sebagai akibatnya: kecepatan harus dinaikkan agar hasilnya tetap sama, sehingga landasan yang dibutuhkan lebih panjang. Pernyataan 3 **Salah**: percepatan gravitasi hampir tidak berubah pada ketinggian bandara, jadi berat pesawat tidak berkurang berarti. Pengecoh seperti pernyataan 3 sering muncul: kedengarannya masuk akal, tetapi menukar penyebab yang sebenarnya. Bab 3.1 dan 3.2 membahas ini.

Contoh 3: pilih lebih dari satu (MCMA)

Pada 2027, Intan memasang flens pompa pada pesawat latih dengan **enam** baut yang tersusun melingkar. Kartu kerja meminta momen akhir **60 in-lb**. Langkah yang tepat dilakukan Intan adalah (pilih **semua** yang benar) ....

A. mengencangkan bertahap dengan pola silang, misalnya 20, 40, lalu 60 in-lb
B. mengencangkan baut nomor 1 sampai 6 satu per satu langsung ke 60 in-lb mengikuti urutan melingkar
C. memberi tanda torsi (*torque stripe*) pada baut dan flens setelah momen akhir tercapai
D. memakai *torque wrench* berkapasitas 600 in-lb karena alat yang lebih besar lebih kuat dan lebih awet
E. memastikan *torque wrench* masih dalam masa kalibrasi dan setelannya sesuai kartu kerja

Cara berpikir. Nilai pilihan satu per satu. A **tepat**: flens harus ditekan rata, sehingga baut dikencangkan bertahap dan bersilangan. B salah karena baut pertama akan terkunci kencang sebelum yang lain dan flens menjadi miring. C **tepat**: tanda torsi memudahkan pemeriksaan bahwa baut tidak bergeser. D salah karena alat ukur paling teliti pada bagian tengah rentangnya; 60 in-lb hanyalah sepersepuluh kapasitas alat itu. E **tepat**: alat yang kedaluwarsa kalibrasinya tidak boleh dipakai. Jawaban: **A, C, dan E**. Jangan menebak jumlahnya, dan jangan berhenti pada jawaban pertama yang kamu temukan. Bab 1.3 dan 4.3 membahas ini.

Ciri khas soal TPU

1. Hitungan sederhana tetapi teliti

Beberapa soal memuat hitungan: torsi, hukum Ohm, tekanan dan gaya hidraulik, perbandingan lengan, kecepatan potong, atau penurunan putaran. Rumusnya sedikit dan angkanya dibuat sederhana, tanpa kalkulus. Yang menjatuhkan siswa biasanya bukan rumusnya, melainkan **satuan yang tidak disamakan** (in-lb dengan N·m, psi dengan kPa, mA dengan A), **arah yang tertukar**, atau **alat dipasang pada posisi yang keliru** (ammeter paralel, voltmeter seri).

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

2. Gambar yang berisi informasi

Sebagian soal memakai gambar kerja, rangkaian, instrumen, atau diagram sistem. Gambarnya **memuat informasi yang dibutuhkan untuk menjawab**. Letak lubang, simbol, nilai pada skala, dan huruf penanda bukan hiasan. Baca semua label sebelum membaca pilihan jawaban.

3. Tabel dari manual dan hasil ukur

Tabel memuat batas dari manual, hasil pengukuran di beberapa titik, atau urutan pemeriksaan. Bacalah judul kolom dan satuannya dulu, lalu cari **baris yang ditanyakan**. Sering ada satu angka yang melewati batas dan kamu diminta menemukannya.

4. Pilihan yang berupa keputusan

Pada soal kasus, pilihan jawabannya sering berupa tindakan: "apa yang paling tepat dilakukan?". Beberapa tindakan **benar tetapi bukan yang paling tepat**. Dalam perawatan pesawat, tindakan yang tepat hampir selalu berarti **mengikuti prosedur dan data yang disetujui**, bukan mengandalkan perasaan, kebiasaan, atau "supaya cepat selesai".

Dua keterampilan lintas bab

Membaca satuan dan istilah teknis

Manual pesawat sering memakai satuan Imperial: in-lb, psi, ft, knot. Biasakan menulis satuan di setiap angka yang kamu hitung dan mengonversinya bila perlu. Untuk istilah Inggris, ingat bahwa pada umumnya istilah itu menunjuk benda atau tindakan yang sudah kamu kenal: *torque stripe* adalah tanda cat tipis pada baut, *grip* adalah panjang bagian baut tanpa ulir, *open circuit* adalah rangkaian terputus.

Menggambar sketsa sebelum menjawab

Untuk soal rangkaian, gaya pada pesawat, atau proyeksi gambar, **gambar sketsa sederhana** di kertas coretan: panah gaya, garis rangkaian dengan titik ukur, atau tiga pandangan sebuah benda. Sketsa sepuluh detik ini mencegah dua kesalahan terbesar: melupakan satu komponen dan menukar arah.

Strategi 60 menit

1. **Putaran pertama (±30 menit):** kerjakan soal kasus yang jawabannya langsung terlihat: dunia kerja, K3, CASR, alat, material, *hardware*, dan konsep mesin. Tandai soal hitungan panjang dan soal MCMA yang masih ragu.
2. **Putaran kedua (±25 menit):** kerjakan soal yang ditandai. Untuk soal hitungan, tulis rumus dan satuan di setiap langkah. Untuk soal rangkaian, buat **sketsa** dan beri tanda pada cabang yang terputus. Untuk soal kasus, tulis dulu apa yang sebenarnya ditanyakan dengan satu kalimat pendek.
3. **Lima menit terakhir:** periksa ulang soal Benar/Salah dan MCMA baris demi baris, lalu pastikan tidak ada soal yang kosong.

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

4. **Periksa kewajaran hasil hitungan.** Setelan *torque wrench* dengan adaptor tidak mungkin lebih besar daripada momen yang dikehendaki; arus cabang tidak mungkin lebih besar daripada arus total. Bila hasilmu tidak masuk akal, ulangi langkahnya.

Cara memakai buku ini untuk TPU

- **Ikuti urutan bab.** Bab 1 dan Bab 2 memperkenalkan cara kerja, alat, dan istilah yang dipakai di semua bab berikutnya; Bab 5.1 menyiapkan Bab 5.2 dan seterusnya.
- **Kerjakan ulang setiap contoh hitungan dengan tanganmu sendiri**, lalu tutup jawabannya dan coba lagi tanpa melihat. Hitungan yang kamu kerjakan sendiri lebih awet daripada yang hanya dibaca.
- **Hubungkan dengan praktik.** Bila sekolahmu punya *torque wrench*, jangka sorong, mikrometer, multimeter, atau mesin latih, coba langsung langkah-langkah yang dijelaskan, di bawah bimbingan gurumu.
- **Prioritaskan sub bab bertanda ★.** Sub bab ini punya soal sulit yang banyak.
- **Kerjakan kuis akhir bab dalam 60 menit**, sama dengan waktu ujian, lalu ikuti tabel anjuran di bawahnya.
- **Simpan Simulasi TKA untuk akhir.** Tiga simulasi berisi soal yang belum pernah kamu temui di sub bab mana pun dan menjadi ukuran kesiapanmu yang sebenarnya.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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, K3, Budaya Kerja, dan CASR

SMKTPU-B1

Setelah mempelajari bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan peran profesi, komunikasi, kerja tim, dan faktor manusia (human factors) dalam perawatan pesawat udara
- menerapkan prosedur K3 dasar di hanggar dan apron
- [object Object]
- mengidentifikasi ketentuan CASR Part 21, 39, 43, 45, 47, 65, 145, dan 147 serta kaitannya dengan kelaikan udara

Peta bab

Sub bab	Judul
1.1	Dunia kerja perawatan pesawat, komunikasi, kerja tim, dan human factors
1.2	K3 di hanggar dan apron
1.3	Kecakapan dasar perawatan: kartu kerja, urutan kerja, dan ketelitian
1.4	CASR: peraturan keselamatan penerbangan sipil

Bab 1 di LMS

Buka seluruh latihan bab ini di LMS.

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

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

Sub bab 1.1 · Dunia kerja perawatan pesawat, komunikasi, kerja tim, dan human factors

SMKTPU-1.1

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu **menerapkan wawasan dunia kerja, kecakapan dasar, dan budaya kerja**: komunikasi dan kerja tim, serta budaya kerja industri penerbangan. Levelnya pemahaman dan aplikasi: kamu diminta menentukan tindakan yang tepat dalam situasi kerja yang nyata.

Pola soal yang sering muncul: (1) **komunikasi**: menanggapi instruksi lisan lewat radio, membaca kartu kerja berbahasa Inggris, atau menyerahkan pekerjaan antar-shift; (2) **kerja tim**: peran tiap orang saat pesawat ditarik, dan kapan seorang siswa magang harus berbicara; (3) **budaya kerja dan faktor manusia**: alat yang belum kembali ke tempatnya, teknisi yang lelah ragu atas pekerjaannya sendiri, atau penataan ulang *tool crib* dengan 5R.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan pihak-pihak dalam dunia perawatan pesawat dan profesi di dalam organisasi perawatan;
- menerapkan *read-back*, isyarat yang disepakati, dan serah terima pekerjaan yang jelas;
- menentukan peran dan tindakan tiap anggota tim, termasuk kapan harus menghentikan pekerjaan;
- menjelaskan faktor manusia, budaya pelaporan yang adil, pengendalian alat, dan 5R.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Pesawat yang kamu naiki tidak laik terbang karena keberuntungan. Ia laik terbang karena ada serangkaian pekerjaan yang dilakukan oleh banyak orang dengan aturan yang sangat ketat: memeriksa, mengganti, menguji, mencatat, lalu menandatangani. Sub bab ini memperkenalkan dunia tempat pekerjaan itu terjadi, dan cara orang-orang di dalamnya bekerja sama.

1. Siapa saja yang membuat pesawat laik terbang

Ada empat pihak utama (Gambar 1.1).

Pabrikan merancang dan membuat pesawat serta komponennya. Pabrikan juga menerbitkan **manual perawatan** dan data teknis: dokumen yang menyebut cara membongkar, memasang, memeriksa, dan batas-batas yang boleh. Teknisi tidak boleh mengarang cara kerja sendiri; ia mengikuti manual itu.

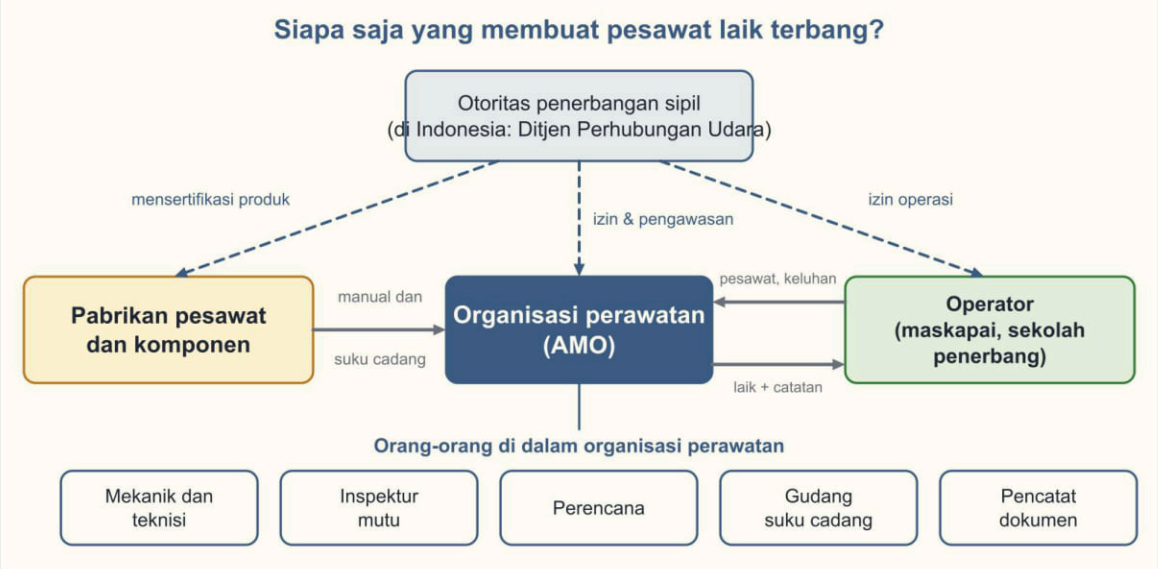
Operator adalah pihak yang menerbangkan pesawat: maskapai, perusahaan carter, atau sekolah penerbang. Operator mengirim pesawat untuk dirawat dan menerima kembali pesawat yang

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

sudah laik terbang berikut catatan perawatannya.

Organisasi perawatan adalah tempat pekerjaan perawatan dilakukan. Di Indonesia organisasi ini disebut AMO (*Approved Maintenance Organization*, organisasi perawatan yang disetujui), dan kamu akan bertemu dengan istilah itu di soal. "Disetujui" berarti organisasi itu sudah diperiksa dan diberi izin oleh otoritas. Hanggar sekolah penerbangan yang dipakai praktik siswa SMK pun mengikuti pola yang sama.

Otoritas penerbangan sipil menetapkan peraturan, mensertifikasi produk, memberi izin kepada organisasi dan personel, lalu mengawasinya. Di Indonesia otoritas itu berada di Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, Kementerian Perhubungan. Peraturannya dibahas di sub bab 1.4.



Gambar 1.1 Hubungan pabrikan, operator, organisasi perawatan (AMO), dan otoritas penerbangan sipil. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

2. Orang-orang di dalam organisasi perawatan

Di dalam sebuah AMO ada pembagian tugas yang jelas (Gambar 1.2).



Gambar 1.2 Susunan sederhana sebuah organisasi perawatan: bagian mutu dan bagian produksi di bawah pimpinan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

- **Mekanik dan teknisi** mengerjakan pekerjaan: membuka panel, mengganti komponen, memasang, menyetel, dan menguji. Teknisi berlisensi memiliki wewenang tertentu untuk menyatakan pekerjaan selesai; lisensi itu dibahas di sub bab 1.4.
- **Inspektur mutu** memeriksa hasil kerja. Prinsip pentingnya: **orang yang memeriksa tidak memeriksa pekerjaannya sendiri**. Dua pasang mata menangkap kesalahan yang terlewat oleh satu pasang.
- **Perencana** menyusun jadwal pekerjaan dan menyiapkan **kartu kerja** (*job card* atau *task card*): lembar instruksi berisi langkah, nilai batas, dan kolom tanda tangan.
- **Petugas gudang** menyimpan dan mengeluarkan suku cadang beserta dokumen asalnya, serta mengelola ***tool crib***, yaitu ruang penyimpanan alat yang dicatat keluar-masuknya.
- **Pengelola catatan** menyimpan dokumen perawatan: apa yang dikerjakan, kapan, oleh siapa, dengan suku cadang apa.

Selain itu ada profesi lain yang sering dijumpai: teknisi avionik (bidang elektronik pesawat), teknisi uji tak merusak, dan petugas keselamatan. Peluang kerja lulusan TPU ada di organisasi perawatan, maskapai, sekolah penerbangan, serta pabrikan dan penyedia komponen; kompetensi dibuktikan lewat sertifikat dan lisensi yang diatur peraturan.

3. Komunikasi: ucapan yang bisa salah dengar

Hanggar itu bising. Mesin ground power, kompresor, dan mesin pesawat membuat suara orang sulit ditangkap. Kesalahan dengar kecil, misalnya kata "jangan" yang terlewat, dapat berubah menjadi pekerjaan yang salah. Karena itu penerbangan memiliki beberapa kebiasaan komunikasi yang ketat.

Read-back. *Read-back* adalah mengulang kembali **seluruh** unsur instruksi kepada pemberinya,

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

lalu meminta atau menunggu konfirmasi. Unsur instruksi biasanya: **apa** yang dikerjakan, **pada benda yang mana**, **dari mana ke mana**, dan **larangan** yang menyertainya. Dengan membaca balik, pemberi instruksi mendengar apa yang *sebenarnya* ditangkap penerima dan dapat mengoreksinya sebelum pekerjaan dimulai. Perhatikan bahwa "Diterima, nanti saya kabari" **bukan** *read-back*: tidak ada satu pun unsur yang diulang.

Isyarat tangan dan peluit. Saat pesawat ditarik atau diparkir, suara tidak dapat diandalkan sama sekali, sehingga dipakai isyarat tangan, bendera atau tongkat, dan peluit. Isyarat harus **disepakati dalam briefing sebelum pekerjaan** (contoh pada Gambar 1.3: peluit dan kedua tangan menyilang di atas kepala berarti berhenti). Isyarat berhenti adalah satu-satunya yang boleh diberikan **siapa saja** dalam tim, kapan saja.

Kartu kerja berbahasa Inggris. Manual dan kartu kerja hampir selalu berbahasa Inggris. Kamu akan sering menemui kata seperti *torque* (momen pengencangan), *inspect* (periksa), *replace* (ganti), *do not exceed* (jangan melebihi), *warning* (peringatan bahaya bagi orang), *caution* (peringatan kerusakan bagi pesawat), dan *note* (keterangan). Membaca satuan dengan teliti sama pentingnya dengan memahami kata. Sub bab 1.3 membahas kartu kerja lebih jauh.

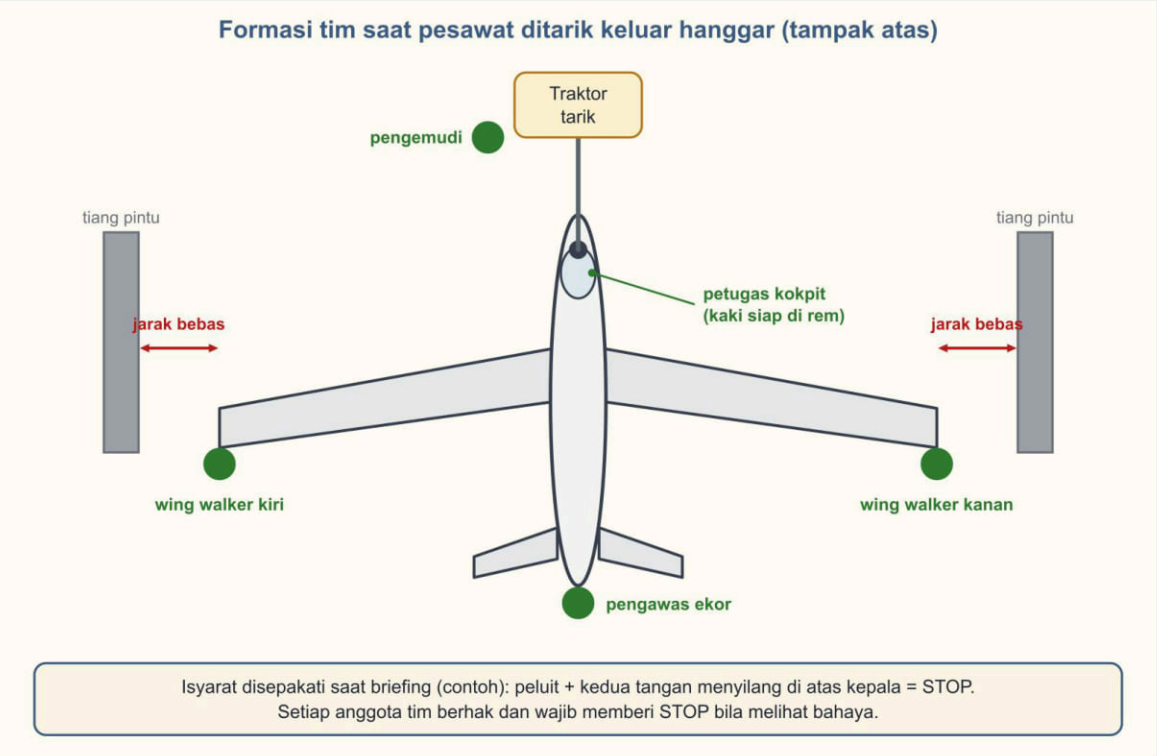
Serah terima shift. Pekerjaan perawatan sering berlangsung melewati pergantian shift. Pada saat pergantian itu, kerja yang belum selesai harus **dicatat tertulis dan disampaikan langsung**: apa yang sudah dikerjakan, apa yang belum, panel mana yang masih terbuka, alat apa yang masih dipakai. Pekerjaan yang "pasti sudah dikerjakan orang lain" adalah sumber kesalahan yang sangat klasik.

Alfabet fonetik. Untuk menyebut nomor registrasi atau kode lewat radio dipakai alfabet fonetik internasional: A = *Alfa*, B = *Bravo*, C = *Charlie*, dan seterusnya. Dengan begitu huruf yang mirip bunyi ("B" dan "D") tidak tertukar. Registrasi pesawat Indonesia berawalan "PK".

4. Kerja tim: ketika semua orang bertanggung jawab atas keselamatan

Banyak pekerjaan perawatan dilakukan oleh tim, dan pembagian peran menentukan apakah pekerjaan itu aman. Contoh yang paling jelas adalah **menarik pesawat keluar hanggar** dengan traktor tarik (*tow tractor*) (Gambar 1.3).

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



Gambar 1.3 Formasi tim saat pesawat ditarik keluar hanggar: pengemudi, petugas kokpit di rem, wing walker di kedua ujung sayap, dan pengawas ekor. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

- **Pengemudi traktor** mengemudi, tetapi biasanya menghadap ke depan sehingga tidak melihat ujung sayap.
- **Petugas di kokpit** siap menginjak rem bila batang tarik terlepas atau diminta berhenti.
- ***Wing walker*** berjalan di ujung sayap dan mengawasi **jarak bebas**, yaitu jarak aman terhadap tiang, pesawat lain, atau kendaraan.
- **Pengawas ekor** mengawasi bagian belakang pesawat.

Semua orang dalam tim berhak dan wajib memberi isyarat berhenti. Setelah berhenti, **traktor yang berhenti lebih dulu**: rem pesawat tidak boleh diinjak mendadak selagi traktor masih menarik, karena batang tarik dan roda depan dapat rusak. Penarikan dilanjutkan hanya setelah semua anggota menyatakan jalur aman.

Prinsip yang sama berlaku untuk pekerjaan lain: **peran jelas, komunikasi jelas, dan semua orang boleh menghentikan pekerjaan**. Termasuk siswa magang. Ketika kamu melihat sesuatu yang keliru, misalnya seorang teknisi senior membaca satuan dengan salah, **diam bukan sikap sopan, melainkan sikap berbahaya**. Cara menyampaikannya yang efektif adalah tiga langkah pendek: (1) **hentikan** dengan sopan ("Mohon tunggu sebentar"); (2) **tunjukkan dokumennya** ("Di kartu kerja tertulis satuannya in-lb"); (3) **usulkan pemeriksaan** ("Boleh kita cek bersama?"). Mengutip dokumen membuat teguran menjadi pembicaraan tentang fakta, bukan tentang siapa yang lebih senior.

5. Budaya kerja industri penerbangan

Budaya kerja adalah kebiasaan bersama yang membuat orang berperilaku aman bahkan ketika tidak diawasi. Dalam perawatan pesawat, beberapa nilainya sangat spesifik.

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

- **Jujur mencatat dan melapor.** Tanda tangan di kartu kerja berarti "saya mengerjakan ini sendiri atau melihat sendiri bahwa ini benar". Menandatangani sesuatu yang belum dikerjakan atau diperiksa adalah pelanggaran berat. Bila kamu ragu apakah suatu langkah sudah selesai, **katakan**, jangan menebak.
- **Budaya pelaporan yang adil (*just culture*).** Organisasi yang baik ingin tahu tentang kesalahan agar dapat memperbaiki sistem, jadi **kesalahan tidak sengaja yang dilaporkan sukarela tidak dihukum**. Sebaliknya, **pelanggaran yang disengaja** (misalnya melewati prosedur demi cepat) tetap ditindak. Tanpa budaya ini orang menyembunyikan kesalahan, dan kesalahan yang tersembunyi terbang bersama pesawat.
- **Pengendalian alat (*tool control*).** Alat tertinggal di dalam pesawat dapat menyangkut kabel kendali atau mesin. Benda asing yang tertinggal disebut ***FOD*** (*foreign object damage*, kerusakan akibat benda asing; sebutan yang sama dipakai untuk bendanya). Untuk mencegahnya, alat disimpan pada ***shadow board***, yaitu papan yang diberi siluet tiap alat, sehingga alat yang hilang langsung terlihat. Alat dihitung sebelum dan sesudah bekerja. **Bila ada alat yang belum kembali, pesawat tidak dirilis sampai alat ditemukan atau area kerja dipastikan bersih.**
- **Mengikuti prosedur dan tidak menebak.** Prosedur dalam manual lahir dari pelajaran yang mahal. "Biasanya begini" bukan dasar kerja.

6. Faktor manusia (*human factors*)

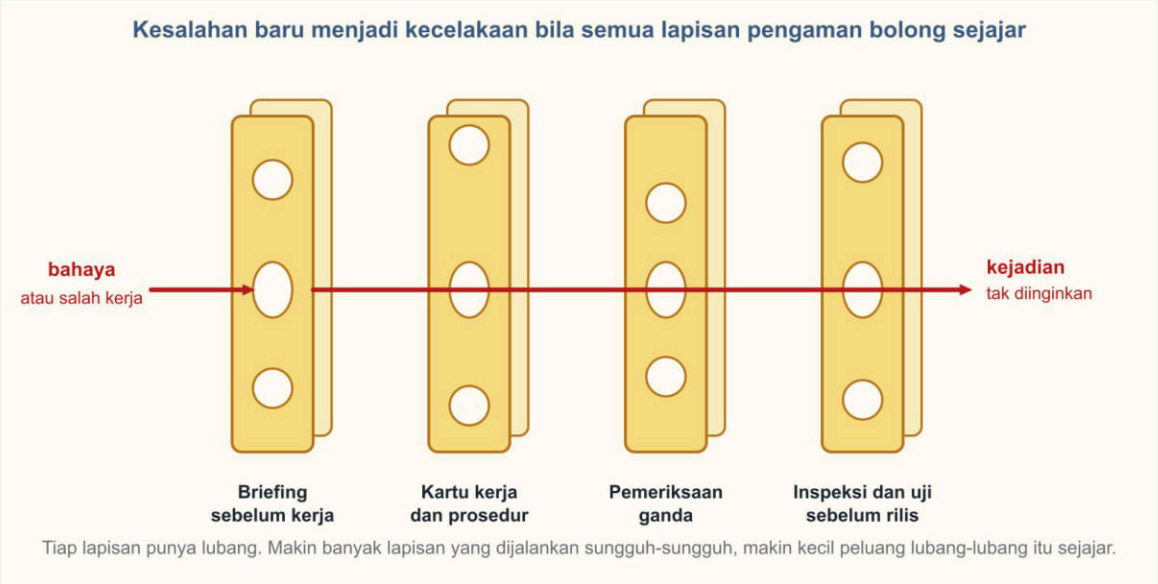
Mesin dan komponen pesawat dirancang makin andal, tetapi **orang** tetap bisa lelah, tergesa-gesa, dan keliru. Kajian tentang bagaimana kondisi manusia memengaruhi kesalahan disebut ***human factors*** (faktor manusia). Pelatihan perawatan pesawat memakai daftar populer "dirty dozen" yang berisi dua belas kondisi yang mudah memicu kesalahan. Enam di antaranya paling sering muncul di soal:

Faktor	Artinya	Contoh di hanggar
Kelelahan (*fatigue*)	otak lambat dan mudah lupa setelah kurang tidur atau kerja panjang	teknisi bekerja 14 jam lalu ragu atas pekerjaannya
Tekanan waktu (*pressure*)	dorongan menyelesaikan cepat melangkahi prosedur	pesawat dijadwalkan terbang dua jam lagi
Lengah (*complacency*)	merasa "sudah biasa, pasti aman" sehingga memeriksa sekadarnya	tidak menghitung alat karena "tidak pernah ada yang hilang"
Komunikasi buruk	instruksi tidak lengkap, tidak diulang, atau tidak disampaikan saat serah terima	pekerjaan setengah jadi tidak ditulis di catatan shift
Kurang berani bersuara (*lack of assertiveness*)	tidak menyampaikan keraguan karena sungkan	siswa magang melihat satuan keliru tetapi diam
Norma kelompok (*norms*)	kebiasaan buruk yang dianggap wajar oleh kelompok	"semua orang memang tidak menghitung alat"

Seorang psikolog bernama James Reason menggambarkan bagaimana kecelakaan terjadi dengan

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

model lapisan pengaman, sering disebut model keju Swiss (Gambar 1.4). Bayangkan beberapa lembar keju berlubang yang disusun berderet. Setiap lembar adalah satu lapisan pengaman (briefing, kartu kerja, pemeriksaan ganda, inspeksi sebelum rilis), dan setiap lapisan punya lubang berupa kelemahan. Satu kesalahan biasanya terhenti oleh lapisan berikutnya. Kecelakaan terjadi saat lubang-lubang itu **kebetulan sejajar** sehingga kesalahan menembus semuanya. Karena itu menjalankan setiap lapisan dengan sungguh-sungguh itu penting, **termasuk lapisan yang tampak membosankan**.



Gambar 1.4 Model lapisan pengaman: kesalahan baru menjadi kejadian bila lubang pada semua lapisan sejajar. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia, berdasarkan model yang dikemukakan James Reason.

Faktor manusia tidak dilawan dengan "lebih berhati-hati" saja. Ia dilawan dengan **sistem**: kartu kerja, pemeriksaan ganda, hitung alat, jam kerja yang wajar, dan keberanian melapor. Kelelahan dan tekanan waktu juga **dicatat dalam laporan**, bukan disembunyikan, agar organisasi dapat memperbaiki jadwal.

7. 5R: tempat kerja yang menjaga keselamatan

Budaya kerja yang baik juga terlihat dari tempat kerjanya. Di Indonesia, pola penataan tempat kerja populer dikenal sebagai **5R** (Gambar 1.5): **Ringkas** (pisahkan yang diperlukan dari yang tidak), **Rapi** (setiap benda punya tempat tetap), **Resik** (bersihkan alat dan tempat), **Rawat** (jaga tiga R sebelumnya dengan aturan dan jadwal), dan **Rajin** (jadikan kebiasaan bersama). Urutannya penting: kamu tidak dapat merapikan sebelum menyingkirkan yang tidak perlu.

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



Gambar 1.5 Lima unsur 5R beserta contohnya di tool crib. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Ketika *tool crib* ditata ulang dengan 5R, kaleng kosong dan kain bekas disingkirkan (ringkas), tiap alat diberi siluet di *shadow board* (rapi), alat dibersihkan sesudah dipakai dan tumpahan oli dilap (resik), jadwal periksa dan hitung alat dibuat tetap tiap pergantian shift (rawat), dan seluruh tim ikut merapikan sebelum pulang tanpa disuruh (rajin). Unsur yang paling sering tertukar adalah **ringkas** dan **rapi**: ringkas berarti *menyingkirkan*, rapi berarti *menata*.

CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1: menyusun *read-back*

Pada 2026, supervisor hanggar menyampaikan lewat radio kepada Bimo, siswa magang: "Bawa troli oksigen dari gudang ke bay 3, jangan taruh di dekat pesawat, tunggu saya di pintu." Radio sempat berderak. Susunlah tanggapan Bimo yang benar. *(Kasus fiktif.)*

1. **Pisahkan unsur instruksi.** Apa: bawa troli oksigen. Dari mana ke mana: gudang ke bay 3. Larangan: jangan taruh di dekat pesawat. Tindakan lanjutan: tunggu supervisor di pintu.
2. **Ulangi semua unsur** dengan kata sendiri yang tetap memuat isinya, termasuk larangan.
3. **Akhiri dengan konfirmasi** agar pemberi instruksi dapat mengoreksi.

Jawaban: "Troli oksigen dari gudang ke bay 3, tidak ditaruh dekat pesawat, saya tunggu di pintu, benar?" Tanggapan seperti "Diterima, segera saya kerjakan" tidak memenuhi *read-back* karena tidak ada unsur yang diulang. Larangan paling sering terlewat di lingkungan bising, jadi pastikan ia ada di ulangan.

Contoh 2: menentukan peran saat pesawat ditarik

Pesawat latih akan ditarik 30 m keluar dari bay 2. Tim terdiri atas empat orang: Hana, Joko, Lina, dan Maman. Hana berjalan di ujung sayap kiri, Joko mengemudikan traktor, Lina duduk di kokpit, dan Maman berjalan di ujung sayap kanan. Jalur penarikan melewati pintu hanggar yang jaraknya dari ujung sayap tinggal sekitar 1,5 m di kiri. Siapa mengerjakan apa, dan apa yang dilakukan bila Hana melihat jarak menyempit? *(Kasus fiktif.)*

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

1. **Petakan peran.** Joko = pengemudi (mengendalikan gerak maju); Lina = petugas kokpit (siap di rem, menyaksikan jalur depan); Hana dan Maman = *wing walker* (mengawasi jarak bebas di ujung sayap kiri dan kanan).
2. **Tentukan siapa boleh menghentikan.** Semua anggota. Hana yang melihat jarak sayap kiri menyempit memberi isyarat berhenti yang sudah disepakati (peluit dan tangan menyilang).
3. **Urutan berhenti.** Joko menghentikan traktor lebih dulu; Lina menahan rem bila perlu **setelah** traktor berhenti.
4. **Setelah berhenti.** Tim memeriksa jarak, memutuskan penyesuaian arah bersama, lalu melanjutkan setelah semua menyatakan jalur aman.

Jawaban: Hana memberi isyarat berhenti; traktor berhenti dulu; tim berunding sebelum melanjutkan.

Contoh 3: mengenali faktor penyebab pada kasus shift malam

Pukul 03.00 pada 2027, Rudi sudah bekerja 13 jam karena rekan shift berikutnya terlambat. Ia memasang klem selang bahan bakar dan menandatangani kartu kerja, padahal ia tidak yakin sudah memeriksa semua klem. Pesawat dijadwalkan terbang pukul 06.00, dan supervisor berkata, "Pokoknya jangan sampai terlambat." Rudi memutuskan tidak bertanya karena "tidak enak". Tentukan faktor manusia yang muncul dan tindakan yang tepat. *(Kasus fiktif.)*

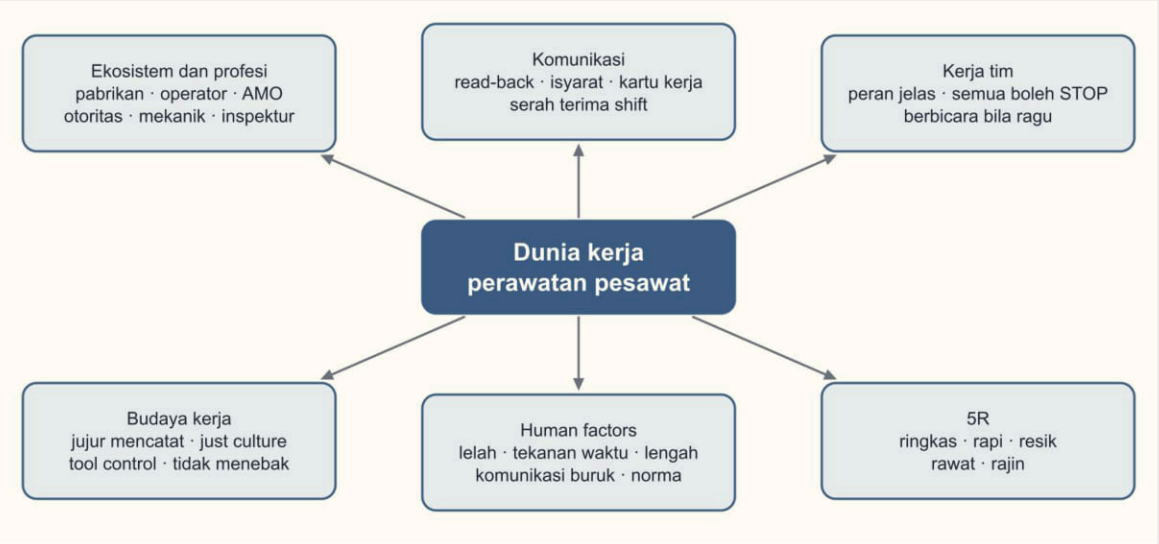
1. **Cari kondisi yang memicu kesalahan.** Kerja 13 jam → kelelahan. Perintah "jangan sampai terlambat" → tekanan waktu. Tidak bertanya karena tidak enak → kurang berani bersuara.
2. **Nilai tindakan Rudi.** Tanda tangan padahal ragu melanggar nilai jujur mencatat.
3. **Tentukan tindakan tepat.** Hubungi supervisor sekarang, sebelum pesawat terbang, agar klem diperiksa ulang oleh orang lain; catat kelelahan dan tekanan waktu sebagai faktor dalam laporan.
4. **Sikap organisasi.** Dalam budaya pelaporan yang adil, Rudi tidak dihukum karena melapor keraguannya; yang berbahaya adalah **diam**.

Jawaban: faktor yang muncul adalah kelelahan, tekanan waktu, dan kurang berani bersuara; Rudi harus segera melapor agar pemasangan diperiksa sebelum terbang.

❖ PETA KONSEP

Gambar 1.6 merangkum isi sub bab ini.

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



Gambar 1.6 Peta konsep dunia kerja perawatan pesawat. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Yang harus kamu ingat:

- Pesawat laik terbang berkat kerja **pabrikan, operator, organisasi perawatan (AMO), dan otoritas**; di dalam AMO, **pemeriksa terpisah dari pengerja**.
- ***Read-back* = mengulang semua unsur instruksi** (termasuk larangan) dan meminta konfirmasi.
- Dalam kerja tim, **semua orang boleh dan wajib menghentikan pekerjaan** bila melihat bahaya; teguran yang baik: hentikan, tunjukkan dokumen, usulkan pemeriksaan.
- **Jujur mencatat**: tanda tangan = saya mengerjakan/melihat sendiri. ***Just culture***: kesalahan tidak sengaja yang dilaporkan tidak dihukum.
- **Alat belum kembali = pesawat belum dirilis.** *Shadow board* dan hitung alat mencegah FOD.
- *Human factors*: kelelahan, tekanan waktu, lengah, komunikasi buruk, kurang berani bersuara, norma kelompok. 5R: **R**ingkas (singkirkan), **R**api (tata), **R**esik (bersihkan), **R**awat (jaga), **R**ajin (biasakan).

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

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal komunikasi, kerja tim, dan budaya kerja:

1. **Tulis apa yang sebenarnya ditanyakan:** tanggapan, peran, atau tindakan?
2. **Cari bahaya yang akan terjadi sekarang.** Bila kesalahan akan terjadi saat itu juga, tindakan terbaik adalah yang **mencegahnya sekarang**, bukan yang melaporkan nanti.
3. **Pilih tindakan yang merujuk pada dokumen dan prosedur**, bukan pada perasaan atau senioritas.
4. **Periksa kelengkapan:** tanggapan komunikasi yang benar memuat **semua** unsur, termasuk larangan.

Jebakan yang sering dipasang:

- **"Diterima, nanti saya kerjakan"** dianggap *read-back*, padahal tidak ada unsur yang diulang.
- ***Read-back* lengkap tetapi isinya salah dengar**: bentuknya benar, isinya keliru. Periksa isinya satu per satu.
- **Diam karena yang salah orang yang lebih senior.**
- **Menunggu supervisor** padahal kesalahan akan terjadi sekarang.
- **Menginjak rem pesawat** selagi traktor masih menarik, atau mendorong ujung sayap yang sedang bergerak, alih-alih memberi isyarat berhenti.
- **Pekerjaan lain "tetap lanjut"** walau alat belum kembali, karena uji fungsi sudah baik. Uji fungsi tidak membuktikan tidak ada alat tertinggal.
- **Budaya pelaporan yang adil** dianggap berarti "tidak boleh ada sanksi apa pun"; padahal pelanggaran yang disengaja tetap ditindak.
- **5R tertukar**: ringkas (menyingkirkan) dengan rapi (menata).

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa menjawab bahwa teknisi lelah yang menandatangani kartu kerja sebaiknya "pulang dulu dan besok memeriksa lagi". Pesawat terbang pukul 07.00, jadi yang tepat adalah memberi tahu supervisor **sekarang** agar orang lain memeriksanya sebelum pesawat terbang.

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut membahas instruksi lisan di lingkungan bising. Pakai bagian 3 (*read-back*) dan perhatikan unsur larangan.

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

►. Gilang, siswa magang di hanggar perawatan sebuah sekolah penerbangan, menerima instruksi lewat radio genggam dari supervisor pada 2027: "Pindahkan pesawat PK-SLA dari bay 2 ke bay 4, pasang ganjal roda, jangan sambungkan GPU." Suara radio sesekali terputus karena bising mesin di apron. Prosedur hanggar mewajibkan setiap instruksi lisan diulang (read-back) sebelum dikerjakan agar salah dengar dapat langsung dikoreksi. *(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tanggapan Gilang yang paling tepat adalah ....

A. "Diterima, PK-SLA ke bay 4, nanti saya kabari kalau sudah selesai."
B. "PK-SLA bay 2 ke bay 4, pasang ganjal, sambungkan GPU, dimengerti."
C. "PK-SLA bay 2 ke bay 4, pasang ganjal roda, tanpa GPU, benar?"
D. "Siap, saya pindahkan sekarang, ganjal roda menyusul sesudahnya."
E. "Bay 4 masih penuh, PK-SLA saya taruh di bay 3, dimengerti."

Pembahasan **Kunci: C**

Konsep: Read-back adalah mengulang instruksi lengkap (objek, asal, tujuan, tindakan, larangan) kepada pemberi instruksi agar salah dengar dapat dikoreksi sebelum pekerjaan dimulai. Di lingkungan bising, unsur larangan ("jangan ...") paling sering salah dengar.

Langkah:
1. Unsur instruksi: pesawat PK-SLA, dari bay 2 ke bay 4, pasang ganjal roda, GPU tidak disambung.
2. Read-back yang benar memuat semua unsur itu dan meminta konfirmasi.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Jebakan: terdengar sopan, tetapi unsur ganjal roda dan larangan GPU tidak diulang sehingga salah dengar tidak terdeteksi.
• **B.** ✗ Jebakan: bentuknya read-back lengkap, tetapi isinya salah dengar ("sambungkan GPU"); supervisor justru harus mengoreksinya.
• **C.** ✓ Semua unsur diulang dengan benar dan diakhiri permintaan konfirmasi.
• **D.** ✗ Mengubah urutan kerja: ganjal roda harus dipasang begitu pesawat berhenti, bukan menyusul.
• **E.** ✗ Mengubah instruksi sendiri tanpa konfirmasi; bila bay 4 penuh, Gilang seharusnya bertanya, bukan memutuskan.

Jawaban: C.

✎ LATIHAN

Untuk tiap soal, tulis dulu bahaya yang akan terjadi, lalu pilih tindakan yang mencegahnya dengan merujuk dokumen atau prosedur.

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

1. Pukul 05.30 pada 2027, tim malam selesai mengganti brake assembly roda kiri pesawat latih yang dijadwalkan terbang pukul 07.00. Saat memeriksa shadow board, Nisa, teknisi magang, mendapati satu obeng pipih belum kembali ke tempatnya. Seorang rekan berkata obeng itu mungkin terbawa oleh tim shift sebelumnya.
(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
Nisa melapor ke supervisor, dan pesawat tidak dirilis sebelum obeng ditemukan atau area kerja diperiksa ulang.	○	○
Karena uji fungsi rem sudah baik, kehilangan obeng dapat dicatat belakangan tanpa menunda jadwal terbang.	○	○
Pencarian meliputi rumah roda dan sekitar brake assembly karena alat yang tertinggal di sana dapat menjadi FOD.	○	○

2. Pesawat latih ditarik keluar hanggar dengan tow tractor pada 2027. Tim terdiri atas pengemudi traktor, seorang petugas di kokpit yang siap menginjak rem, dan dua wing walker. Ayu, wing walker sayap kanan, melihat ujung sayap tinggal sekitar 1 meter dari tiang pintu hanggar, sementara pengemudi menghadap ke depan. Briefing sebelum penarikan menetapkan bahwa setiap anggota tim boleh menghentikan penarikan dengan peluit dan isyarat tangan STOP.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tindakan Ayu yang paling tepat adalah ....

A. Berlari ke traktor untuk meminta pengemudi membelokkan pesawat ke kiri
B. Meniup peluit dan memberi isyarat STOP sampai traktor berhenti
C. Mendorong ujung sayap menjauhi tiang sementara penarikan tetap berjalan
D. Berteriak agar petugas kokpit menginjak rem walau traktor masih menarik
E. Memberi isyarat lanjut karena jarak 1 meter masih dianggap jarak aman

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

3. Pukul 04.00 pada 2027, Teguh, teknisi yang sudah bekerja 14 jam, menandatangani kartu kerja penggantian oil filter pesawat latih yang dijadwalkan terbang pukul 07.00. Saat berjalan pulang, ia ragu apakah safety wire filter sudah dipasang. Di AMO tempatnya bekerja berlaku budaya pelaporan yang adil (just culture): kesalahan yang dilaporkan sukarela tidak dihukum selama bukan pelanggaran yang disengaja.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Sikap dan tindakan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Teguh segera menghubungi supervisor shift agar pemasangan filter diperiksa sebelum pesawat terbang.
☐ B. Teguh tidak perlu melapor karena kartu kerja sudah ditandatangani dan inspeksi berikutnya akan menemukannya.
☐ C. Kelelahan setelah 14 jam kerja dan tekanan waktu perlu dicatat dalam laporan sebagai faktor manusia.
☐ D. Pemeriksaan ulang ditunda sampai Teguh masuk besok karena ia paling tahu pekerjaan yang dikerjakannya.
☐ E. Dalam budaya pelaporan yang adil, Teguh tetap dikenai sanksi karena kesalahannya menunda jadwal.

4. Pada 2027, Arga, siswa magang, membantu teknisi senior memasang klem pipa bahan bakar pesawat latih. Kartu kerja berbahasa Inggris menulis: "Torque clamp screws to 30 in-lb. Do not exceed." Arga melihat teknisi senior menyetel kunci momen pada angka 30 ft-lb (12 kali lebih besar) dan bersiap mengencangkan. Supervisor sedang rapat di gedung kantor.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tindakan Arga yang paling tepat adalah ....

A. Diam saja karena teknisi senior lebih berpengalaman membaca kartu kerja
B. Mengencangkan sekrup lain sendiri dengan setelan 30 in-lb tanpa berkata apa-apa
C. Menunggu supervisor kembali dari rapat, lalu melaporkan kejadian itu kepadanya
D. Menghentikan dengan sopan dan menunjukkan satuan in-lb pada kartu kerja
E. Mengusulkan nilai tengah 15 ft-lb agar aman untuk kedua kemungkinan satuan

Kunci singkat: 1. 1B 2S 3B 2. B 3. A, C 4. D

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa "Diterima, nanti saya kabari" bukan *read-back*?
- Mengapa semua anggota tim, termasuk siswa magang, boleh memberi isyarat berhenti?
- **Yang harus kuingat:** pemeriksa terpisah dari pengerja; *read-back* memuat semua unsur termasuk larangan; alat belum kembali berarti pesawat belum dirilis; kelelahan dan tekanan

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

waktu adalah faktor manusia yang harus dicatat; just culture tidak menghukum kesalahan tidak sengaja yang dilaporkan.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 1.1: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

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

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

Sub bab 1.2 · K3 di hanggar dan apron

SMKTPU-1.2

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu **menerapkan prosedur dasar K3 di hanggar**: mengenali bahaya khas pekerjaan perawatan pesawat dan memilih tindakan yang aman. Levelnya aplikasi: kamu diminta menentukan tindakan yang tepat pada situasi yang berbahaya.

Pola soal yang sering muncul: (1) **bahan bakar**: selang bocor, tumpahan di lantai, atau menguras tangki di dalam hanggar; (2) **baling-baling dan mesin**: memutar baling-baling dengan tangan atau bekerja di dekat mesin yang hidup; (3) **oksigen**: mengisi atau menyambung perlengkapan oksigen. Tiga kasus itu punya satu pola yang sama: sebuah tindakan yang tampak biasa menjadi berbahaya karena ada sumber api, tenaga tersembunyi, atau bahan yang tidak boleh bertemu.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menyebutkan bahaya khas hanggar dan apron serta menjelaskan mengapa masing-masing berbahaya;
- memilih pengendalian bahaya menurut urutan hierarki, dan menempatkan APD sebagai pertahanan terakhir;
- memilih pemadam yang cocok menurut kelas api, dan menangani tumpahan bahan bakar dengan urutan yang benar;
- menerapkan aturan aman untuk baling-baling, mesin jet, oksigen, dan listrik statis.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) di hanggar bukan daftar larangan yang harus dihafal, melainkan cara berpikir: **di mana energi atau bahan berbahaya berada, dan bagaimana menjauhkannya dari orang dan dari sumber api**. Setelah kamu paham cara berpikirnya, aturan-aturan menjadi masuk akal.

1. Bahaya khas di hanggar dan apron

Sebuah pesawat adalah mesin yang menyimpan banyak energi dan bahan berbahaya sekaligus. Berikut yang paling sering dijumpai.

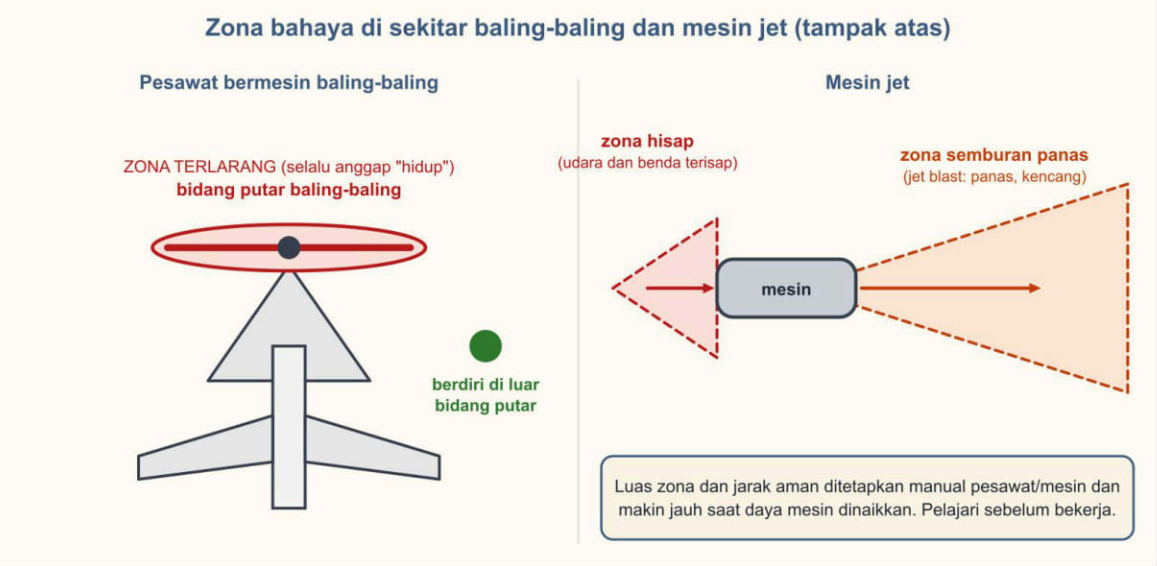
Bahan bakar. Pesawat bermesin piston memakai bensin penerbangan (avgas), sedangkan pesawat bermesin turbin memakai bahan bakar jenis kerosin (misalnya Jet A). Keduanya mudah terbakar. Avgas mudah sekali menguap pada suhu ruang. Uap bahan bakar **lebih berat daripada udara**, sehingga tidak naik melainkan **merambat di lantai dan berkumpul di tempat rendah**, lalu dapat menyala oleh percikan kecil yang jauh dari sumber tumpahan: gerinda, saklar, bahkan listrik statis.

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

Oksigen. Oksigen sendiri tidak terbakar, tetapi **mempercepat pembakaran**. Oli, gemuk, dan bahan berminyak yang bersentuhan dengan oksigen bertekanan dapat menyala sendiri, bahkan meledak. Karena itu servis oksigen memakai alat dan tangan yang **bebas minyak** dan dilakukan jauh dari api serta dari pengisian bahan bakar.

Baling-baling. Baling-baling yang berputar tidak terlihat jelas dan sangat berbahaya. Yang lebih licik: baling-baling yang *diam* pun dapat berbahaya, sebab di mesin piston sistem penyalaan (magneto) dapat tetap menghasilkan api busi walau saklar sudah dimatikan, misalnya bila kabel pentanahan magneto (disebut *P-lead*) putus tanpa terlihat dari kokpit. Aturan emasnya: **baling-baling selalu dianggap "hidup"** (*hot*).

Mesin jet. Mesin turbin menghisap udara dalam jumlah besar di bagian depan dan menyemburkan gas panas bertenaga kencang di bagian belakang (Gambar 1.7). Benda, kain, dan bahkan orang dapat terhisap; di belakang mesin, semburan panas (*jet blast*) dapat menjatuhkan orang atau melemparkan benda.



Gambar 1.7 Zona bahaya di sekitar baling-baling (bidang putar) dan mesin jet (zona hisap di depan, zona semburan di belakang). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Bahaya lain. Tekanan **hidraulik** yang tinggi dapat menembus kulit bila selang atau sambungan dilepas saat sistem masih bertekanan. **Listrik** dari sumber daya darat (*ground power unit*, GPU) dapat menyetrum. **Bising** mesin dan kompresor merusak pendengaran bila terpapar lama. **Bahan kimia** seperti pelarut dan cairan pembersih dapat mengiritasi atau mudah terbakar. **Ketinggian** di dok atau di atas sayap menimbulkan risiko jatuh. Setiap bahan kimia memiliki lembar data keselamatan (*safety data sheet*, SDS) yang memuat bahaya, cara memegang, dan pertolongan pertamanya; teknisi wajib membacanya sebelum memakai bahan itu.

2. Bahaya, risiko, dan hierarki pengendalian

Bahaya adalah sesuatu yang berpotensi mencelakakan (bahan bakar yang tumpah). **Risiko** adalah kemungkinan bahaya itu benar-benar mencelakakan dikalikan dengan seberapa parah akibatnya. Mengurangi risiko berarti mengurangi kemungkinan, mengurangi akibat, atau keduanya.

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

Cara mengurangi risiko tidak sama kuatnya. Para ahli K3 menyusunnya dalam **hierarki pengendalian** (Gambar 1.8), dari yang paling efektif ke yang paling lemah:

1. **Eliminasi**: hilangkan bahayanya sama sekali (misalnya pekerjaan berisiko dipindahkan keluar, atau tidak perlu dilakukan).
2. **Substitusi**: ganti dengan yang kurang berbahaya (pelarut yang tidak mudah menyala).
3. **Rekayasa**: pasang pelindung atau ubah alat (ventilasi, kabel *bonding*, pelindung pada gerinda).
4. **Administrasi**: aturan, prosedur, izin kerja, rambu, briefing, pelatihan.
5. **Alat pelindung diri (APD)**: pertahanan **terakhir**.



Gambar 1.8 Hierarki pengendalian bahaya. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Mengapa APD paling bawah? Karena APD **tidak menghilangkan bahaya**; ia hanya melindungi orang yang memakainya, dan hanya bila dipakai dengan benar. Bahayanya tetap ada untuk orang di sekitar. Karena itu soal sering menanyakan "tindakan yang pertama atau paling tepat", dan jawaban yang menyingkirkan atau menghentikan sumber bahaya mengalahkan jawaban yang hanya memakai APD atau "lebih berhati-hati".

3. Alat pelindung diri (APD)

Meski bukan pengendalian pertama, APD tetap wajib sebagai lapisan terakhir (Gambar 1.9). Pilih sesuai bahaya:

- **Pelindung telinga** (sumbat atau *ear muff*) untuk bising mesin dan kompresor.
- **Kacamata pengaman** untuk percikan, cairan, atau serpihan; pada pekerjaan tertentu dipakai pelindung wajah.
- **Sarung tangan** yang sesuai bahaya: tahan bahan kimia untuk pelarut dan bahan bakar, tahan panas untuk komponen mesin, tahan sayat untuk logam tajam. Sarung tangan kain tidak melindungi dari pelarut.
- **Sepatu pengaman** untuk benda jatuh dan lantai licin oleh oli.
- **Pakaian kerja berlengan**, tanpa perhiasan atau kain yang menjuntai; **rambut panjang**

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

diikat supaya tidak tersangkut mesin berputar.



Gambar 1.9 Alat pelindung diri (APD) teknisi di hanggar dan fungsinya. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

4. Api, pemadam, dan tumpahan bahan bakar

Segitiga api menyatakan api memerlukan tiga hal: bahan bakar, oksigen, dan panas. Memadamkan api berarti menghilangkan salah satunya. Karena bahan yang terbakar berbeda-beda, pemadamnya juga berbeda. Api dibagi menjadi **kelas** (Gambar 1.10). Pembagian A–D berikut dipakai di Indonesia dan Amerika; di sebagian negara lain huruf kelasnya berbeda, jadi selalu baca label pada alat pemadam:

Kelas	Bahan terbakar	Pemadam yang cocok
A	bahan padat (kayu, kertas, kain lap)	air, busa, serbuk kimia kering
B	cairan dan gas mudah terbakar (avgas, Jet A, oli)	busa, CO_2, serbuk kimia kering
C	peralatan listrik bertegangan	CO_2, serbuk kimia kering (tidak menghantar listrik); matikan daya lebih dulu bila aman
D	logam tertentu, misalnya magnesium	serbuk khusus logam



Gambar 1.10 Kelas api A–D, contoh di hanggar, dan pemadam yang cocok. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Jangan menyiram air pada api kelas B: bahan bakar lebih ringan daripada air, sehingga mengapung dan justru menyebarkan api. Air juga berbahaya untuk kelas C (menghantar listrik) dan kelas D (bereaksi hebat dengan magnesium yang menyala).

Alat pemadam api ringan (APAR) dipakai dengan urutan singkat: tarik pin pengaman, arahkan selang ke **pangkal api**, tekan tuas, dan sapukan dari sisi ke sisi. Api yang tidak dapat dikuasai segera ditinggalkan sambil memberi tanda bahaya, karena yang utama adalah keselamatan orang.

Tumpahan bahan bakar ditangani dengan urutan yang masuk akal dari bagian pertama tadi:

1. **Hentikan sumber** tumpahan (matikan pompa, tutup katup) agar tidak bertambah.
2. **Singkirkan sumber api**: hentikan pekerjaan yang menimbulkan percikan (gerinda, las),

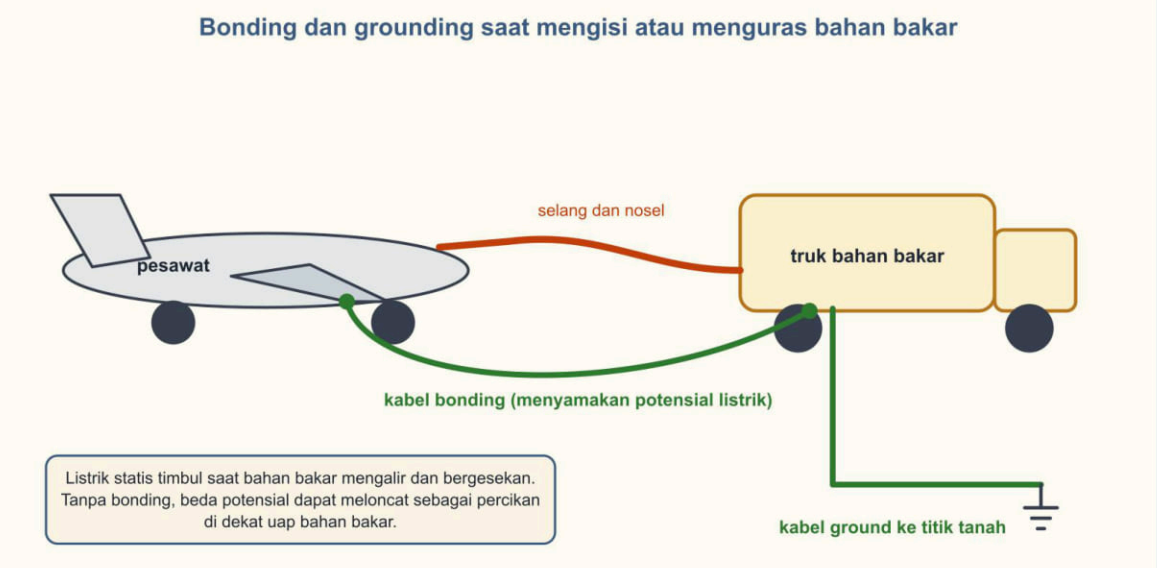
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

matikan peralatan listrik yang tidak perlu, larang rokok dan ponsel.

3. **Beri ventilasi alami**, misalnya membuka pintu hanggar, tanpa menyalakan kipas atau alat listrik baru yang dapat memercikkan api.
4. **Serap** tumpahan dengan bahan penyerap dari *spill kit* (kotak peralatan tumpahan). Jangan disiram air ke saluran: bahan bakar tidak larut, mengapung, menyebar makin luas, dan mencemari lingkungan.
5. **Buang** bahan penyerap bekas bahan bakar ke wadah limbah bahan berbahaya dan beracun (B3), bukan ke tempat sampah biasa.

5. Listrik statis: *bonding* dan *grounding*

Ketika bahan bakar mengalir lewat selang dan bergesekan, muatan listrik statis dapat menumpuk, mirip rambut yang menegak setelah disisir. Bila pesawat dan truk bahan bakar berbeda potensial listrik, muatan itu dapat meloncat sebagai percikan di dekat uap bahan bakar. Pencegahnya (Gambar 1.11) adalah **bonding**: kabel yang menyambungkan pesawat, truk, dan nosel agar potensial listriknya sama, serta **grounding**: kabel ke titik tanah agar muatan mengalir ke bumi. Kabel dipasang **sebelum** selang disambungkan dan dilepas **sesudah** selang dilepas.



Gambar 1.11 Kabel bonding dan grounding antara pesawat, truk bahan bakar, dan tanah. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

6. Aturan aman untuk baling-baling, mesin jet, oksigen, dan hidraulik

Baling-baling. Sebelum memutarnya dengan tangan untuk pemeriksaan: pastikan sakelar magneto OFF dan kunci dicabut; tutup *throttle*; campuran bahan bakar pada posisi tutup (*idle cut-off*); pasang ganjal roda; pastikan tidak ada orang di bidang putar; dan berdirilah di luar bidang putarnya. Dorong bilah dengan **telapak terbuka**, bukan jari yang melingkari bilah, sebab bila mesin tiba-tiba menyala, jari yang melingkar akan tertarik. Semua langkah itu tetap dilakukan walau saklar sudah OFF, sebab baling-baling selalu diperlakukan "hidup".

Mesin jet. Pelajari zona hisap dan zona semburan dari manual; zonanya lebih luas pada daya yang lebih besar. Jangan berdiri atau menaruh benda lepas di zona itu saat mesin hidup atau akan dihidupkan. Pakai pelindung telinga ganda bila bising sangat tinggi, dan jangan membawa benda lepas (topi, kain, kertas) ke dekat intake.

Oksigen. Cuci tangan sampai bebas gemuk dan oli sebelum menyentuh sambungan oksigen; jangan melumasi sambungan oksigen dengan gemuk biasa; isi **perlahan** karena pengisian cepat menaikkan suhu gas; jauhkan dari rokok, api, percikan, dan dari area pengisian bahan bakar.

Hidraulik dan tekanan. Lepaskan tekanan sistem sebelum melepas selang atau sambungan; pakai kacamata pengaman. Cairan bertekanan tinggi dapat menembus kulit dan berbahaya meski luka tampak kecil.

Pekerjaan listrik dan perbaikan sistem. Matikan sumber daya dan pasang tanda "jangan dioperasikan" serta kunci pada saklar (praktik ini disebut *lock-out/tag-out*) agar orang lain tidak menghidupkan sistem saat kamu sedang bekerja.

7. Rambu, pertolongan pertama, dan lingkungan

Rambu keselamatan menggunakan bentuk dan warna baku: merah untuk larangan dan peralatan pemadam, kuning untuk peringatan bahaya, biru untuk kewajiban (misalnya wajib memakai pelindung telinga), dan hijau untuk keselamatan seperti jalur evakuasi dan kotak P3K. Kenali letak APAR, kotak P3K, pintu darurat, dan tombol pemadam hanggar sebelum bekerja. Bila terjadi kecelakaan: amankan lokasi, hentikan sumber bahaya bila aman, beri pertolongan pertama, dan panggil bantuan. Limbah oli, bahan bakar, dan pelarut dikumpulkan di wadah khusus untuk dibuang sesuai ketentuan lingkungan; tidak boleh dialirkan ke selokan.

CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1: menyusun pengendalian untuk menguras tangki di hanggar

Pada 2026, sebuah sekolah penerbangan harus menguras tangki bahan bakar pesawat latih bermesin piston untuk perbaikan. Tangki dapat dikuras di dalam hanggar atau di apron terbuka. Hanggar memiliki gerinda yang sering dipakai di bengkel sebelah. Susunlah tindakan pengendalian berurutan menurut hierarki. *(Kasus fiktif.)*

1. **Eliminasi.** Pindahkan pekerjaan ke apron terbuka yang berventilasi baik, jauh dari sumber api, bila memungkinkan. Bila tidak mungkin, hentikan semua pekerjaan yang menimbulkan percikan selama pengurasan.

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

2. **Substitusi.** Tidak ada pengganti untuk bahan bakar itu sendiri, jadi langkah ini tidak berlaku. Tidak semua tingkat harus terisi.
3. **Rekayasa.** Pasang kabel *bonding* dan *grounding* sebelum selang disambung; pakai pompa dan selang yang rapat; siapkan baki penampung di bawah sambungan; buka ventilasi.
4. **Administrasi.** Pasang rambu "dilarang merokok dan menyalakan api", buat izin kerja, tunjuk satu pengawas, dan tentukan siapa memegang tombol pompa.
5. **APD.** Sarung tangan tahan bahan bakar dan kacamata pengaman untuk orang yang menangani selang.

Jawaban: urutan terkuat ke terlemah adalah eliminasi (pindah dan hentikan sumber api), rekayasa (*bonding*, pompa tertutup, baki, ventilasi), administrasi (rambu, izin, pengawas), lalu APD. APD saja tidak cukup untuk menghilangkan bahaya uap bahan bakar.

Contoh 2: memilih pemadam untuk empat jenis api

Pada 2027, empat kejadian api kecil terjadi di hanggar sebuah AMO. Tentukan kelas api dan pemadam yang cocok, serta pemadam yang **tidak boleh** dipakai. *(Kasus fiktif.)*

1. **Tumpukan kain lap kering terbakar.** Bahan padat → **kelas A** → air, busa, atau serbuk cocok.
2. **Oli di baki penampung menyala.** Cairan mudah terbakar → **kelas B** → busa, CO_2, atau serbuk. **Jangan air**: oli mengapung dan menyebar.
3. **Kabel GPU berasap dan memercikkan api.** Listrik bertegangan → **kelas C** → CO_2 atau serbuk; matikan daya lebih dulu bila aman. **Jangan air**: air menghantar listrik.
4. **Pelek komponen magnesium menyala.** Logam tertentu → **kelas D** → serbuk khusus logam. **Jangan air**: bereaksi hebat dengan magnesium yang menyala.
5. **Cek.** Hanya kelas A yang boleh disiram air; pada tiga lainnya air dilarang.

Jawaban: A dengan air, busa, atau serbuk; B dengan busa, CO_2, atau serbuk; C dengan CO_2 atau serbuk; D dengan serbuk khusus logam.

Contoh 3: menentukan posisi aman di sekitar mesin jet

Pada 2027, manual latihan suatu pesawat jet kecil (angka fiktif untuk latihan) menyebut zona hisap berjari-jari 5 m di depan intake dan zona semburan sepanjang 40 m di belakang nosel pada daya idle. Mesin akan dihidupkan pada daya idle. Empat orang berdiri di posisi berikut: Ari 3 m di depan intake, Beni 8 m di depan intake, Cici 30 m di belakang nosel, dan Dedi 60 m di belakang nosel. Siapa berada di zona bahaya? *(Kasus fiktif.)*

1. **Baca zona dari dokumen.** Zona hisap = 5 m dari intake; zona semburan = 40 m dari nosel.
2. **Bandingkan jarak tiap orang.** Ari: 3 m < 5 m → di dalam zona hisap. Beni: 8 m > 5 m → di luar. Cici: 30 m < 40 m → di dalam zona semburan. Dedi: 60 m > 40 m → di luar.
3. **Perhatikan perubahan daya.** Zona di manual hanya berlaku pada daya idle; bila daya dinaikkan, zona melebar dan Beni serta Dedi harus memeriksa ulang manual.
4. **Tindakan.** Ari dan Cici dipindahkan lebih dulu, dan mesin baru dihidupkan sesudah semua orang berada di luar zona.

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

Jawaban: Ari dan Cici berada di zona bahaya; Beni dan Dedi aman hanya pada daya idle.

❖ PETA KONSEP

Gambar 1.12 merangkum isi sub bab ini.



Gambar 1.12 Peta konsep K3 di hanggar dan apron. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Yang harus kamu ingat:

- **Uap bahan bakar lebih berat dari udara**: merambat di lantai dan dapat menyala oleh percikan jauh dari sumber tumpahan.
- **Oksigen mempercepat pembakaran**; oli dan gemuk tidak boleh bertemu oksigen bertekanan.
- **Baling-baling selalu dianggap "hidup"**; sakelar OFF bukan jaminan.
- Hierarki pengendalian: **eliminasi → substitusi → rekayasa → administrasi → APD**; APD adalah pertahanan terakhir.
- Tumpahan: **hentikan sumber → singkirkan sumber api → ventilasi alami → serap → buang sebagai limbah B3**. Jangan air.
- Kelas api: **A padat, B cairan mudah terbakar, C listrik, D logam**; air dilarang untuk B, C, dan D.
- *Bonding* dan *grounding* mencegah percikan statis saat servis bahan bakar.

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

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal K3:

1. **Cari sumber bahaya dan sumber api** dalam kasus: apa yang bisa menyala, berputar, atau bertekanan?
2. **Susun urutan tindakan** menurut hierarki: hentikan atau singkirkan sumber bahaya dulu, baru lindungi diri.
3. **Pilih tindakan yang paling dekat dengan penyebab**, bukan yang hanya menenangkan.
4. **Cek tiap pilihan:** apakah menciptakan bahaya baru (air pada bahan bakar, gemuk pada oksigen, percikan pada uap)?

Jebakan yang sering dipasang:

- **Air untuk api bahan bakar** atau untuk "membersihkan" tumpahan ke saluran.
- **Memutar baling-baling karena "mesin sudah mati 10 menit"** atau karena kunci OFF.
- **Jari melingkar penuh pada bilah** agar pegangan kuat.
- **Gemuk di ulir sambungan oksigen** agar rapat dan mudah dibuka.
- **APD dianggap pengendalian pertama**, atau "lebih berhati-hati" dianggap solusi.
- **Mengabaikan sumber api yang jauh** (gerinda 8 m dari tumpahan) karena "bukan di dekat tumpahan".
- **Mendekatkan servis oksigen dengan pengisian bahan bakar** agar pekerjaan terkumpul.
- **Membuka sambungan hidraulik** yang masih bertekanan.

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa menjawab bahwa tumpahan avgas 5 liter di hanggar sebaiknya disiram air supaya "encer dan mengalir ke saluran". Avgas tidak larut dan mengapung di atas air, sehingga tumpahan justru menyebar lebih luas, uapnya makin banyak, dan saluran tercemar. Yang tepat: hentikan sumber, singkirkan sumber api, serap dengan *spill kit*, dan buang sebagai limbah B3.

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut membahas tumpahan bahan bakar di hanggar. Pakai bagian 4 (urutan penanganan tumpahan) dan ingat bahwa soal ini meminta **semua** tindakan yang tepat.

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

►. Saat defueling pesawat latih bermesin piston di dalam hanggar pada 2027, selang bocor dan sekitar 5 liter avgas tumpah ke lantai di bawah sayap kiri. Dua teknisi sedang menggerinda braket di meja kerja sekitar 8 meter dari tumpahan. Rizky, teknisi magang, berada paling dekat dengan pompa defueling, dan spill kit tersedia di dinding hanggar. *(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. Menghentikan pompa defueling dan menutup katup agar tumpahan tidak bertambah.
☐ B. Membuka pintu hanggar lebar-lebar agar uap avgas keluar secara alami.
☐ C. Meminta penggerindaan dihentikan karena percikannya dapat menyulut uap avgas.
☐ D. Menyiram tumpahan dengan air dari selang agar avgas encer dan mengalir ke saluran lantai.
☐ E. Menutup tumpahan dengan bahan penyerap dari spill kit lalu membuangnya ke wadah limbah B3.

Pembahasan **Kunci: A, B, C, E**

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

Konsep: Penanganan tumpahan bahan bakar: hentikan sumbernya, singkirkan sumber api (gerinda, percikan listrik), beri ventilasi alami, serap dengan spill kit, dan buang sebagai limbah B3. Bahan bakar tidak boleh disiram air ke saluran.

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1** ✓ Sumber tumpahan dihentikan lebih dulu.
• **Pernyataan 2** ✓ Ventilasi alami mengencerkan uap tanpa menyalakan peralatan listrik.
• **Pernyataan 3** ✓ Percikan gerinda adalah sumber api; uap avgas lebih berat dari udara dan dapat merambat di lantai.
• **Pernyataan 4** ✗ Jebakan: tampak membersihkan, padahal avgas tidak larut dalam air, terapung, menyebar makin luas, dan mencemari saluran.
• **Pernyataan 5** ✓ Bahan penyerap mencegah tumpahan menyebar; bekasnya limbah berbahaya.

Jawaban: pernyataan 1, 2, 3, 5.

✎ LATIHAN

Untuk tiap soal, tulis dulu sumber bahaya (bahan, tenaga, atau api), lalu pilih tindakan yang menyingkirkan atau menghentikannya.

1. Pada 2027, Doni, teknisi magang, diminta memutar baling-baling (propeller) pesawat latih bermesin piston dengan tangan untuk pemeriksaan. Mesin dimatikan 10 menit sebelumnya. Supervisor mengingatkan bahwa kabel ground magneto (P-lead) dapat putus tanpa terlihat dari kokpit, sehingga busi tetap dapat memercikkan api ketika baling-baling diputar walaupun sakelar magneto sudah OFF.
(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 tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Karena kunci magneto sudah OFF, baling-baling dapat diputar sambil berdiri di depan bidang putarnya.
☐ B. Memastikan sakelar magneto OFF, kunci dicabut, mixture idle cut-off, dan throttle tertutup.
☐ C. Memegang bilah dengan jari melingkar penuh di bilah agar pegangan lebih kuat saat melewati kompresi.
☐ D. Memasang ganjal roda dan memastikan tidak ada orang lain di dalam bidang putar baling-baling.
☐ E. Memperlakukan baling-baling seolah magneto masih aktif (hot) dan berdiri di luar bidang putarnya.

2. Pada 2027, Dian membantu teknisi berlisensi mengisi tabung oksigen awak pesawat jet latih dari troli oksigen di apron. Di parkir sebelah, pesawat lain sedang diisi bahan bakar. Tangan Dian baru saja dipakai memegang roda yang berlumur gemuk (grease), dan teknisi meminta Dian menyiapkan sambungan selang pengisian.
(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. Mengoleskan gemuk tipis pada ulir sambungan oksigen agar sambungan rapat dan mudah dibuka kembali.
☐ B. Mencuci tangan sampai bersih dari gemuk sebelum memegang sambungan dan selang oksigen.
☐ C. Mengisi oksigen perlahan karena pengisian yang cepat menaikkan suhu gas dan dapat memicu nyala.
☐ D. Mendekatkan troli oksigen ke pesawat yang sedang diisi bahan bakar agar pekerjaan servis terkumpul.
☐ E. Menjauhkan area pengisian oksigen dari rokok, api terbuka, dan sumber percikan.

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

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

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa gerinda yang berjarak 8 meter dari tumpahan avgas tetap harus dihentikan?
- Mengapa APD berada di urutan terakhir dalam hierarki pengendalian?
- **Yang harus kuingat:** uap bahan bakar merambat di lantai; oksigen dan gemuk tidak boleh bertemu; baling-baling selalu dianggap hidup; urutan tumpahan = hentikan sumber, singkirkan api, ventilasi, serap, buang sebagai B3; air hanya untuk api kelas A.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 1.2: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

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

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

Sub bab 1.3 · Kecakapan dasar perawatan: kartu kerja, urutan kerja, dan ketelitian

SMKTPU-1.3

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu **menerapkan kecakapan dasar pada perawatan pesawat**. Di bagian ini yang diuji bukan alat canggih, melainkan kebiasaan kerja yang membuat hasil kerja benar: membaca kartu kerja dengan teliti, mengikuti urutan dan tahap yang ditetapkan, menghitung tata letak sambungan, serta menjaga satuan dan catatan. Levelnya aplikasi dan penalaran, dan banyak soalnya berupa hitungan teliti dalam kasus.

Pola soal yang sering muncul: (1) **tata letak rivet**: menghitung jumlah rivet paling sedikit pada satu baris dengan batas jarak tepi dan jarak antar-rivet dari kartu kerja; (2) **pemilihan cara membentuk lubang rivet** (countersink atau dimple) menurut tebal pelat; (3) **pengencangan bertahap dengan pola silang** pada flens atau pelek; (4) **satuan**: kartu kerja bersatuan in-lb sementara alat bersatuan lain. Persentase soal sulit pada pola ini tinggi karena satu kekeliruan kecil (menghitung jumlah jarak sebagai jumlah rivet, atau membalik konversi) langsung mengubah jawaban.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- membaca kartu kerja: peringatan, rujukan manual, langkah, nilai batas, dan kolom tanda tangan;
- menyusun urutan dan tahap pengencangan baut dengan pola silang;
- menghitung jumlah rivet pada satu baris dari batas jarak tepi dan jarak antar-rivet, serta memilih countersink atau dimple;
- mengonversi satuan torsi, tekanan, dan panjang serta memeriksa kewajaran hasilnya.

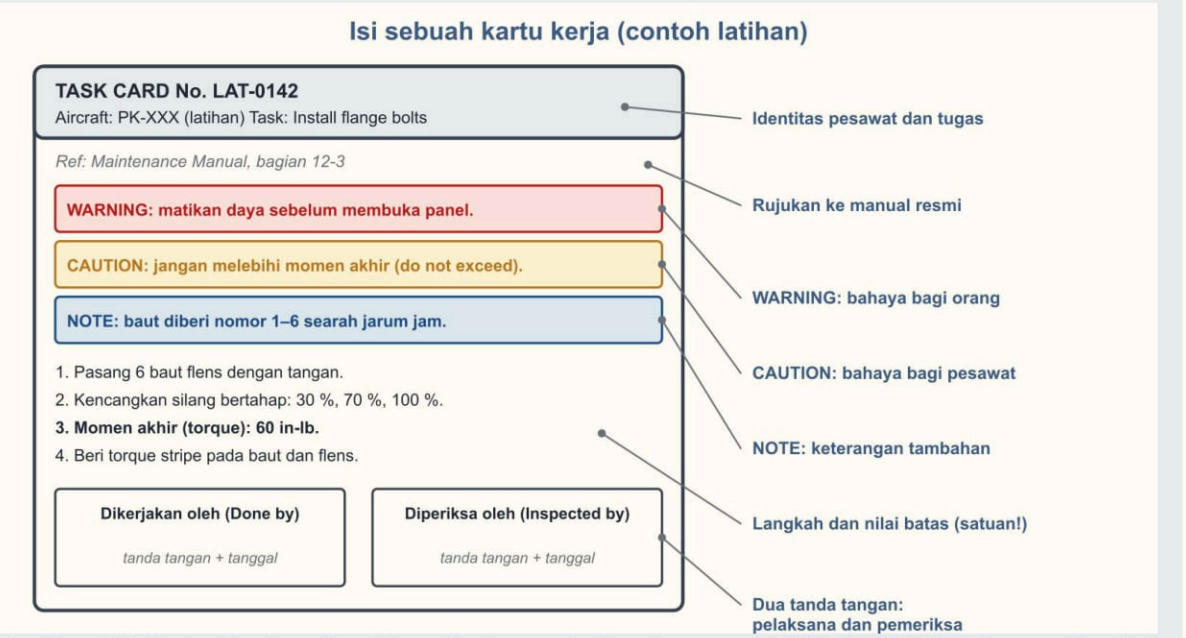
◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Perawatan pesawat adalah pekerjaan tangan yang hasilnya harus **dapat diulang dan dapat dibuktikan**. Dua teknisi di dua hanggar berbeda harus menghasilkan sambungan yang sama baiknya. Itu hanya mungkin bila semua orang bekerja dengan dokumen yang sama dan mengikuti urutan yang sama. Sub bab ini mengajarkan kebiasaan kerja yang menjaga hal itu.

1. Kartu kerja: dokumen yang kamu tanda tangani

Setiap pekerjaan dikerjakan berdasarkan **kartu kerja** (*task card* atau *job card*) yang disusun dari manual perawatan. Gambar 1.13 memperlihatkan isinya.

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



Gambar 1.13 Bagian-bagian sebuah kartu kerja contoh: identitas tugas, rujukan manual, peringatan, langkah beserta nilai batas, dan dua tanda tangan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

Bagian-bagiannya:

- **Identitas**: nomor kartu, pesawat, dan nama tugas.
- **Rujukan manual**: kartu tidak berdiri sendiri; ia menunjuk bagian manual resmi sebagai sumber nilai dan prosedur. Bila kartu dan manual berbeda, kamu tidak memilih sendiri: hentikan dan tanyakan.
- **Peringatan**, yang dibedakan menjadi tiga tingkat. ***Warning*** berarti ada bahaya bagi **orang** bila prosedur dilanggar. ***Caution*** berarti ada bahaya bagi **pesawat atau komponen**. ***Note*** berarti keterangan tambahan.
- **Langkah** bernomor, yang harus dikerjakan **berurutan** kecuali kartu menyatakan lain. Kata kerjanya khas: *install* (pasang), *remove* (lepas), *inspect* (periksa), *replace* (ganti), *torque* (kencangkan dengan momen tertentu), *as required* (bila diperlukan).
- **Nilai batas**: nilai momen, tekanan, ukuran, atau toleransi. Ungkapan ***do not exceed*** berarti "jangan melebihi" dan nilainya **bukan saran**.
- **Kolom tanda tangan**: satu untuk pelaksana, satu untuk pemeriksa. Pelaksana menandatangani untuk pekerjaan yang ia kerjakan sendiri; pemeriksa menandatangani bahwa ia melihat hasilnya benar. Pada komponen yang sangat menentukan keselamatan, seperti sistem kendali terbang, biasanya diwajibkan **pemeriksaan ganda** (*duplicate inspection*): pemeriksa yang berbeda dari pelaksana harus memeriksa secara terpisah.

Aturan pegangan: **kerjakan apa yang tertulis, dalam urutan yang tertulis, dengan nilai yang tertulis**. Bila ada langkah yang tidak jelas atau tidak mungkin dikerjakan, bertanyalah sebelum bekerja, bukan sesudahnya.

2. Satuan dan konversi: sumber kesalahan yang paling sering

Manual pesawat buatan negara-negara tertentu memakai satuan Imperial, sedangkan peralatan atau kebiasaan kita memakai satuan SI. Gambar 1.14 merangkum konversi yang paling sering dipakai.

Konversi satuan yang sering dipakai di kartu kerja

Besaran	Konversi 1	Konversi 2	Konversi 3
Momen (torsi)	1 ft-lb = 12 in-lb	1 in-lb ≈ 0,113 N·m	1 ft-lb ≈ 1,356 N·m
Tekanan	1 psi ≈ 6,895 kPa	1 bar = 100 kPa	1 bar ≈ 14,5 psi
Panjang	1 in = 25,4 mm	1 ft = 12 in	1 ft = 304,8 mm
Kecepatan	1 knot = 1 mil laut/jam	1 knot = 1,852 km/jam	

Cek kewajaran: 1 in-lb jauh lebih kecil daripada 1 N·m (± 9 kali). Hasil konversi in-lb → N·m selalu LEBIH KECIL angkanya; ft-lb → in-lb selalu LEBIH BESAR angkanya (× 12).

Gambar 1.14 Konversi satuan yang sering dipakai di kartu kerja. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

Perhatikan tiga hal.

Pertama, torsi (momen pengencangan). Satuan *in-lb* (inci-pon) dan *ft-lb* (kaki-pon) berbeda **12 kali**, karena 1 ft = 12 in. Jadi 30 ft-lb sama dengan 360 in-lb, jauh melebihi 30 in-lb. Membaca satuan yang salah berarti mengencangkan 12 kali terlalu kuat atau 12 kali terlalu lemah. Konversi ke SI: 1 in-lb ≈ 0,113 N·m dan 1 ft-lb ≈ 1,356 N·m.

Kedua, arah konversi. Ubah ke satuan yang **lebih kecil** → angkanya **membesar** (ft-lb ke in-lb dikali 12). Ubah ke satuan yang **lebih besar** → angkanya **mengecil** (in-lb ke N·m dikali 0,113). Cek arah ini sebelum percaya pada hasil.

Ketiga, tulis satuan di setiap angka selama menghitung. Angka tanpa satuan adalah sumber kesalahan paling mudah. Cara mengecek kewajaran: bila kartu kerja menyebut 85 in-lb dan hasil konversimu 752 N·m, kamu pasti membaliknya; hasil yang benar sekitar 9,6 N·m.

3. Toleransi dan pembulatan: ke arah yang aman

Hasil hitungan dan hasil ukur jarang berupa bilangan bulat, sehingga kamu perlu aturan pembulatan yang jelas. Aturannya satu: **bulatkan ke arah yang menjaga syarat keselamatan**.

- **Jumlah benda** (rivet, baut, cincin) selalu dibulatkan **ke atas**, karena kekurangan satu buah berarti jarak melebihi batas. Tidak ada "4,4 rivet".
- **Nilai yang tidak boleh dilampaui** (momen akhir, tekanan maksimum) tidak boleh dibulatkan ke atas. Bila kunci hanya memiliki garis setiap 5 in-lb sedangkan kartu menyebut 42 in-lb, kamu menyetel di antara garis 40 dan 45, bukan membulatkan ke 45.
- **Nilai yang harus dicapai minimal** (tebal sisa, panjang tertentu) tidak boleh dibulatkan ke bawah.

Kartu kerja kadang menulis toleransi, misalnya "12,50 ± 0,05 mm". Artinya ukuran yang diterima ada di antara 12,45 dan 12,55 mm. Hasil ukur 12,56 mm tidak diterima, walaupun "hanya 0,01 mm" di luar batas. Dalam soal, bandingkan hasil ukur dengan **kedua** batas, bukan hanya dengan angka tengah.

Terakhir, jaga jumlah angka desimal tetap masuk akal. Konversi 85 in-lb ke N·m cukup ditulis 9,6 N·m; menulis 9,603708 N·m tidak membuat hasil lebih akurat, sebab angka awalnya hanya dua digit. Bila nilai dipakai sebagai setelan alat, bulatkan sesuai garis skala alat itu.

4. Pengencangan baut: bertahap dan silang

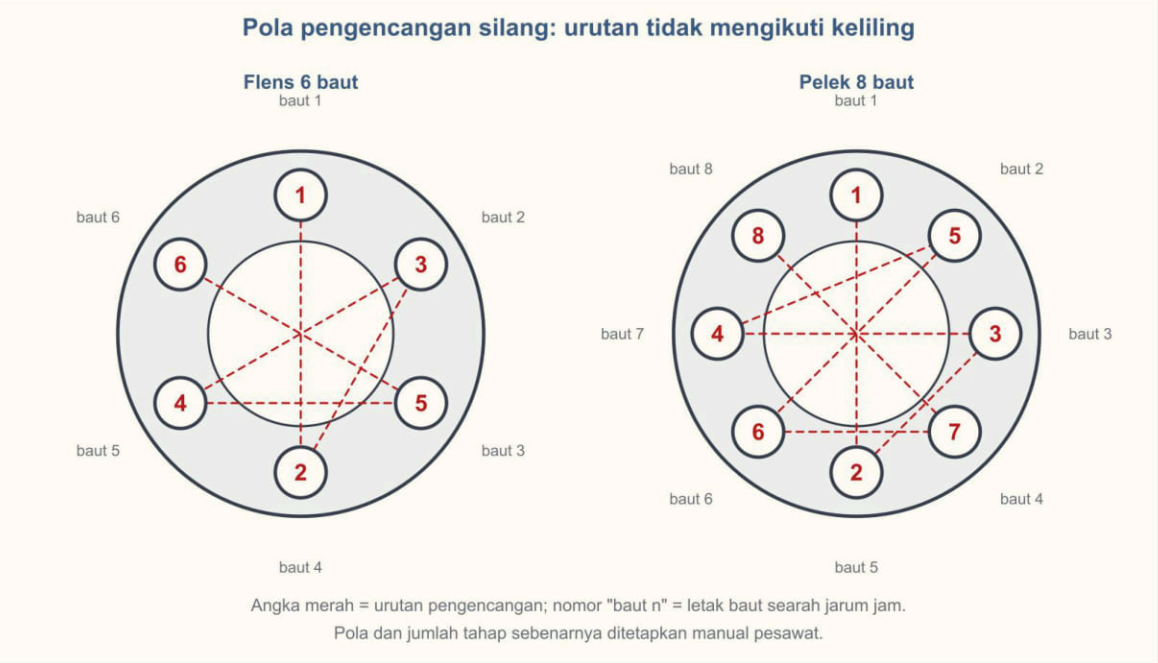
Mengencangkan sambungan yang memakai banyak baut, misalnya flens atau dua belahan pelek, tidak boleh dikerjakan "baut 1 sampai penuh, lalu baut 2 sampai penuh". Bila baut pertama langsung dikencangkan penuh, benda yang dijepit akan miring, dan baut yang lain akan mengencang pada kondisi tegang. Karena itu dipakai dua prinsip bersama:

Bertahap. Momen dinaikkan dalam beberapa putaran. Contoh umum: 30 % momen akhir, lalu 70 %, lalu 100 %. Pada tiap putaran semua baut dikencangkan sebelum naik ke tahap

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

berikut. Jumlah dan persentase tahap menurut kartu kerja.

Silang. Urutan baut tidak mengikuti keliling lingkaran, melainkan melompat ke baut yang berseberangan atau yang jauh agar tekanan tersebar merata (Gambar 1.15). Pada flens 6 baut urutannya dapat 1-4-2-5-3-6; pada pelek 8 baut 1-5-3-7-2-6-4-8. Pola yang berlaku selalu ditetapkan manual; yang perlu kamu ingat adalah alasannya: **menekan merata dari tengah ke sisi, bukan dari satu sisi ke sisi lain**.



Gambar 1.15 Pola pengencangan silang pada flens 6 baut dan pelek 8 baut; angka merah menunjukkan urutan pengencangan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Dua larangan penting. **Momen akhir tidak boleh dilampaui** walau lubang *cotter pin* atau *safety wire* belum sejajar, dan tidak boleh ditambah "supaya aman". Dan **alat harus tepat**: kunci momen dipakai untuk mengencangkan, **bukan** untuk melepas baut; sub bab 4.3 membahasnya.

Setelah momen akhir tercapai, pemeriksa biasanya meminta **penandaan momen** (*torque stripe*): garis cat tipis yang dibuat melintasi kepala baut sampai ke benda di bawahnya (Gambar 1.16). Selama garis itu lurus, baut tidak berputar. Bila garis tampak bergeser, baut telah berputar dan harus diperiksa. Tanda ini mempermudah pemeriksaan, tetapi tidak menggantikan pengukuran momen.

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



Gambar 1.16 Penandaan momen: garis lurus berarti tidak bergeser, garis terputus berarti baut sudah berputar. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

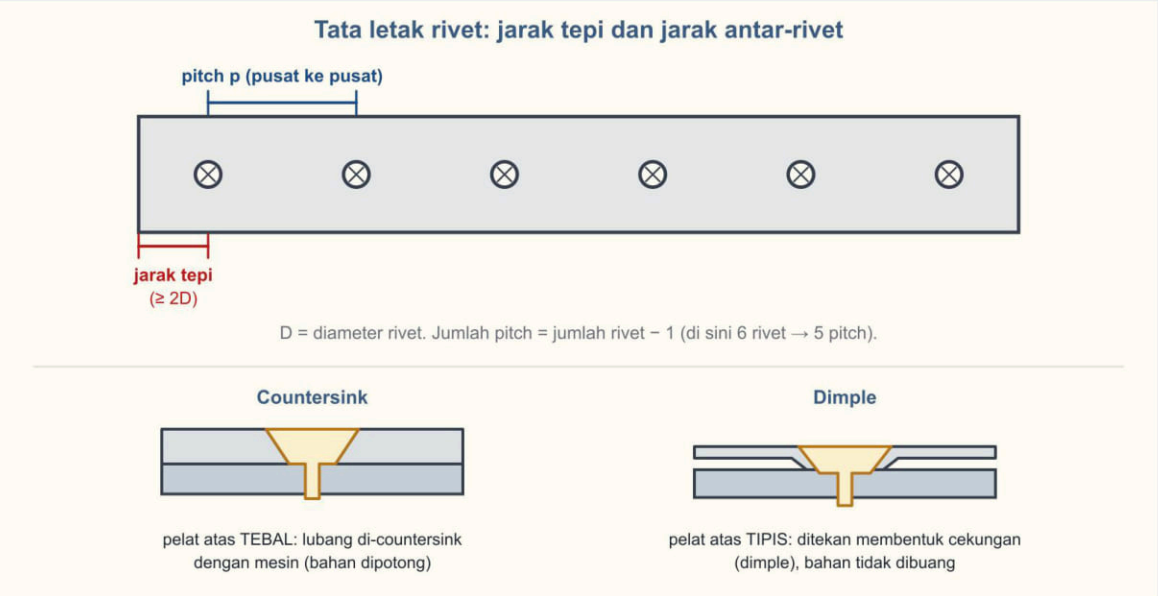
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

5. Pola rivet: jarak tepi, jarak antar-rivet, dan membentuk lubang

Sambungan keling (rivet) pada kulit pesawat dirancang agar beban terbagi rata ke semua rivet. Dua ukuran menentukan kekuatannya (Gambar 1.17):

- **Jarak tepi** (*edge distance*): jarak dari tepi pelat ke **pusat** rivet terdekat. Bila terlalu kecil, pelat dapat sobek di tepi. Umumnya jarak tepi ditetapkan paling sedikit sekitar **2 kali diameter** rivet (**D**), dan lebih besar untuk rivet kepala benam.
- **Jarak antar-rivet** (*pitch*): jarak dari pusat ke pusat dua rivet bertetangga. Bila terlalu rapat, pelat melemah seperti kertas yang dilubangi berdekatan; bila terlalu renggang, pelat dapat menggelembung di antara rivet. Umumnya pitch ditetapkan dari sekitar **3D** sampai batas atas tertentu.

Angka tepatnya selalu dari manual atau kartu kerja (AC 43.13-1B memuat pedoman umumnya). Soal akan memberimu angka seperti "jarak tepi minimum 2D, pitch 4D sampai 6D", dan tugasmu menghitung dengan teliti.



Gambar 1.17 Tata letak satu baris rivet: jarak tepi dan pitch; di bawahnya perbedaan countersink dan dimple. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

Menghitung jumlah rivet satu baris. Hal yang paling sering membingungkan adalah hubungan jumlah rivet dan jumlah pitch: **untuk n rivet pada satu baris terdapat (n – 1) pitch**, seperti jumlah celah pada n jari. Langkahnya:

1. Hitung panjang antara rivet paling ujung: panjang baris dikurangi dua kali jarak tepi.
2. Hitung jumlah pitch paling sedikit yang masih memenuhi pitch maksimum: panjang antara ujung dibagi pitch maksimum, **dibulatkan ke atas** (pembulatan ke atas menjaga pitch tidak melebihi batas).
3. Jumlah rivet = jumlah pitch + 1.
4. Periksa bahwa pitch hasilnya (panjang antara ujung dibagi jumlah pitch) tetap di antara pitch minimum dan maksimum, dan bahwa jarak tepi memenuhi batas.

Countersink atau dimple. Rivet kepala benam (*countersunk*) duduk rata dengan permukaan, sehingga lubangnya harus dibentuk kerucut. Ada dua cara. Pada pelat yang cukup **tebal**, lubang di-*countersink* dengan mesin: bahan dipotong. Pada pelat yang **tipis**, pemotongan membuat tepi lubang tajam seperti pisau (*knife edge*) dan lemah, jadi pelat justru **ditekan membentuk cekungan** (*dimple*) tanpa membuang bahan. Kartu kerja menetapkan batasnya, misalnya "countersink hanya bila tebal pelat atas lebih besar daripada tinggi kepala rivet; bila tidak, dimple." Perhatikan kata **lebih besar**: bila tebal pelat **sama** dengan tinggi kepala, syaratnya tidak terpenuhi, sehingga pelat itu di-*dimple*.

6. Tertib kerja: kontrol alat, kebersihan, dan pencatatan

Kebiasaan dasar lainnya berasal dari sub bab 1.1 dan menjadi bagian kecakapan dasar:

- **Hitung alat** sebelum dan sesudah bekerja, dan pastikan tidak ada alat, kain, atau serpihan tertinggal di dalam pesawat (FOD). Bila ada yang belum kembali, pesawat belum dirilis.
- **Bersihkan** serpihan logam dan sisa pekerjaan sebelum menutup panel.
- **Gunakan alat yang tepat dan terkalibrasi**, dan jangan memodifikasi alat sendiri.
- **Catat pekerjaan** dengan jujur dan lengkap: apa, kapan, nilai ukur, siapa. Tanda tangan hanya untuk yang kamu kerjakan atau lihat sendiri.

CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1: urutan dan tahap pengencangan enam baut

Pada 2026, kartu kerja untuk flens pompa menyebut: enam baut bernomor 1–6 searah jarum jam, momen akhir 60 in-lb, tahap 30 %, 70 %, dan 100 %, pola silang. Susunlah urutan dan nilai tiap tahap. *(Kasus fiktif.)*

1. **Hitung nilai tiap tahap.** Tahap 1 = 30 % × 60 = 18 in-lb. Tahap 2 = 70 % × 60 = 42 in-lb. Tahap 3 = 100 % × 60 = 60 in-lb.
2. **Tentukan urutan silang.** Pasangan yang berseberangan: 1–4, 2–5, 3–6. Urutan: 1, 4, 2, 5, 3, 6.

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

3. **Terapkan pada tiap tahap.** Putaran pertama dengan setelan 18 in-lb mengikuti urutan 1-4-2-5-3-6; putaran kedua dengan 42 in-lb urutan yang sama; putaran ketiga dengan 60 in-lb.
4. **Akhiri dengan penandaan.** Setelah putaran 60 in-lb selesai, beri *torque stripe* pada keenam baut.
5. **Cek.** Nilai tahap naik terus (18 < 42 < 60) dan tahap terakhir tepat sama dengan momen akhir; tidak ada nilai di atas 60 in-lb.

Jawaban: setelan 18, 42, lalu 60 in-lb, masing-masing mengikuti urutan baut 1-4-2-5-3-6, lalu diberi *torque stripe*.

Contoh 2: menghitung jumlah rivet satu baris

Pada 2027, sebuah pelat penutup sepanjang 150 mm dipasang dengan satu baris rivet berdiameter 4,0 mm. Kartu kerja menetapkan jarak tepi paling sedikit 2D dan pitch 4D sampai 6D. Rivet paling ujung dipasang 10 mm dari tepi. Rivet berjarak sama. Berapa jumlah rivet paling sedikit? *(Kasus fiktif.)*

1. **Hitung batas dalam milimeter.** D = 4,0 mm. Jarak tepi minimum 2D = 8 mm. Pitch minimum 4D = 16 mm dan pitch maksimum 6D = 24 mm.
2. **Periksa jarak tepi.** 10 mm ≥ 8 mm, memenuhi.
3. **Hitung panjang antara rivet paling ujung.** 150 − 2 × 10 = 130 mm.
4. **Hitung jumlah pitch minimum.** 130 ÷ 24 ≈ 5,42, dibulatkan ke atas menjadi 6 pitch.
5. **Hitung jumlah rivet.** 6 pitch → 6 + 1 = 7 rivet.
6. **Cek pitch.** 130 ÷ 6 ≈ 21,7 mm. Nilai ini ada di antara 16 dan 24 mm, memenuhi.
7. **Cek jebakan.** Bila hanya 6 rivet, ada 5 pitch dan pitch 26 mm melebihi 24 mm. Bila 5 rivet, 4 pitch dan 32,5 mm, jelas melebihi.

Jawaban: paling sedikit 7 rivet dengan pitch sekitar 21,7 mm.

Contoh 3: konversi torsi dan membaca setelan

Pada 2027, kartu kerja menyebut momen pengencangan 85 in-lb. Kunci momen yang tersedia di bengkel berskala **N·m**. Tentukan setelan yang benar dan nilai kewajarannya. Bila seorang siswa menyetel angka 85 pada skala N·m, seberapa kencang hasilnya dibanding yang seharusnya? *(Kasus fiktif.)*

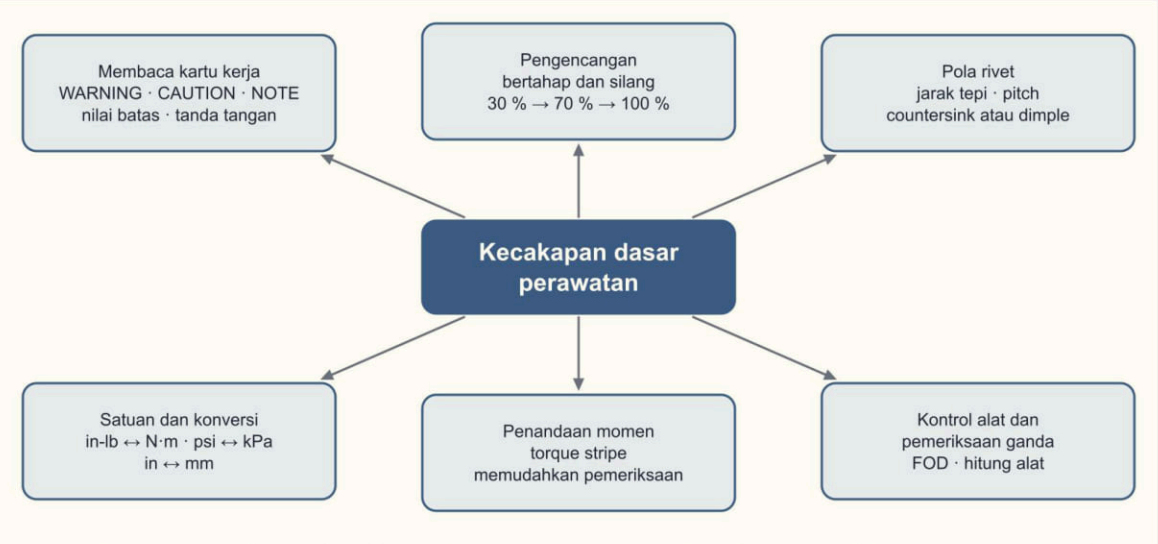
1. **Pilih arah konversi.** Dari in-lb (satuan kecil) ke N·m (satuan besar): angka mengecil.
2. **Hitung.** 85 × 0,113 ≈ 9,6 N·m. (Dengan faktor 0,11298: 85 × 0,11298 ≈ 9,60.)
3. **Cek kewajaran.** 9,6 N·m jauh lebih kecil daripada 85, sesuai arah konversi.
4. **Periksa kesalahan siswa.** Setelan 85 N·m setara 85 ÷ 0,113 ≈ 752 in-lb. Perbandingan terhadap 85 in-lb adalah 752 ÷ 85 ≈ 8,8 kali lebih kencang.
5. **Simpulkan.** Baut akan dikencangkan hampir sembilan kali melebihi batas dan dapat patah, atau ulirnya rusak.

Jawaban: setelan yang benar ± 9,6 N·m; setelan 85 N·m terlalu kencang sekitar 8,8 kali.

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

❖ PETA KONSEP

Gambar 1.18 merangkum isi sub bab ini.



Gambar 1.18 Peta konsep kecakapan dasar perawatan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Yang harus kamu ingat:

- Kartu kerja: **identitas, rujukan manual, *warning* (orang), *caution* (pesawat), *note*, langkah, nilai batas, dua tanda tangan**. Kerjakan yang tertulis, berurutan.
- **1 ft-lb = 12 in-lb**; konversi ke SI: in-lb × 0,113 = N·m. Cek arah hasil dan tulis satuan.
- Pengencangan: **bertahap** (misalnya 30 %, 70 %, 100 %) dan **silang** (berseberangan); momen akhir tidak boleh dilampaui; kunci momen untuk mengencangkan, bukan melepas.
- *Torque stripe* lurus = baut tidak bergeser.
- Rivet: **n rivet = (n − 1) pitch**; jarak tepi ≥ batas; pitch di antara batas bawah dan atas; jumlah pitch dibulatkan **ke atas**.
- Pelat atas **lebih tebal** daripada tinggi kepala → *countersink*; tidak lebih tebal → *dimple*.

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

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal kecakapan dasar:

1. **Tulis semua nilai batas dari kartu kerja** beserta satuannya di kertas coretan.
2. **Samakan satuan** sebelum menghitung.
3. **Gambar sketsa** garis rivet atau lingkaran baut dengan penomoran untuk memeriksa urutan.
4. **Periksa tiap syarat satu per satu** (jarak tepi, pitch minimum, pitch maksimum), dan cari jumlah **paling sedikit** bila diminta.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Jumlah pitch dianggap jumlah rivet** (84 ÷ 19,2 ≈ 4 lalu menjawab 4 rivet); yang benar jumlah pitch dibulatkan ke atas, lalu **ditambah 1**.
- **Panjang baris dibagi pitch tanpa mengurangi jarak tepi.**
- **Syarat "lebih besar"** dibaca "lebih besar atau sama": pelat setebal kepala rivet tetap di-*dimple*.
- **Pola melingkar** (1-2-3-4...) dipilih, padahal pola silang yang benar; atau pola benar tetapi **langsung ke momen akhir tanpa tahap**.
- **Momen "ditambah sedikit agar aman"** (misalnya 165 untuk batas 150).
- **Pasangan "berseberangan" keliru**: pada 8 baut, baut 1 berseberangan dengan baut 5, bukan baut 3.
- **Konversi dibalik** (in-lb ke N·m dikalikan 12) atau satuan in-lb dan ft-lb tertukar.

> Contoh salah tafsir: untuk panjang antara ujung 84 mm dan pitch maksimum 19,2 mm, seorang siswa menghitung 84 ÷ 19,2 ≈ 4,4 lalu menjawab "5 rivet". Angka 4,4 adalah jumlah **pitch**. Dibulatkan ke atas menjadi 5 pitch, dan jumlah rivet menjadi 5 + 1 = 6.

NEXT LEVEL STUDY

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menghitung jumlah rivet satu baris. Pakai bagian 5 (hubungan jumlah rivet dan jumlah pitch) dan perhatikan pembulatan ke atas.

►. Dimas, siswa magang di bengkel struktur, menyiapkan tata letak satu baris rivet untuk pelat penambal (patch) kulit sayap pesawat latih pada 2027. Panjang baris 100 mm, dan rivet paling ujung di kedua sisi dipasang 8 mm dari tepi pelat. Rivet dibuat berjarak sama. Supervisor meminta jumlah rivet paling sedikit yang masih memenuhi kartu kerja berikut.

Ketentuan kartu kerja	Nilai
Diameter rivet (D)	3,2 mm
Jarak tepi minimum	2D
Jarak antar-rivet (pitch)	4D sampai 6D

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 rivet yang tepat adalah ....

A. 4 rivet
B. 5 rivet
C. 6 rivet
D. 7 rivet
E. 8 rivet

Pembahasan **Kunci: C**

Konsep: Jarak tepi diukur dari tepi pelat ke pusat rivet; pitch adalah jarak pusat ke pusat rivet. Untuk n rivet berjarak sama terdapat (n − 1) pitch di antara rivet paling ujung.

Langkah:

1. Jarak tepi 8 mm ≥ 2D = 6,4 mm (memenuhi).
2. Jarak antara rivet paling ujung = 100 − 2 × 8 = 84 mm.
3. Pitch maksimum 6D = 19,2 mm → jumlah pitch minimal 84 ÷ 19,2 = 4,375, dibulatkan ke atas menjadi 5.
4. 5 pitch → 6 rivet, pitch = 16,8 mm (di antara 12,8 dan 19,2 mm).

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: 84 ÷ 19,2 ≈ 4 lalu dianggap jumlah rivet; padahal itu jumlah pitch dan harus dibulatkan ke atas, lalu ditambah 1.
- **B.** ✗ Jebakan: 5 rivet berarti 4 pitch = 21 mm, melebihi 6D = 19,2 mm.
- **C.** ✓ Pitch 16,8 mm memenuhi 4D–6D dengan jumlah rivet paling sedikit.
- **D.** ✗ Pitch 14 mm memang memenuhi, tetapi bukan jumlah paling sedikit.
- **E.** ✗ Jebakan: 100 ÷ 12,8 ≈ 8 tanpa mengurangi jarak tepi; 8 rivet memberi pitch 12 mm, di bawah 4D.

Jawaban: C.

✎ LATIHAN

Tulis dulu nilai batas dan satuannya, lalu periksa tiap syarat satu per satu.

1. Pada 2027, Rani membantu memasang rivet kepala benam (countersunk) berdiameter 3,2 mm pada panel aluminium di empat lokasi. Tinggi kepala rivet itu 1,0 mm. Kartu kerja menyatakan: lubang dibenamkan dengan countersink mesin hanya bila tebal pelat atas lebih besar daripada tinggi kepala rivet; bila tidak, pelat atas di-dimple (ditekan membentuk cekungan).

Lokasi	Tebal pelat atas (mm)
K	0,6
L	1,0
M	1,3
N	0,8

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

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pembagian pekerjaan yang tepat adalah ....

A. Dimple di K dan N; countersink mesin di L dan M
B. Dimple di K saja; countersink mesin di L, M, dan N
C. Dimple di M saja; countersink mesin di K, L, dan N
D. Dimple di K, L, dan N; countersink mesin di M
E. Dimple di semua lokasi agar hasilnya seragam

2. Pada 2027, Lukman merakit kembali dua belahan pelek (wheel half) roda utama pesawat latih yang diikat 8 baut. Baut diberi nomor 1 sampai 8 searah jarum jam, sehingga baut 1 berseberangan dengan baut 5. Manual memberi ketentuan pengencangan seperti pada tabel.

Ketentuan	Nilai
Momen akhir	150 in-lb
Tahap 1	30% momen akhir
Tahap 2	70% momen akhir
Tahap 3	100% momen akhir
Pola	silang (baut berseberangan berurutan)

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Cara pengencangan yang tepat adalah ....

A. Urutan 1-5-3-7-2-6-4-8 pada 45, lalu 105, lalu 150 in-lb
B. Urutan 1-2-3-4-5-6-7-8 pada 45, lalu 105, lalu 150 in-lb
C. Urutan 1-5-3-7-2-6-4-8 langsung pada 150 in-lb sekali saja
D. Urutan 1-5-3-7-2-6-4-8 pada 45, lalu 105, lalu 165 in-lb
E. Urutan 1-3-5-7-2-4-6-8 pada 45, lalu 105, lalu 150 in-lb

Kunci singkat: 1. D 2. A

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

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa jumlah rivet = jumlah pitch + 1, dan mengapa jumlah pitch dibulatkan ke atas?
- Mengapa baut pada flens dikencangkan bertahap dan silang, bukan satu per satu sampai penuh?
- **Yang harus kuingat:** satu ft-lb sama dengan 12 in-lb; tulis satuan dan cek arah konversi; momen akhir tidak boleh dilampaui; pola silang dan bertahap menekan merata; pelat setebal kepala rivet di-*dimple*, bukan di-*countersink*.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 1.3: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

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

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

Sub bab 1.4 · CASR: peraturan keselamatan penerbangan sipil

SMKTPU-1.4

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu **mengidentifikasi ketentuan CASR Part 21, 39, 43, 45, 47, 65, 145, dan 147**. Levelnya pengetahuan dan pemahaman, dan di soal ia muncul sebagai kasus kerja: seorang siswa magang diminta menandatangani pernyataan laik terbang, atau gudang menerima suku cadang tanpa dokumen. Kamu tidak diminta menghafal nomor ayat; kamu diminta mengenali **Part mana mengatur hal apa**, dan menentukan tindakan yang sesuai dengan ketentuan itu.

Sub bab ini bobot soalnya kecil, tetapi jangan diremehkan. Pola soalnya sangat khas: ada godaan untuk "menyelesaikan cepat" (tanda tangan sekarang, pasang dulu, urus dokumen belakangan), dan jawaban yang benar selalu memilih **jalur yang sesuai peraturan**: dokumen dulu, wewenang dulu, baru pesawat terbang.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan hubungan antara undang-undang, CASR, dan prosedur di hanggar;
- mencocokkan delapan Part CASR dengan hal yang diaturnya;
- menjelaskan rantai kelaikan dari rancangan sampai pesawat terbang, termasuk makna pelepasan ke layanan (*release to service*);
- menentukan tindakan yang tepat pada kasus suku cadang tanpa dokumen dan kasus wewenang menandatangani rilis.

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

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

1. Mengapa ada peraturan, dan siapa yang membuatnya

Penerbangan melintasi batas negara, sehingga negara-negara menyepakati standar bersama lewat Konvensi Penerbangan Sipil Internasional (Konvensi Chicago, 1944) dan badan yang dibentuknya, **ICAO** (*International Civil Aviation Organization*). Setiap negara anggota, termasuk Indonesia, menerjemahkan standar itu ke dalam hukumnya sendiri.

Di Indonesia, dasarnya adalah **Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2009 tentang Penerbangan**. Di bawahnya ada peraturan yang lebih rinci, yaitu **Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil** yang dalam bahasa Inggris disebut ***Civil Aviation Safety Regulations*** dan disingkat **CASR**. CASR diterbitkan sebagai Peraturan Menteri Perhubungan dan dibagi menjadi bagian-bagian bernomor yang disebut ***Part***. Tiap Part mengatur satu bidang. Menurut pola penomoran ini, Part 21 mengatur sertifikasi produk, Part 43 mengatur perawatan, Part 145 mengatur organisasi perawatan, dan seterusnya.

Pelaksana dan pengawasnya adalah **otoritas penerbangan sipil**, yaitu Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, Kementerian Perhubungan. Di dalamnya, direktorat yang menangani kelaikan udara dan pengoperasian pesawat adalah Direktorat Kelaikudaraan dan Pengoperasian Pesawat Udara. Otoritas inilah yang menyetujui organisasi perawatan, menerbitkan lisensi, dan menerbitkan perintah kelaikan.

Peraturan tersusun bertingkat (Gambar 1.19): standar internasional → undang-undang → Peraturan Menteri (CASR) → pedoman dan instruksi pelaksana → prosedur tertulis di organisasi perawatan beserta manual pabrikan dan kartu kerja. Makin ke bawah makin rinci dan makin dekat ke pekerjaanmu sehari-hari, tetapi semuanya berasal dari tingkat di atasnya.



Gambar 1.19 Tingkatan peraturan, dari standar internasional sampai prosedur di organisasi perawatan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

2. Kelaikan udara: tujuan semua peraturan ini

Kelaikan udara (*airworthiness*) berarti pesawat sesuai dengan rancangan yang telah disertifikasi dan berada dalam kondisi aman untuk dioperasikan. Pesawat yang sehat hari ini bisa menjadi tidak laik besok karena retak, korosi, atau komponen aus. Karena itu kelaikan bukan label sekali jadi, melainkan keadaan yang **dijaga terus-menerus** lewat perawatan dan **dibuktikan lewat dokumen**.

Bayangkan kelaikan sebagai rantai (Gambar 1.20). Rantainya dimulai dari rancangan dan pembuatan produk yang disertifikasi; pesawat kemudian didaftarkan dan diberi tanda; selama dipakai ia dirawat menurut manual dan mengikuti perintah kelaikan; pekerjaannya dikerjakan oleh organisasi yang disetujui dengan personel berlisensi; pekerjaan itu dilepas ke layanan oleh personel yang berwenang; dan semuanya dicatat sehingga dapat ditelusuri. **Satu mata rantai yang putus, misalnya dokumen yang hilang atau tanda tangan oleh yang tidak berwenang, membuat pesawat belum boleh dianggap laik terbang**, sebaik apa pun kondisi fisiknya.



Gambar 1.20 Rantai kelaikan dari rancangan sampai pesawat terbang, beserta Part CASR yang mengaturnya. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

3. Delapan Part satu per satu

Gambar 1.21 mengelompokkan delapan Part menjadi tiga: produk dan pesawat, pekerjaan perawatan, serta orang dan organisasi. Berikut tiap Part dengan cara mengingatnya.

Part	Mengatur	Pertanyaan yang dijawabnya
21	Prosedur sertifikasi produk dan bagian-bagiannya	Apakah rancangan pesawat, mesin, baling-baling, atau komponen ini sudah disertifikasi?
39	Perintah kelaikan udara (*airworthiness directive*, AD)	Adakah perintah wajib dari otoritas untuk memeriksa atau memperbaiki produk ini?
43	Perawatan pesawat	Siapa boleh mengerjakan perawatan, bagaimana dicatat, dan kapan boleh dilepas ke layanan?
45	Tanda identifikasi dan tanda pendaftaran	Tanda apa yang harus terpasang pada pesawat?
47	Pendaftaran pesawat udara	Apakah pesawat ini terdaftar dan siapa pemiliknya?
65	Lisensi ahli perawatan pesawat udara (*Aircraft Maintenance Engineer*, AME)	Siapa yang berhak menerima lisensi untuk menyatakan pekerjaan perawatan selesai?
145	Organisasi perawatan yang disetujui (AMO)	Organisasi seperti apa yang boleh melakukan perawatan pesawat?
147	Organisasi pelatihan perawatan pesawat udara (*Aircraft Maintenance Training Organization*, AMTO)	Siapa yang boleh melatih calon teknisi?



Gambar 1.21 Delapan Part CASR yang diuji, dikelompokkan menurut hal yang diaturnya. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Beberapa penjelasan tambahan agar tidak tertukar.

Part 21 dan Part 39 keduanya berurusan dengan produk. Part 21 menjawab pertanyaan sebelum produk dipakai: apakah ia boleh dibuat dan dipasang? Part 39 menjawab pertanyaan sesudahnya: bila kemudian ditemukan kondisi tidak aman pada produk yang sudah terbang,

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

perintah apa yang wajib dilaksanakan? **Perintah kelaikan (AD) bersifat wajib**, bukan anjuran, dan harus dikerjakan sebelum atau pada batas waktu yang tertera.

Part 45 dan Part 47 berurusan dengan identitas pesawat. Part 47 menyangkut pendaftarannya, sedangkan Part 45 menyangkut tanda yang dipasang di pesawat, seperti tanda kebangsaan dan registrasi di badan. Registrasi pesawat Indonesia berawalan "PK".

Part 43 adalah Part yang paling dekat dengan pekerjaanmu: ia mengatur perawatan dan pencatatannya. Dua gagasan intinya adalah (1) pekerjaan dikerjakan menurut data yang diterima (manual dan kartu kerja), dan (2) setelah selesai, pekerjaan dicatat dan **pelepasan ke layanan** dilakukan oleh personel yang berwenang.

Part 65, 145, dan 147 adalah tiga "kaki" yang menopang orangnya: Part 65 untuk perorangan (lisensi AME), Part 145 untuk organisasi yang mengerjakan perawatan (AMO), dan Part 147 untuk organisasi yang melatih. Cara mengingatnya: **65 = orang berlisensi, 145 = bengkel disetujui, 147 = sekolah disetujui**.

> Catatan kejujuran: judul resmi dan isi rinci tiap Part dapat berubah lewat amendemen. Yang dituntut TKA adalah **ketentuan dasar** seperti di atas. Untuk teks resmi, rujuk Peraturan Menteri Perhubungan yang memuat CASR di basis data peraturan Kementerian Perhubungan.

4. Pelepasan ke layanan (*release to service*)

Setelah pekerjaan perawatan selesai, pesawat belum otomatis boleh terbang. Harus ada **pernyataan tertulis bahwa pekerjaan sudah dikerjakan sesuai data yang disetujui dan pesawat siap dioperasikan**. Pernyataan inilah yang disebut ***release to service*** atau *certificate of release to service* (CRS). Ketentuannya:

- **Hanya personel berwenang yang boleh menandatanganinya**: orang yang memegang lisensi yang sesuai (Part 65) **dan** diberi kewenangan oleh organisasi perawatannya (Part 145) untuk pekerjaan atau tipe pesawat itu. Memiliki lisensi saja belum cukup bila kewenangan dari organisasi belum diberikan, dan sebaliknya.
- **Harus ditandatangani sebelum pesawat terbang**, bukan sesudahnya. Menandatangani belakangan berarti pesawat telah terbang tanpa pernyataan laik.
- **Tanda tangan itu menyatakan tanggung jawab pribadi.** Siswa magang boleh mengerjakan pekerjaan di bawah pengawasan dan mencatatnya di kartu kerja, tetapi tidak boleh merilis.
- **Pilot, instruktur, atau pemilik pesawat tidak menggantikan personel berwenang** untuk merilis pekerjaan perawatan, sekalipun mereka yang akan menerbangkan dan jadwal terbang sudah mepet.
- **Jumlah tanda tangan tidak mengganti wewenang.** Dua orang tidak berwenang tidak sama dengan satu orang berwenang.

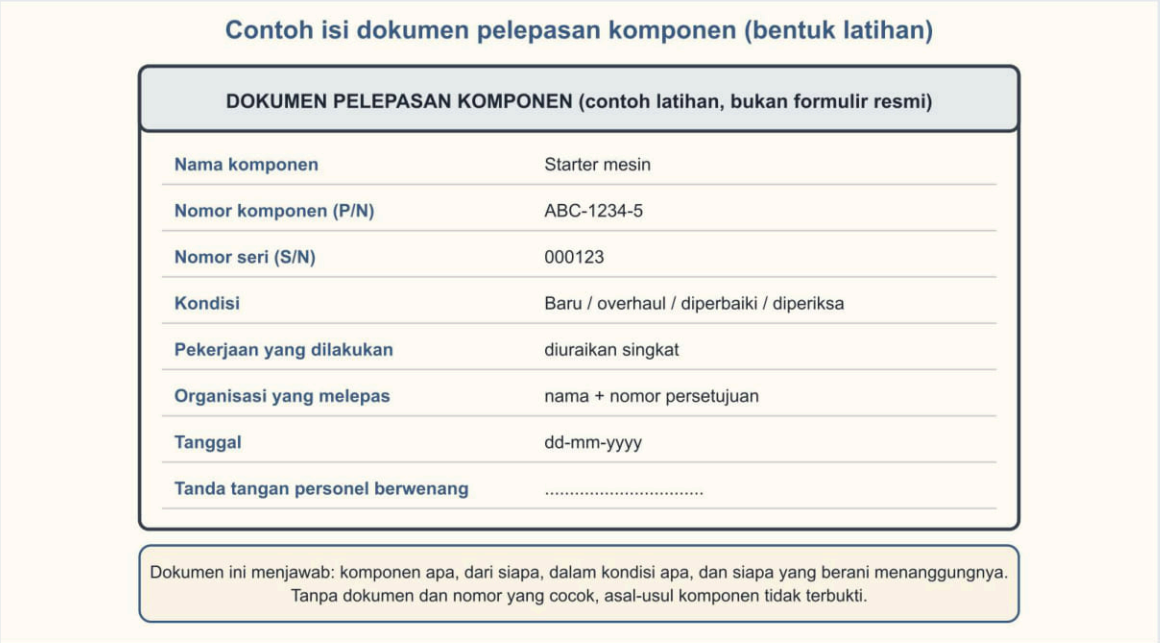
Yang menyertai pelepasan adalah **catatan perawatan**: apa yang dikerjakan, kapan, oleh siapa, dengan komponen apa, dan hasil ukurnya. Catatan itulah bukti di kemudian hari bahwa rantai

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

kelaikan tidak putus.

5. Suku cadang: harus dapat dilacak asalnya

Komponen yang dipasang harus dapat dibuktikan kelaikannya lewat **dokumen pelepasan** dari pihak yang berwenang (Gambar 1.22), yang menjelaskan komponen apa (nomor komponen dan nomor seri), dalam kondisi apa (baru, diperbaiki, atau diperiksa), dan siapa yang menanggungnya. Dokumen ini penting karena **nomor komponen yang sama dapat dipalsukan atau dipakai pada komponen bekas yang rusak**; yang membuktikan adalah riwayatnya, bukan sekadar fisiknya.



Gambar 1.22 Contoh isi dokumen pelepasan komponen (bentuk latihan, bukan formulir resmi). 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

Komponen yang **asal-usulnya meragukan** disebut komponen tidak resmi (*unapproved part*). Tanda-tandanya antara lain: harga jauh di bawah pasaran, tidak ada dokumen, pelat nama tampak ditempel ulang atau ditulis ulang, atau nomor tidak cocok dengan dokumen. Penanganannya:

1. **Jangan dipasang**, walau nomor komponennya cocok dengan katalog dan walau pesawat sudah lama menunggu.
2. **Pisahkan** (karantina) dan beri tanda agar tidak terpakai.
3. **Laporkan** kepada bagian mutu agar diselidiki dan, bila perlu, diteruskan ke otoritas.
4. **Catat** kejadiannya.

Yang tidak membenarkan pemasangan: berfungsi baik di bangku uji, harga murah, atau janji "dokumennya menyusul". Bangku uji hanya membuktikan komponen *tampak berfungsi saat ini*, tidak membuktikan asal dan riwayatnya. Menyingkirkan komponen tanpa melapor juga salah, karena komponen itu dapat berpindah ke bengkel lain.

6. Apa artinya bagi teknisi

Dengan semua ini, sikap kerja seorang teknisi yang taat peraturan dapat diringkas dalam lima kalimat:

- Aku mengerjakan **sesuai data yang disetujui** (manual, kartu kerja, AD), bukan menurut kebiasaan.
- Aku mencatat dengan **jujur dan lengkap**.
- Aku **tidak menandatangani rilis** bila aku tidak berwenang, seberapa pun mendesaknya jadwal.
- Aku **tidak memasang komponen** yang asalnya tidak terbukti.
- Aku **melapor** bila ragu, karena peraturan melindungi orang yang menaikinya, termasuk keluargaku sendiri.

CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1: mencocokkan situasi dengan Part

Pada 2026, seorang instruktur menyiapkan delapan situasi dan meminta siswa mencocokkannya dengan Part CASR (21, 39, 43, 45, 47, 65, 145, 147). Tentukan pasangannya. *(Kasus fiktif.)*

1. **Pabrikan mengajukan sertifikasi rancangan sebuah pesawat latih baru.** Sertifikasi produk → **Part 21**.
2. **Otoritas memerintahkan semua pemilik jenis pesawat tertentu memeriksa sambungan sayap sebelum 100 jam terbang berikutnya.** Perintah wajib → **Part 39** (AD).
3. **Teknisi mengganti filter oli dan mencatat pekerjaan itu.** Perawatan dan pencatatan → **Part 43**.

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

4. **Sekolah penerbangan mengecat ulang tanda registrasi di badan pesawat.** Tanda yang dipasang pada pesawat → **Part 45**.
5. **Operator mendaftarkan pesawat yang baru dibeli.** Pendaftaran pesawat → **Part 47**.
6. **Seorang lulusan SMK mengikuti ujian untuk memperoleh lisensi ahli perawatan.** Lisensi personel → **Part 65**.
7. **Sebuah bengkel meminta persetujuan agar boleh merawat pesawat orang lain.** Organisasi perawatan → **Part 145**.
8. **Sebuah lembaga meminta persetujuan untuk melatih calon teknisi.** Organisasi pelatihan → **Part 147**.
9. **Cek.** Delapan situasi, delapan Part berbeda, tidak ada yang ganda.

Jawaban: 1→21, 2→39, 3→43, 4→45, 5→47, 6→65, 7→145, 8→147.

Contoh 2: menilai penerimaan suku cadang tanpa dokumen

Pada 2027, gudang sebuah AMO menerima dua roda gigi pompa dari penjual daring. Harganya sepertiga harga normal. Nomor komponennya sesuai katalog, tetapi tidak ada dokumen pelepasan dan label serinya tampak ditempel di atas label lain. Kepala hanggar berkata, "Pasang saja, pesawat sudah menunggu dua minggu, dokumennya nanti saya minta." Tentukan urutan tindakan yang tepat. *(Kasus fiktif.)*

1. **Cari tanda bahaya.** Harga jauh di bawah pasaran, tidak ada dokumen, label ditempel ulang: semuanya menandai komponen meragukan.
2. **Uji alasan untuk memasang.** "Nomor cocok katalog": nomor dapat ditiru. "Dokumen menyusul": pesawat sudah terbang tanpa bukti kelaikan. "Pesawat sudah menunggu": tekanan jadwal bukan dasar peraturan.
3. **Tentukan tindakan.** (a) Jangan dipasang. (b) Karantina: pisahkan dan beri label "tidak untuk dipasang". (c) Laporkan ke bagian mutu sebagai komponen meragukan. (d) Catat kejadiannya.
4. **Tanggapi permintaan atasan.** Sampaikan dengan sopan bahwa komponen tidak memenuhi syarat pelepasan; bagian mutu yang memutuskan langkah berikutnya, termasuk memesan komponen resmi.
5. **Cek.** Pesawat tetap di darat sampai komponen resmi tiba; ini lebih murah daripada akibat kegagalan komponen saat terbang.

Jawaban: karantina dan laporkan ke bagian mutu; jangan dipasang dan jangan dikembalikan tanpa laporan.

Contoh 3: siapa boleh menandatangani pelepasan ke layanan

Pada 2027, sebuah AMO selesai mengganti baterai pesawat latih. Pesawat dijadwalkan terbang pukul 10.00. Empat orang berada di hanggar: Sari memegang lisensi AME dan telah diberi kewenangan oleh AMO untuk pekerjaan serta jenis pesawat ini; Tono adalah siswa magang; Uci adalah pilot yang akan menerbangkan pesawat; Vino memegang lisensi AME tetapi AMO belum memberinya kewenangan untuk jenis pesawat ini. Siapa yang boleh menandatangani pelepasan ke layanan? *(Kasus fiktif.)*

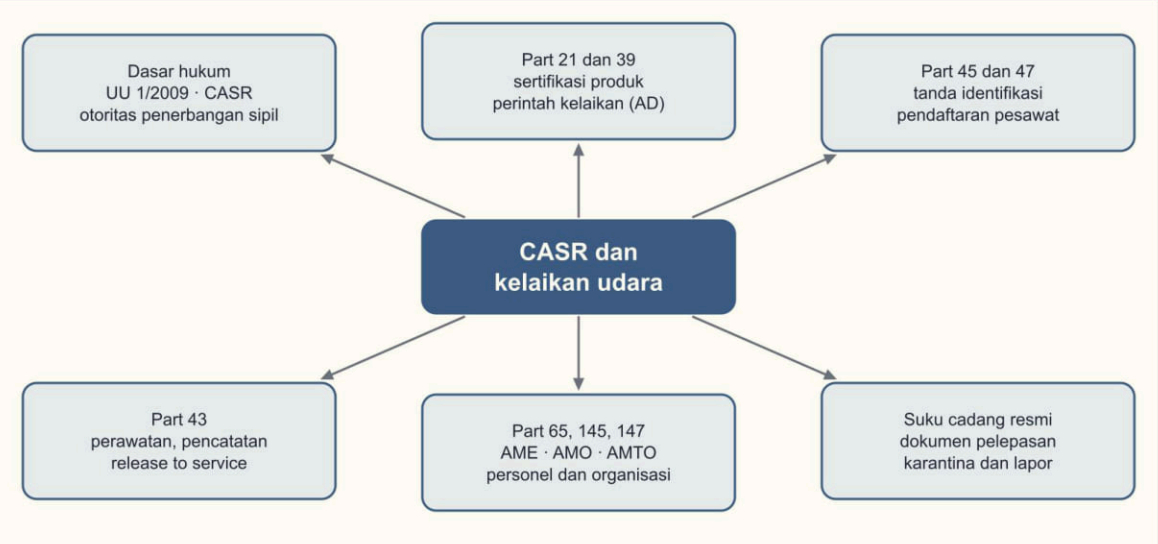
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

1. **Tetapkan dua syarat.** Penandatangan harus (a) berlisensi yang sesuai dan (b) berwenang dari organisasi perawatan untuk pekerjaan/jenis pesawat itu.
2. **Periksa tiap orang.** Sari: memenuhi (a) dan (b). Tono: belum berlisensi, tidak memenuhi. Uci: pilot, bukan personel perawatan berwenang, tidak memenuhi. Vino: memenuhi (a) tetapi belum (b), tidak memenuhi.
3. **Tentukan waktu.** Tanda tangan harus sebelum pukul 10.00, setelah pekerjaan dan catatannya selesai.
4. **Peran lain.** Tono dapat mengerjakan pekerjaan dengan pengawasan dan mencatatnya; Uci dapat memeriksa kondisi pesawat sebagai pilot (pemeriksaan praterbang), tetapi itu bukan pelepasan perawatan.

Jawaban: hanya Sari, dan harus sebelum pesawat terbang.

❖ PETA KONSEP

Gambar 1.23 merangkum isi sub bab ini.



Gambar 1.23 Peta konsep CASR dan kelaikan udara. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Yang harus kamu ingat:

- **UU 1/2009 → CASR (Peraturan Menteri) → Part**; otoritas = Ditjen Perhubungan Udara.
- **21** sertifikasi produk · **39** AD (wajib) · **43** perawatan dan pencatatan · **45** tanda identifikasi · **47** pendaftaran · **65** lisensi AME · **145** AMO · **147** AMTO.
- **Pelepasan ke layanan**: ditandatangani personel **berlisensi dan berwenang**, **sebelum** terbang; siswa magang, pilot, atau jumlah tanda tangan tidak menggantikannya.
- **Suku cadang harus punya dokumen pelepasan**; meragukan → **karantina dan laporkan**, jangan dipasang.
- Kelaikan = rantai yang dibuktikan dokumen; satu mata rantai putus, pesawat belum laik.

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

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal CASR:

1. **Tentukan hal yang ditanyakan**: sertifikasi, perintah wajib, perawatan, tanda, pendaftaran, lisensi, organisasi, atau pelatihan.
2. **Cocokkan dengan Part** memakai pegangan: 21 produk, 39 AD, 43 perawatan, 45 tanda, 47 daftar, 65 orang, 145 bengkel, 147 sekolah.
3. **Cari "jalan pintas" dalam pilihan** (tanda tangan sekarang, pasang dulu, dokumen menyusul) dan singkirkan.
4. **Pilih tindakan yang memisahkan atau menahan** hingga dokumen dan wewenang jelas.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Part 145, 147, dan 65 tertukar**: bengkel, sekolah, dan perorangan.
- **AD dianggap anjuran**, padahal wajib.
- **"Mengerjakan sesuai manual" dianggap sama dengan berwenang merilis.**
- **Pilot atau instruktur dianggap boleh merilis** karena dialah yang akan terbang.
- **Menandatangani belakangan** (sesudah terbang) dianggap cukup.
- **Rekan magang menandatangani bersama** dianggap menambah sah.
- **Nomor komponen cocok katalog** atau **lulus uji bangku** dianggap membuktikan kelaikan.
- **Mengembalikan komponen tanpa laporan** dianggap menyelesaikan masalah.

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa menjawab bahwa teknisi magang boleh merilis pekerjaan yang ia kerjakan sendiri sesuai manual karena "ia paling tahu pekerjaannya". Yang menentukan bukan siapa yang paling tahu, melainkan **wewenang**: pelepasan ke layanan hanya oleh personel berlisensi yang diberi kewenangan organisasi.

NEXT LEVEL STUDY

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut membahas siapa yang boleh menandatangani pelepasan ke layanan. Pakai bagian 4 (syarat penandatangan dan waktunya).

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

►. Yoga, siswa SMK yang magang di AMO (Approved Maintenance Organization) sebuah sekolah penerbangan, baru selesai memasang ban roda utama pesawat latih di bawah pengawasan Pak Hendra, pemegang lisensi AME yang berwenang merilis. Pak Hendra dipanggil ke hanggar lain sebelum sempat memeriksa hasilnya. Instruktur terbang meminta Yoga menandatangani pernyataan laik terbang (release to service) karena latihan dijadwalkan pukul 09.00 (2027).
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tindakan Yoga yang paling tepat adalah ....

A. Menandatangani rilis karena pemasangan ban ia kerjakan sendiri sesuai manual
B. Mencatat pekerjaan di kartu kerja, lalu meminta Pak Hendra memeriksa dan merilis
C. Meminta instruktur terbang menandatangani rilis karena ia yang akan menerbangkan
D. Mengizinkan terbang dulu, lalu Pak Hendra menandatangani rilis setelah latihan
E. Meminta rekan magang yang ikut melihat pemasangan turut menandatangani rilis

Pembahasan **Kunci: B**

Konsep: Dalam CASR, pekerjaan perawatan dicatat oleh pelaksana, tetapi pernyataan laik terbang (release to service) hanya boleh ditandatangani personel berlisensi yang diberi kewenangan oleh organisasi perawatan, dan harus sebelum pesawat terbang.

Langkah:
1. Yoga belum berlisensi → boleh mengerjakan di bawah pengawasan, tidak boleh merilis.
2. Pemeriksaan dan rilis menunggu Pak Hendra; jadwal terbang menyesuaikan.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Jebakan: mengerjakan sesuai manual tidak sama dengan berwenang merilis.
• **B.** ✓ Pekerjaan dicatat, lalu diperiksa dan dirilis personel berwenang sebelum terbang.
• **C.** ✗ Jebakan: pilot yang akan terbang bukan personel perawatan AMO yang berwenang merilis pekerjaan itu.
• **D.** ✗ Rilis harus sebelum terbang; menandatangani belakangan berarti pesawat terbang tanpa pernyataan laik.
• **E.** ✗ Rekan magang juga tidak berlisensi; jumlah tanda tangan tidak menggantikan kewenangan.

Jawaban: B.

✎ LATIHAN

Tulis dulu "jalan pintas" yang ditawarkan tiap pilihan, lalu pilih tindakan yang sesuai dokumen dan wewenang.

1. Pada 2027, gudang suku cadang AMO tempat Wulan magang menerima starter mesin piston dari penjual daring dengan harga jauh lebih murah dari biasanya. Nomor komponennya sesuai katalog, tetapi tidak ada dokumen pelepasan resmi (sertifikat kelaikan komponen), dan pelat namanya tampak baru ditempel ulang. Seorang teknisi mengusulkan agar starter dipasang dulu karena pesawat sudah lama menunggu.

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 yang paling tepat adalah ....

A. Memasang starter karena nomor komponennya sudah sesuai dengan katalog pabrik
B. Memasang starter, lalu meminta dokumen dari penjual setelah pesawat terbang
C. Mengkarantina starter dan melaporkannya ke bagian mutu sebagai meragukan
D. Menguji starter di bangku uji; bila berfungsi baik, komponen itu boleh dipasang
E. Mengembalikan starter ke penjual tanpa laporan agar urusannya cepat selesai

Kunci singkat: 1. C

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa nomor komponen yang cocok dengan katalog belum membuktikan komponen itu laik dipasang?
- Siapa saja yang tidak boleh menandatangani pelepasan ke layanan, dan mengapa?
- **Yang harus kuingat:** 21 produk, 39 AD (wajib), 43 perawatan, 45 tanda, 47 daftar, 65 lisensi, 145 AMO, 147 AMTO; rilis oleh personel berlisensi dan berwenang sebelum terbang; komponen meragukan dikarantina dan dilaporkan.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 1.4: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.
next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktpu&node=SMKTPU-1.4

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

Kuis Akhir Bab 1

SMKTPU-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-smktpu&node=SMKTPU-KB1

1. Pada 2027, setelah menutup kowling mesin piston pesawat latih, Yuda menghitung kain lap yang dikeluarkan dari tool crib untuk pekerjaan itu: tujuh kain dikeluarkan, tetapi hanya enam yang kembali. Rilis pesawat dijadwalkan dua jam lagi, dan uji mesin sudah berjalan baik.
(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. Melanjutkan rilis karena mesin sudah diuji dan berjalan baik tanpa gangguan apa pun

☐ B. Menahan rilis sampai satu kain yang hilang ditemukan atau ruang mesin dipastikan bersih

☐ C. Membuka kembali kowling dan memeriksa ruang mesin, terutama dekat saluran udara masuk

☐ D. Mencatat bahwa jumlah kain cocok supaya hitungan serah terima shift tampak lengkap

☐ E. Melapor kepada supervisor dan mencatat kehilangan agar pekerjaan berikutnya mengetahui statusnya

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

2. Pada 2027, Roni akan membersihkan karburator mesin piston dengan pelarut berlabel "mudah menyala" di meja kerja dalam hanggar. Pintu hanggar tertutup, sebuah kipas listrik biasa menyala di sudut ruangan, dan lembar data keselamatan (SDS) pelarut itu tersedia di rak dekat meja.
(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. Membaca SDS pelarut dahulu untuk mengetahui bahaya dan APD yang diwajibkan
☐ B. Memindahkan pekerjaan ke area berventilasi baik, jauh dari api dan percikan listrik
☐ C. Membiarkan kipas listrik menyala agar uap pelarut cepat terdorong keluar ruangan
☐ D. Memakai sarung tangan kain tipis karena sudah menutupi seluruh telapak tangan
☐ E. Menyimpan sisa pelarut di wadah bertutup berlabel, jauh dari panas dan sumber api

3. Pada 2027, Wawan memeriksa kartu kerja lima baut dan menyetel kunci momennya. Karena skala kunci berbeda satuan dengan kartu kerja, ia mengonversinya sendiri. Faktor yang dipakai: 1 ft-lb = 12 in-lb dan 1 in-lb ≈ 0,113 N·m.

Baut	Momen akhir pada kartu kerja	Setelan Wawan
P	60 in-lb	5 ft-lb
Q	8 ft-lb	80 in-lb
R	100 in-lb	11,3 N·m
S	15 N·m	133 in-lb
T	36 in-lb	36 ft-lb

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Baut yang setelannya sesuai dengan kartu kerja adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Baut P
☐ B. Baut Q
☐ C. Baut R
☐ D. Baut S
☐ E. Baut T

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

4. Pukul 14.20 pada 2027, supervisor hanggar berbicara lewat radio kepada Sandi, siswa magang: "Sandi, pasang ganjal roda di bay lima belas, bukan bay lima, lalu tunggu pesawat PK-SLB." Suara radio terputus-putus karena bising kompresor. Prosedur hanggar mewajibkan *read-back* seluruh unsur instruksi, termasuk koreksi, agar salah dengar dapat langsung dikoreksi.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tanggapan Sandi yang paling tepat adalah ....

A. "Diterima, ganjal roda dipasang di bay lima belas, saya tunggu PK-SLB, selesai."
B. "Ganjal roda di bay lima, lalu tunggu PK-SLB, dimengerti dan segera dikerjakan."
C. "Ganjal di bay lima belas, bukan bay lima, saya kerjakan sekarang juga tanpa menunggu."
D. "Bay lima belas, PK-SLB saya tunggu di sana, lalu ganjal roda menyusul setelahnya."
E. "Ganjal roda di bay lima belas, bukan bay lima, tunggu PK-SLB, benar begitu?"

5. Pada 2027, saat sebuah pesawat latih disambungkan ke sumber daya darat (GPU) di apron, kabel GPU mengeluarkan asap tebal dan percikan api di dekat konektornya. Tidak ada orang terluka. Dua APAR tersedia: satu berisi air bertekanan dan satu berisi karbon dioksida (CO_2). Hani, teknisi magang, berada paling dekat.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tindakan pertama yang paling tepat adalah ....

A. Menyiram kabel dengan APAR air supaya percikan cepat berhenti dan asap mereda
B. Mematikan daya GPU bila aman dijangkau, lalu memadamkan dengan APAR CO_2 yang tersedia
C. Mencabut konektor kabel dengan tangan kosong agar aliran listrik langsung terputus
D. Menutup kabel dengan kain basah supaya asap tidak menyebar ke seluruh apron
E. Menunggu api padam sendiri sambil menjauhkan pesawat lain dari sekitar kabel GPU

6. Pada 2027, Fitri menyiapkan tata letak satu baris rivet untuk menyambung pelat penutup panel sepanjang 180 mm pada pesawat latih. Rivet yang dipakai berdiameter 4,8 mm. Rivet paling ujung dipasang 12 mm dari tepi pelat di kedua sisi, dan semua rivet berjarak sama. Kartu kerja memuat ketentuan berikut.

Ketentuan	Nilai
Diameter rivet (D)	4,8 mm
Jarak tepi minimum	2D
Jarak antar-rivet (pitch)	3D sampai 5D

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 rivet paling sedikit yang masih memenuhi kartu kerja adalah ....

A. 6 rivet
B. 7 rivet
C. 8 rivet
D. 9 rivet
E. 12 rivet

7. Pada 2027, pemeriksa menemukan bahwa Bima, teknisi AMO, memasang *cotter pin* dengan arah salah pada baut engsel pesawat latih. Bima langsung mengakui kesalahannya. Penelusuran menunjukkan Bima bekerja shift ganda 14 jam dan kartu kerjanya tidak memuat gambar arah pemasangan. Kepala AMO menerapkan budaya pelaporan yang adil (*just culture*) dan ingin kejadian itu tidak terulang.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tindakan kepala AMO yang paling sesuai adalah ....

A. Menjatuhkan sanksi berat kepada Bima supaya teknisi lain jera dan tidak mengulanginya
B. Merahasiakan kejadian dari semua pihak di luar AMO agar nama baik organisasi terjaga
C. Meminta Bima lebih berhati-hati ke depan tanpa mengubah kartu kerja maupun jadwal
D. Mencatat kejadian, memperbaiki kartu kerja dan jam kerja, serta tidak menghukum Bima
E. Menyerahkan seluruh penyelidikan kepada Bima karena ia paling paham kesalahannya sendiri

8. Pukul 06.00 pada 2027, Ilham dari shift malam menyelesaikan pemasangan pelat penutup panel kanan sayap pesawat latih. Baut panel di sebelahnya masih terbuka karena menunggu suku cadang, dan pesawat dijadwalkan terbang pukul 09.00. Ilham harus pulang, sedangkan Putri dari shift pagi baru tiba lima belas menit lagi.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tindakan Ilham yang paling tepat adalah ....

A. Pulang setelah menempelkan catatan kecil di panel agar nanti dibaca Putri
B. Menitipkan pesan lisan kepada petugas jaga hanggar agar diteruskan ke Putri
C. Mencatat status panel di buku serah terima dan menjelaskannya langsung kepada Putri
D. Memasang semua baut panel seadanya supaya pesawat tampak siap bagi Putri
E. Menandatangani kartu kerja seolah selesai karena sisa pekerjaannya hanya satu panel

9. Pada 2027, ketika memasang panel akses di kowling mesin piston pesawat latih, Gita menjatuhkan satu mur kecil. Mur itu menggelinding ke celah di bawah mesin dan tidak

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

terlihat, sementara panel tinggal dikencangkan dan pesawat dijadwalkan terbang tiga jam lagi.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tindakan Gita yang paling tepat adalah ....

A. Menutup panel karena satu mur sekecil itu dianggap tidak mungkin mengganggu mesin
B. Melapor ke supervisor dan mencari sampai ketemu sebelum panel akhirnya ditutup
C. Menulis di kartu kerja bahwa semua alat lengkap agar jadwal terbang tidak mundur
D. Meminta rekan magang mengawasi celah itu dari luar setelah pesawat selesai terbang
E. Mengganti dengan mur serupa dan tidak menceritakannya supaya tidak dimarahi atasan

10. Pada 2027, Teguh bekerja shift malam di AMO sebuah sekolah penerbangan. Pukul 03.30, setelah 12 jam bekerja, ia memasang filter bahan bakar pesawat latih. Supervisor berpesan agar pesawat siap sebelum pukul 06.00. Kartu kerja meminta pemeriksaan kebocoran setelah mesin dihidupkan, tetapi rekannya berkata, "Biasanya tidak bocor, lewati saja, semua orang juga begitu."
(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
Ucapan rekan Teguh mencerminkan norma kelompok yang buruk, sehingga kebiasaan "semua orang juga begitu" bukan alasan melewati langkah kartu kerja.	○	○
Karena kebocoran filter jarang terjadi, langkah pemeriksaan boleh dilewati bila tekanan waktu sedang tinggi.	○	○
Kelelahan setelah 12 jam kerja dan tekanan jadwal perlu dicatat sebagai faktor manusia bila nanti terjadi kesalahan.	○	○

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

11. Pada 2027, sebuah mesin turbojet kecil pesawat latih jet akan dihidupkan di apron untuk uji darat pada daya rendah. Manual menyebut zona hisap di depan intake dan zona semburan di belakang nosel, dan kedua zona melebar bila daya dinaikkan. Di sekitar pesawat ada Joni (teknisi pengamat), seorang petugas dengan topi yang tidak terikat, dan sebuah troli alat di dekat intake.
(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. Memindahkan troli alat keluar dari zona hisap sebelum mesin dihidupkan
☐ B. Meminta petugas bertopi menjauh dari zona hisap atau menyimpan topinya lebih dulu
☐ C. Membiarkan pengamat berdiri di belakang nosel karena panas hanya terasa pada daya tinggi
☐ D. Menunda kenaikan daya sampai semua orang berada di luar zona pada daya yang akan dipakai
☐ E. Menganggap ukuran zona tidak berubah walaupun daya dinaikkan dari daya rendah

12. Pada 2027, tim bengkel sekolah penerbangan menata ulang *tool crib* dengan 5R. Langkah yang dikerjakan berurutan: (1) mengeluarkan kaleng kosong, kain bekas, dan alat rusak dari rak; (2) membuat siluet tiap alat pada papan; (3) membersihkan alat dan lantai dari oli; (4) membuat jadwal pemeriksaan dan hitung alat tiap pergantian shift; (5) membiasakan seluruh anggota tim merapikan sebelum pulang tanpa disuruh.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pasangan unsur 5R dan langkah yang benar adalah ....

A. Ringkas = langkah 1, Rapi = langkah 2, Rawat = langkah 4
B. Ringkas = langkah 2, Rapi = langkah 1, Rawat = langkah 4
C. Ringkas = langkah 1, Rapi = langkah 3, Rawat = langkah 5
D. Ringkas = langkah 3, Rapi = langkah 2, Rawat = langkah 4
E. Ringkas = langkah 1, Rapi = langkah 2, Rawat = langkah 5

13. Pada 2027, Mia, siswa magang, akan mengebor pelat aluminium dengan mesin bor meja di bengkel komponen. Ia berambut panjang, memakai gelang logam, dan berbaju lengan panjang dengan manset yang longgar.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tindakan Mia yang paling tepat sebelum mengebor adalah ....

A. Memakai sarung tangan kain yang tebal supaya tangan terlindung dari serpihan pelat
B. Menahan pelat dengan tangan kosong supaya letaknya mudah disesuaikan saat dibor
C. Menyalakan mesin dahulu lalu merapikan rambut sambil menunggu putaran mata bor stabil
D. Menggulung lengan baju sampai siku dan membiarkan gelang karena jauh dari pelat
E. Mengikat rambut, melepas gelang, merapikan lengan, memakai kacamata, lalu menjepit pelat

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

14. Pada 2027, Eko akan mengganti selang hidraulik rem pesawat latih yang rembes di sambungannya. Sistem hidraulik pesawat baru dimatikan beberapa menit sebelumnya, dan pesawat diparkir di hanggar.
(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. Memeriksa titik rembesan dengan menggosokkan jari pada sambungan selagi sistem bertekanan
☐ B. Melepaskan tekanan sisa sistem sesuai prosedur sebelum melonggarkan sambungan selang
☐ C. Melonggarkan sambungan perlahan karena sistem yang dimatikan pasti tidak lagi bertekanan
☐ D. Memakai kacamata pengaman dan menyiapkan wadah penampung untuk cairan yang menetes
☐ E. Menyumbat ujung selang dan sambungan yang terbuka supaya tidak kemasukan kotoran

15. Pada 2027, sebuah AMO mengganti kabel kendali elevator pesawat latih. Dedi mengerjakan penggantian itu. Karena kekurangan orang, kepala hanggar mengusulkan agar Dedi juga bertindak sebagai pemeriksa ganda (*duplicate inspection*) atas pekerjaannya sendiri dengan menandatangani kedua kolom pada kartu kerja. Bu Wati, inspektur mutu AMO itu, sedang berada di hanggar yang sama.
(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. Dedi tidak boleh memeriksa pekerjaannya sendiri karena pemeriksa harus orang lain
☐ B. Pemeriksaan ganda sah karena tanda tangan Dedi dibubuhkan pada dua kolom berbeda
☐ C. Pemeriksaan ganda dapat ditunda sampai penerbangan pertama asalkan ujung kabel ditandai
☐ D. Bu Wati dapat memeriksa pekerjaan itu terpisah lalu menandatangani kolom pemeriksa
☐ E. Pada sistem kendali terbang, pemeriksa kedua menjadi pengaman tambahan karena akibat salah besar

16. Pada 2027, uji mesin piston pesawat latih di dalam hanggar sebuah AMO menimbulkan bising yang membuat teknisi lain harus berteriak untuk berbicara. Kepala K3 mempertimbangkan lima usulan pengendalian.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)

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

Menurut hierarki pengendalian bahaya, usulan yang paling efektif dan paling diutamakan adalah ....

A. Membagikan sumbat telinga kepada semua teknisi yang berada di dalam hanggar
B. Memasang rambu "Wajib Pelindung Telinga" di pintu masuk dan di meja kerja
C. Mengurangi lama uji mesin menjadi separuh dengan menyusun ulang urutan pemeriksaan
D. Memindahkan uji mesin ke area terbuka di luar hanggar sehingga teknisi lain tidak terpapar
E. Mengatur jadwal bergilir agar tiap teknisi berada di dalam hanggar paling lama dua jam

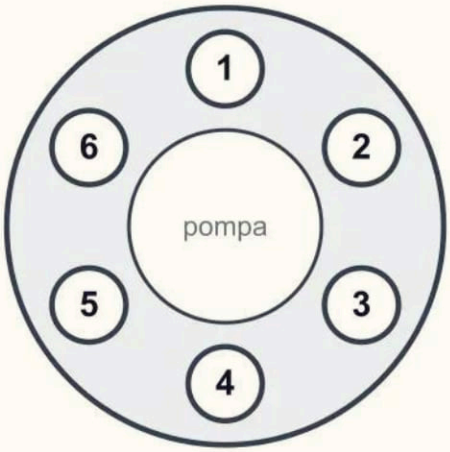
17. Pada 2027, tim penarikan pesawat latih (pengemudi traktor, petugas kokpit, dan dua wing walker) berhenti setelah Rina, wing walker kiri, memberi isyarat STOP karena sebuah troli alat berada di jalur sayap kiri. Rina sudah memindahkan troli itu. Pengemudi menghadap ke depan dan ingin segera melanjutkan karena pintu hanggar akan dipakai pesawat lain. Briefing menetapkan bahwa penarikan dilanjutkan hanya setelah jalur dinyatakan aman oleh seluruh anggota tim.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tindakan yang tepat sebelum traktor melaju lagi adalah ....

A. Semua anggota menyatakan jalurnya aman satu per satu, lalu pengemudi diberi isyarat jalan
B. Pengemudi memeriksa sendiri jalur kiri lewat spion lalu langsung melanjutkan penarikan
C. Rina memberi isyarat jalan sendiri karena dialah yang menghentikan dan tahu situasinya
D. Petugas kokpit memberi isyarat jalan karena posisinya tertinggi dan paling jelas melihat
E. Tim bertanya kepada pilot pesawat lain apakah jalur boleh dilewati sebelum melanjutkan

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

18. Pada 2027, Doni memasang flens pompa pesawat latih dengan enam baut yang bernomor 1 sampai 6 searah jarum jam seperti pada gambar. Kartu kerja menetapkan pola silang, tahap momen 30 %, 70 %, dan 100 %, dengan momen akhir 84 in-lb. Ia membutuhkan urutan untuk satu putaran dan setelan kunci momen pada tahap ke-2.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Urutan dan setelan tahap ke-2 yang tepat adalah ....

Flens pompa, 6 baut (nomor = letak baut, searah jarum jam)



Pola silang: baut berseberangan berurutan (1 dan 4), pasangan berikutnya bergeser satu baut searah jarum jam (2 dan 5, lalu 3 dan 6).

A. Urutan 1-2-3-4-5-6 dengan setelan tahap ke-2 sebesar 59 in-lb
B. Urutan 1-4-2-5-3-6 dengan setelan tahap ke-2 sebesar 25 in-lb
C. Urutan 1-4-2-5-3-6 dengan setelan tahap ke-2 sebesar 84 in-lb
D. Urutan 1-3-5-2-4-6 dengan setelan tahap ke-2 sebesar 59 in-lb
E. Urutan 1-4-2-5-3-6 dengan setelan tahap ke-2 sebesar 59 in-lb

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

19. Pada 2027, otoritas penerbangan sipil menerbitkan perintah kelaikan udara (AD) yang mewajibkan pemeriksaan retak pada sebuah braket kemudi untuk semua pesawat latih jenis tertentu paling lambat saat pesawat mencapai 50 jam terbang berikutnya. Sebuah sekolah penerbangan memiliki pesawat PK-XYZ yang baru terbang 20 jam sejak AD itu terbit dan dijadwalkan terbang sore ini.
(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
Perintah kelaikan hanya berupa anjuran sehingga bengkel boleh memilih melaksanakannya atau tidak.	○	○
Pelaksanaan perintah kelaikan dicatat di catatan perawatan pesawat agar dapat ditelusuri.	○	○
Pesawat PK-XYZ boleh terbang sore ini selama pemeriksaan dijadwalkan sebelum batas 50 jam terbang.	○	○

20. Pada 2027, Joko memeriksa tekanan ban roda utama pesawat latih yang sudah parkir dingin. Pengukur di bengkel berskala kPa, sedangkan kartu kerja memakai psi. Joko membaca **330 kPa**.

Ketentuan	Nilai
Tekanan ban menurut kartu kerja	45 psi
Toleransi	± 2 psi
Faktor konversi	1 psi ≈ 6,9 kPa

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

A. 330 kPa ≈ 47,8 psi dan masih memenuhi karena selisihnya dari 45 psi hanya sekitar 3 psi
B. 330 kPa ≈ 2.277 psi sehingga tekanan jauh melebihi batas dan harus segera dikurangi
C. 330 kPa ≈ 47,8 psi, melebihi batas atas 47 psi, sehingga tekanan perlu dikurangi
D. 330 kPa ≈ 33 psi sehingga tekanan di bawah batas bawah dan ban perlu ditambah
E. 330 kPa ≈ 47,8 psi, melebihi batas, tetapi ban dingin sehingga boleh dibiarkan

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

21. Pada 2027, gudang sebuah AMO menerima pompa bahan bakar baru untuk pesawat latih. Dokumen pelepasan komponennya lengkap dan bertanda tangan, tetapi nomor seri pada dokumen (S/N 4471) berbeda dengan nomor seri pada pelat nama pompa (S/N 4417). Rafli diminta segera memasangnya karena pesawat sudah lama menunggu.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tindakan yang paling tepat adalah ....

A. Memasang pompa karena dokumen lengkap dan perbedaannya hanya dua angka yang tertukar
B. Memisahkan pompa, melaporkan ketidakcocokan ke bagian mutu, dan tidak memasangnya dahulu
C. Mengoreksi nomor seri pada dokumen dengan pena agar cocok dengan pelat nama lalu memasang
D. Memasang pompa lebih dulu, lalu meminta penjual mengirim dokumen yang benar setelahnya
E. Mengganti pelat nama pompa dengan nomor seri sesuai dokumen supaya keduanya sama

22. Pada 2027, sebuah yayasan ingin membuka lembaga yang melatih calon teknisi perawatan pesawat udara dan ingin lembaganya diakui sesuai CASR. Ketua yayasan bertanya kepada penasihat tentang Part CASR yang mengatur lembaga seperti itu.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Part yang paling tepat adalah ....

A. Part 147, yang mengatur organisasi pelatihan perawatan pesawat udara
B. Part 145, yang mengatur organisasi perawatan pesawat udara yang disetujui
C. Part 65, yang mengatur lisensi bagi ahli perawatan pesawat udara
D. Part 47, yang mengatur pendaftaran pesawat udara bagi pemiliknya
E. Part 39, yang mengatur perintah kelaikan udara bagi pemilik pesawat

23. Pada 2027, Salma memeriksa empat baris rivet berdiameter 3,2 mm pada panel sayap pesawat latih. Kartu kerja menetapkan jarak tepi paling sedikit 2D dan pitch antara 4D dan 6D (D = diameter rivet). Hasil pengukuran Salma (dalam milimeter):

Baris	Jarak tepi	Pitch
1	6,0	15,0
2	7,0	11,5
3	8,0	19,5
4	7,5	16,0

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

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Baris yang memenuhi ketentuan kartu kerja adalah ....

A. Baris 1
B. Baris 2
C. Baris 3
D. Baris 4
E. Tidak ada baris yang memenuhi

24. Pada 2027, Lina memeriksa flens pompa pesawat latih yang baut-bautnya diberi *torque stripe* setelah momen akhir 60 in-lb tercapai. Pada satu baut, garis cat di kepala baut tampak bergeser sekitar setengah lebar kepala dari garis di flens di bawahnya.
(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 yang bergeser menunjukkan bahwa baut telah berputar sesudah diberi tanda, sehingga baut perlu diperiksa.	○	○
Selama garis masih terlihat pada baut, momen akhir pasti terpenuhi dan baut tidak perlu diukur ulang.	○	○
Torque stripe dapat menggantikan pengukuran dengan kunci momen karena tanda itu lebih mudah dilihat.	○	○

25. Pada 2027, sebuah AMO selesai mengganti sensor suhu oli pesawat latih. Pesawat dijadwalkan terbang pukul 11.00. Di hanggar ada Rahma, pemegang lisensi AME yang diberi kewenangan AMO untuk pekerjaan ini; Dika, siswa magang yang mengerjakan penggantian di bawah pengawasan; Edi, instruktur terbang yang akan menerbangkan pesawat; dan Fandi, pemegang lisensi AME yang belum diberi kewenangan AMO untuk jenis pesawat ini.
(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. Dika boleh menandatangani rilis karena ia sendiri yang mengerjakan sesuai kartu kerja
☐ B. Rahma boleh menandatangani rilis sesudah pekerjaan diperiksa dan dicatat lengkap
☐ C. Edi tidak menggantikan personel perawatan dalam merilis meski ia yang akan terbang
☐ D. Tanda tangan Fandi belum cukup karena lisensi tanpa kewenangan AMO belum memenuhi syarat
☐ E. Rilis boleh ditandatangani sesudah terbang asalkan pesawat tidak mengalami gangguan

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 · Dunia kerja perawatan pesawat, komunikasi, kerja tim, dan human factors	1, 4, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 17	___ / 9	Ulangi hlm. 9
Sub bab 1.2 · K3 di hanggar dan apron	2, 5, 11, 13, 14, 16	___ / 6	Ulangi hlm. 24
Sub bab 1.3 · Kecakapan dasar perawatan: kartu kerja, urutan kerja, dan ketelitian	3, 6, 18, 20, 23, 24	___ / 6	Ulangi hlm. 37
Sub bab 1.4 · CASR: peraturan keselamatan penerbangan sipil	19, 21, 22, 25	___ / 4	Ulangi hlm. 51

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 · Teknik Dasar Perawatan dan Gambar Teknik

SMKTPU-B2

Setelah mempelajari bab ini, kamu dapat:

- memilih dan memakai hand tools dan power tools sesuai pekerjaan perawatan
- membaca alat ukur mekanik dan alat ukur listrik dasar lalu menafsirkan hasilnya
- menjelaskan dasar pemesinan dan pengelasan pada perbaikan komponen
- memilih peralatan gambar teknik dan menelaah proyeksi pada gambar kerja pesawat

Peta bab

Sub bab	Judul
2.1	Hand tools dan power tools
2.2	Alat ukur mekanik
2.3	Alat ukur listrik dasar
2.4	Dasar pemesinan dan pengelasan
2.5	Peralatan gambar teknik
2.6	Proyeksi pada gambar kerja pesawat

Bab 2 di LMS

Buka seluruh latihan bab ini di LMS.

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

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

Sub bab 2.1 · Hand tools dan power tools

SMKTPU-2.1

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi (elemen 2, teknik dasar proses perawatan) meminta kamu **memilih dan memakai *hand tools* (alat tangan) dan *power tools* (alat bertenaga)** pada pekerjaan perawatan pesawat. Levelnya pemahaman dan aplikasi: kamu diminta menentukan alat yang tepat, menyusun urutan kerja, dan menilai cara pakai yang aman.

Pola soal yang sering muncul: (1) **memilih alat dan ukurannya**: obeng mana yang cocok dengan kepala sekrup tertentu, atau alat apa untuk memotong, memutar, menandai, dan menahan; (2) **urutan kerja**: bagaimana melepas rivet atau sekrup yang rusak tanpa melonjongkan lubang dan menggores kulit pesawat; (3) **cara aman**: kapan *rivet gun* boleh ditembakkan, bagaimana *bucking bar* dipegang, dan bagaimana tekanan udara disetel sebelum menyentuh panel pesawat.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menyebutkan jenis dan fungsi alat tangan dan alat bertenaga yang umum dipakai pada perawatan pesawat;
- memilih alat dan ukuran yang cocok untuk suatu pekerjaan, lengkap dengan alasannya;
- menyusun langkah melepas rivet pejal dan sekrup rusak tanpa merusak lubang;
- menjelaskan cara aman memakai bor, *rivet gun*, dan *bucking bar*, serta cara merawat alat.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

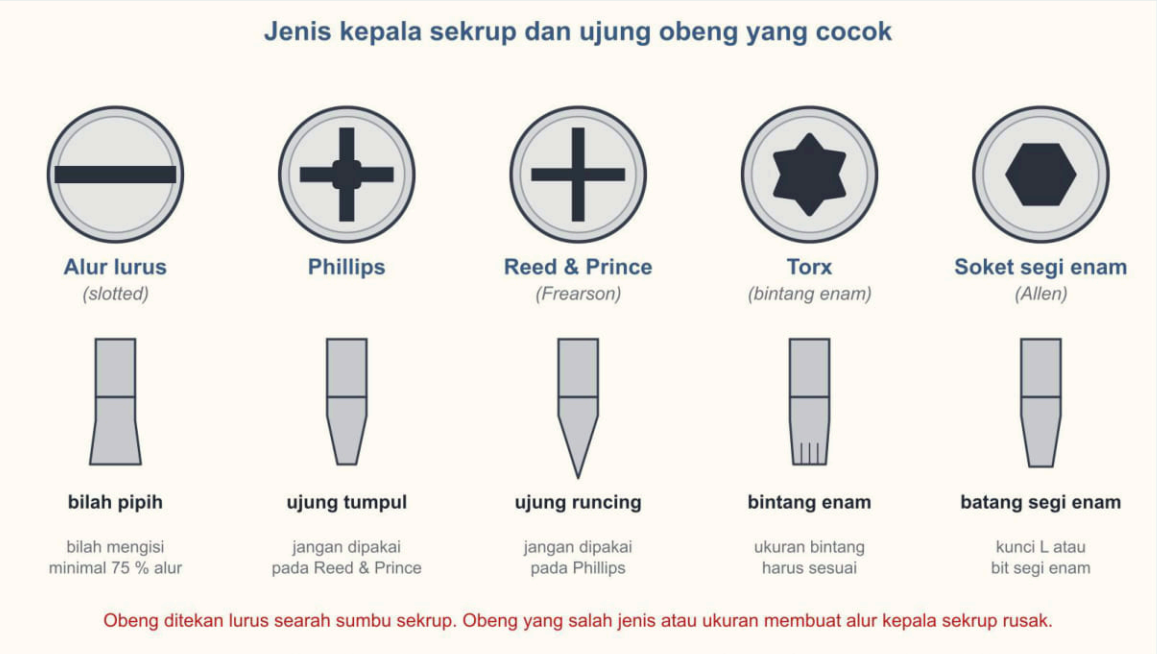
Hampir semua pekerjaan di hanggar dimulai dengan alat di tangan. Alat yang tepat membuat pekerjaan cepat, rapi, dan aman. Alat yang salah dapat merusak kepala sekrup, melonjongkan lubang rivet, menggores kulit pesawat, bahkan melukai kamu. Satu kerusakan kecil pada komponen pesawat bisa berarti biaya besar dan, yang lebih penting, risiko bagi keselamatan terbang.

Alat dibagi dua kelompok. ***Hand tools*** (alat tangan) bergerak dengan tenaga otot: obeng, kunci, tang, palu, dan pahat. ***Power tools*** (alat bertenaga) digerakkan listrik atau udara bertekanan (*pneumatic*, pneumatik): bor, *rivet gun*, dan obeng listrik. Lima kebiasaan berlaku untuk keduanya: pilih alat yang **tepat jenis**, **pas ukuran**, pakai dengan **cara yang benar**, pastikan alat dalam **kondisi baik**, dan **kembalikan ke tempatnya** (*tool control*, sub bab 1.1).

1. Obeng dan kepala sekrup

Obeng (*screwdriver*) hanya punya satu tugas: memutar sekrup. Kepala sekrup memiliki lekuk atau **alur** (*recess*) tempat ujung obeng masuk, dan bentuk alur itu harus sama dengan bentuk ujung obeng. Gambar 2.1 menunjukkan lima jenis yang kamu temui di pesawat.

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



Gambar 2.1 Lima jenis kepala sekrup beserta ujung obeng yang cocok. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

- **Alur lurus** (*slotted*) memiliki satu alur mendatar. Ujungnya berupa bilah pipih. Menurut *handbook* FAA, bilah harus mengisi paling sedikit **75 %** panjang alur. Bilah yang terlalu kecil menggerogoti tepi alur sampai sekrup tidak bisa diputar lagi.
- **Phillips** memiliki alur silang dengan bagian tengah yang sedikit lebih besar. Ujung obengnya **tumpul**.
- ***Reed & Prince*** (juga disebut Frearson) juga berbentuk silang, tetapi silangnya "sempurna" tanpa pembesaran di tengah. Ujung obengnya **runcing**. Phillips dan *Reed & Prince* **tidak dapat saling menggantikan**. Bentuknya mirip sehingga mudah tertukar, tetapi salah pasang membuat ujung obeng dan alur sekrup sama-sama rusak.
- **Torx** memiliki alur berbentuk bintang enam. Obeng Torx diberi nomor ukuran; ukuran harus tepat.
- **Soket segi enam** (*hex socket*, sering disebut Allen) dibuka dengan kunci L atau bit segi enam.

Ukuran Phillips diberi nomor. Dua yang paling umum adalah nomor 1 dan nomor 2. Menurut *handbook* FAA, nomor 1 dipakai untuk sekrup berukuran 2, 3, dan 4, dan nomor 2 untuk sekrup berukuran 5 sampai 9. Ukuran sekrup di sini adalah nomor ukuran sekrup, bukan nomor obeng.

Cara memakai obeng dengan benar:

1. **Pilih jenis dan ukuran yang pas** dengan alur sekrup.
2. **Tekan lurus searah sumbu sekrup** sambil memutar. Obeng yang miring mudah tergelincir keluar dari alur. Selip semacam ini disebut *cam-out*.
3. **Mulai pasang sekrup dengan tangan** agar ulirnya tidak menyilang (*cross-threading*, ulir macet karena sumbu sekrup tidak lurus dengan lubang).
4. **Jepit benda kecil di ragum** atau letakkan di meja. Jangan memegangnya dengan tangan

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

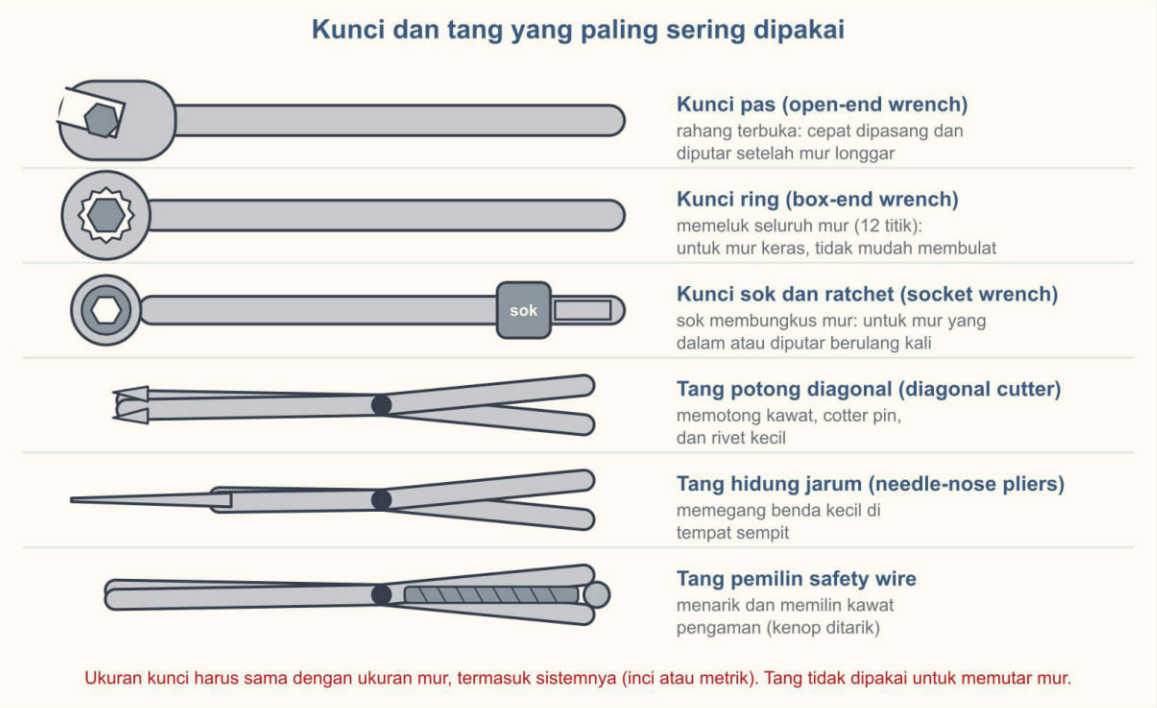
karena obeng yang tergelincir dapat melukai.

5. **Jangan memakai obeng sebagai pahat, pengungkit, atau penguji listrik.** Percikan listrik membakar ujungnya, dan pada kasus tertentu bilah dapat menempel pada komponen sehingga terjadi hubung singkat.

Untuk membuka banyak sekrup panel, teknisi memakai ***speed handle*** (pegangan cepat) atau obeng listrik bertenaga rendah. *Speed handle* mempercepat pemutaran **setelah** sekrup dilonggarkan dengan obeng tangan. Obeng listrik harus memiliki *slip clutch* (kopling selip) yang disetel rendah. Bor listrik biasa tanpa kopling tidak dianjurkan untuk memasang atau melepas sekrup panel, karena ujungnya mudah berputar di atas kepala sekrup dan merusaknya. Bila ruang sempit, *offset screwdriver* (obeng yang kedua ujungnya ditekuk 90°) dapat dipakai bergantian.

2. Kunci dan tang

Kunci dipakai untuk mengencangkan dan melonggarkan mur dan baut. Gambar 2.2 memperlihatkan jenis yang paling sering dipakai.



Gambar 2.2 Kunci dan tang yang paling sering dipakai (ilustrasi disederhanakan). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

- **Kunci pas** (*open-end wrench*) memiliki rahang terbuka. Kunci ini cepat dipasang dari samping, tetapi hanya menyentuh dua sisi mur.
- **Kunci ring** (*box-end wrench*) memeluk seluruh mur. Kunci ring berujung 12 titik dapat dipakai bila ruang ayunan hanya sekitar 15°. Kunci ring cocok untuk **melonggarkan atau mengencangkan akhir** mur yang keras karena tidak mudah membulatkan sudut mur.
- **Kunci kombinasi** (*combination wrench*) memiliki ujung ring di satu sisi dan ujung pas berukuran sama di sisi lain: ring untuk melonggarkan yang keras, pas untuk memutar cepat setelahnya.

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

- **Kunci sok** (*socket wrench*) terdiri atas sok yang membungkus mur dan pegangan yang dipasang pada lubang persegi di sok. Pegangannya bermacam-macam: *ratchet handle* (pegangan roda gigi), *T-handle*, *speed handle*, dan batang perpanjangan. Kunci sok dipakai untuk mur yang letaknya dalam atau perlu diputar berulang kali.
- **Kunci Inggris** (*adjustable wrench*) dapat diubah lebarnya. Kunci ini hanya untuk keadaan darurat dan bukan pengganti kunci pas, ring, atau sok. Tarik pada sisi gagang yang terhubung ke rahang tetap.
- **Kunci khusus**: *flare nut wrench* (kunci mur selang) berbentuk ring yang dibelah di satu sisi, dipakai pada mur sambungan (*B-nut*) pipa bahan bakar, hidraulik, atau oksigen sehingga kunci dapat dilewatkan pada pipa; *crowfoot wrench* untuk mur yang tidak dapat dijangkau kunci lain; *hook spanner* untuk mur bulat bertakik. *Torque wrench* (kunci momen) mengencangkan sampai nilai tertentu dan dibahas di sub bab 4.3.

Ukuran kunci harus sama dengan ukuran mur, **termasuk sistemnya**. Mur ukuran inci tidak boleh dipaksa dengan kunci metrik yang "hampir sama". Mur 7/16 inci memiliki lebar 7/16 × 25,4 mm = 11,11 mm. Kunci 11 mm terlalu sempit dan tidak masuk, sedangkan kunci 12 mm longgar hampir 1 mm sehingga sudut mur membulat. Pakailah kunci 7/16 inci.

Dua aturan dasar: **tarik kunci ke arahmu**, jangan mendorongnya, supaya tanganmu tidak terbentur saat kunci terlepas; dan **jangan memperpanjang gagang** dengan pipa kecuali manual membolehkan.

Tang (*pliers*) memegang dan memotong. Ukuran tang menyatakan panjang keseluruhan. Jenis yang sering dipakai:

- ***Diagonal cutter*** (tang potong diagonal, disebut juga *dikes*) memotong kawat, kawat pengaman, *cotter pin*, dan rivet kecil.
- ***Needle-nose pliers*** (tang hidung jarum) memegang benda kecil di tempat sempit.
- ***Duckbill pliers*** (tang paruh bebek) dan ***safety wire pliers*** (tang pemilin *safety wire*) dipakai untuk memilin kawat pengaman, yaitu kawat yang mengunci baut agar tidak mengendur (sub bab 4.2).
- ***Roundnose pliers*** (tang hidung bulat) untuk menekuk lengkung pada logam tipis.

Dua aturan tang: jangan dipaksa melebihi kemampuannya (rahang yang lentur tidak dapat dipakai lagi), dan **jangan dipakai untuk memutar mur**. Dalam beberapa detik, tang dapat merusak mur lebih parah daripada pemakaian bertahun-tahun.

Untuk memotong lembaran logam dipakai ***aviation snips*** (gunting pelat penerbangan). Gunting ini ada yang memotong ke kiri dan ada yang ke kanan, dan dapat memotong pelat sampai tebal sekitar 1,3 mm (0,051 inci). Gunting tidak membuang bahan, tetapi dapat menimbulkan retak halus di tepi potongan. Karena itu potong sekitar 1/32 inci (kira-kira 0,8 mm) dari garis gambar, lalu **kikir** sampai garis. Untuk benda yang lebih tebal dipakai **gergaji besi** (*hacksaw*): pasang bilah dengan gigi menghadap ke depan, menjauhi pegangan, potong hanya pada langkah maju, dan pilih bilah halus (32 gigi per inci) untuk pelat tipis atau tabung berdinding tipis serta bilah lebih kasar (14 gigi per inci) untuk baja tebal.

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

3. Palu, pahat, dan penitik

Palu dibedakan menurut kepalanya. *Ball peen hammer* (palu konde) berkepala logam dan ukurannya dinyatakan menurut berat kepala saja. Palu berkepala lunak (kayu, kuningan, timbal, kulit mentah, karet, atau plastik) dipakai untuk membentuk logam lunak dan memukul permukaan yang mudah rusak. Palu lunak **tidak boleh** dipakai untuk memukul kepala penitik atau baut, karena akan cepat hancur. Palu yang dipakai harus bergagang kencang dan permukaannya halus, tanpa penyok, serpihan, atau goresan, agar tidak menandai benda kerja. Bila logam memukul logam, pakai kacamata pelindung.

Pahat dingin (*cold chisel*) memotong dan mengelupas logam yang lebih lunak daripada pahatnya. Sudut potongnya 60° sampai 70° untuk pekerjaan umum. Pahat tidak dipakai untuk melepas kepala rivet pada kulit pesawat, karena kulit mudah tergores dan lubang menjadi lonjong.

Penitik (*punch*) ada beberapa macam, dan masing-masing punya tugas:

Alat	Bentuk ujung	Tugasnya
Prick punch (penitik tanda)	runcing halus	memberi titik acuan tipis, misalnya memindahkan pola kertas ke logam; cukup dipukul ringan
Center punch (penitik pusat)	lebih tebal, ujung sekitar 60°	membuat lekuk yang cukup dalam untuk menahan mata bor; jangan dipukul sampai logam di sekitarnya mencuat atau tembus ke sisi sebaliknya
Pin punch (juga disebut *drift punch*)	batang lurus, ujung rata	mendorong keluar pin, baut, atau batang rivet
Drive punch (penitik pendorong)	batang meruncing sampai ujung rata	memulai gerakan pin atau baut yang macet

Satu larangan penting: **jangan pernah memakai *prick punch* atau *center punch* untuk mengeluarkan benda dari lubang**. Ujungnya yang runcing justru mengembangkan benda itu sehingga macet lebih erat.

4. Alat bertenaga: bor, *rivet gun*, dan *bucking bar*

Bor (*drill*) membuat lubang. Bagian yang berputar disebut **mata bor** (*twist drill*): batang baja dengan alur spiral yang membawa serpihan keluar. Mata bor dari baja karbon cukup untuk pekerjaan umum, sedangkan mata bor dari baja kecepatan tinggi (*high-speed steel*) dipakai untuk bahan keras seperti baja tahan karat. Mata bor yang tumpul harus diasah pada tanda pertama. Ujung mata bor umumnya diasah membentuk sudut **118°** (59° di setiap sisi). Untuk logam lunak, sudut yang lebih tajam, misalnya 90°, dapat lebih efisien.

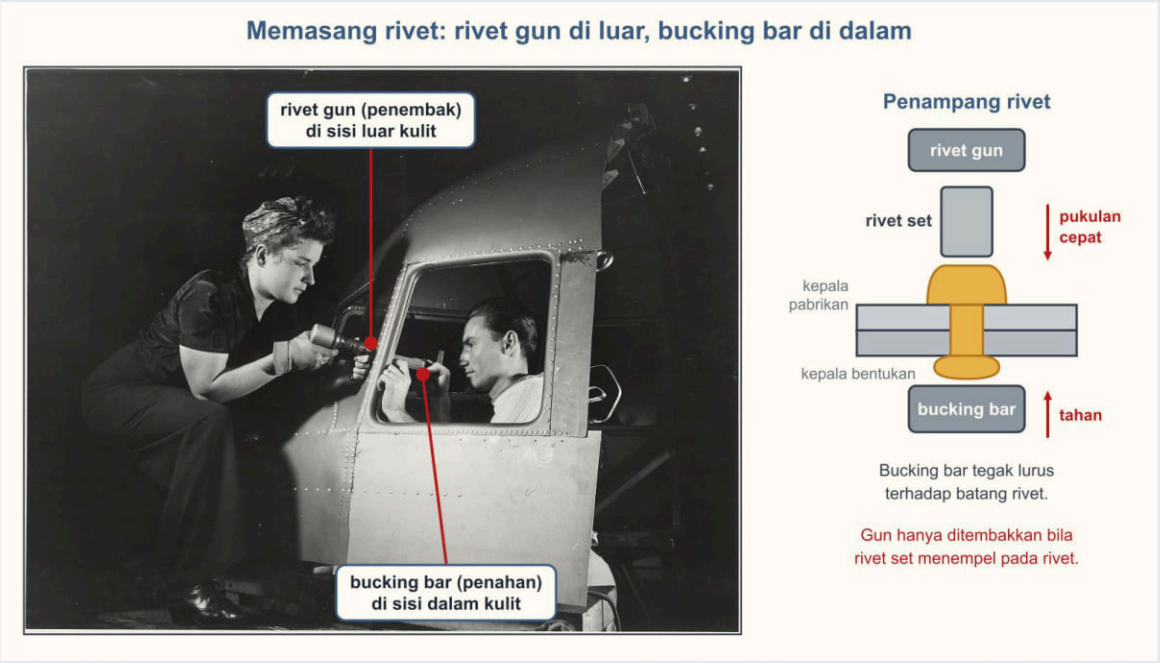
Ukuran mata bor dinyatakan dengan pecahan inci, huruf, nomor, atau milimeter. Bahan keras dibor dengan putaran lebih rendah, dan mata bor kecil diputar lebih cepat daripada mata bor besar. Dasar pemesinan dibahas di sub bab 2.4.

Langkah aman membor:

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

1. Tandai titik dengan **penitik pusat**.
2. **Jepit benda kerja** dengan klem. Jangan menahannya dengan tangan.
3. **Bor kecil lebih dulu** (*pilot hole*, lubang pengantar), baru perbesar ke ukuran akhir. Cara ini mengurangi risiko lubang miring atau lonjong.
4. Setelah selesai, **buang gerigi** (*deburr*) tepi lubang dengan mata bor yang jauh lebih besar yang diputar tangan atau alat khusus.
5. Pakai kacamata pelindung, dan pastikan kain, rambut, dan perhiasan tidak terlilit.

Rivet gun adalah palu pneumatik kecil yang memukul sangat cepat. Pada ujungnya dipasang ***rivet set*** (penekan rivet), yaitu kepala baja yang bentuknya mengikuti kepala rivet. ***Bucking bar*** adalah batang baja berat yang dipegang pada ujung batang rivet di sisi seberang (Gambar 2.3). Saat *rivet gun* memukul kepala rivet, *bucking bar* menahan dan menekan ujung batang rivet sehingga membentuk **kepala bentukan** (*shop head*). Kepala bawaan pabrik disebut kepala pabrikan (*manufactured head*).



Gambar 2.3 Memasang rivet: satu orang memegang rivet gun di sisi luar kulit, satu orang menahan bucking bar di sisi dalam (foto bersejarah; skema penampang di kanan digambar sendiri). Sumber foto: Alfred T. Palmer (diduga), arsip NARA, domain publik, melalui Wikimedia Commons; diberi label Indonesia oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

Pekerjaan ini dilakukan berdua: satu orang menembak dari luar, satu orang menahan dari dalam. Keduanya harus bersepakat tentang isyarat, misalnya ketukan, sebelum mulai (sub bab 1.1). Aturan keselamatan dan mutunya:

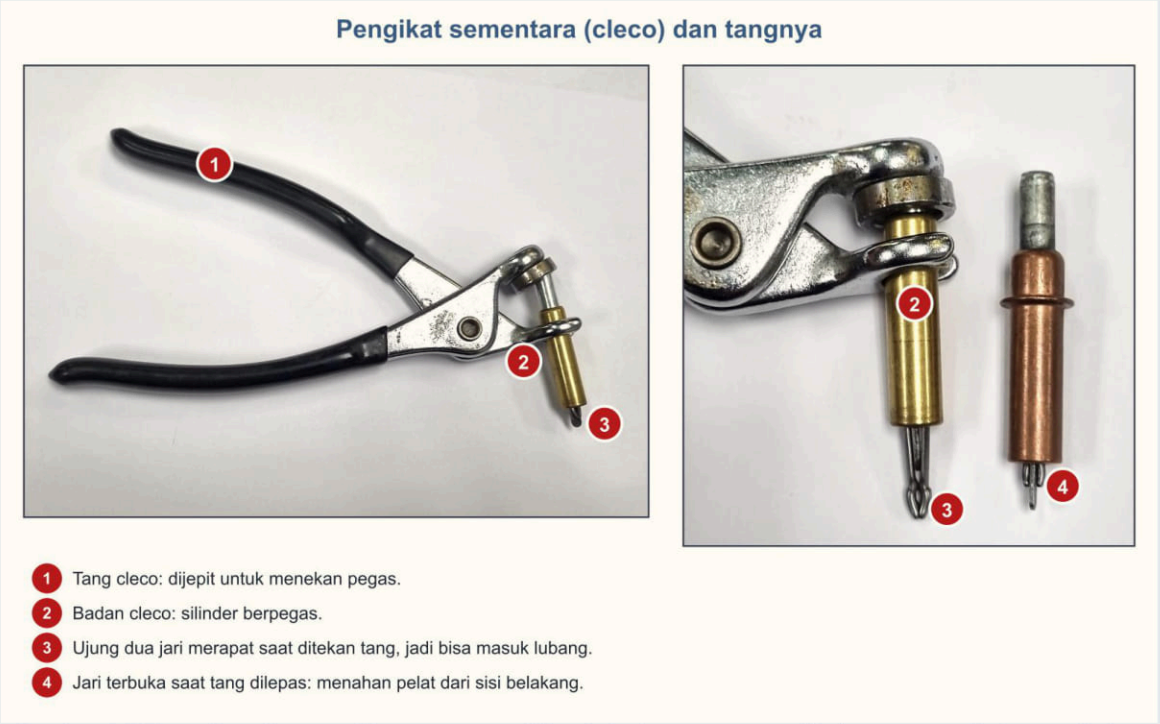
- ***Rivet gun* hanya ditembakkan bila *rivet set* menempel pada rivet.** Bila dipicu di udara, *rivet set* dapat terlempar dan melukai orang.
- **Setel tekanan udara dengan uji coba** pada pelat sisa yang bahan dan tebalnya sama dengan benda kerja. Tekanan terlalu tinggi membuat kepala rivet menekan kulit sampai penyok. Tekanan terlalu rendah membuat kepala bentukan tidak terbentuk sempurna.
- **Pegang *bucking bar* tegak lurus terhadap batang rivet**. Bila miring, kepala bentukan menjadi miring dan rivet dinyatakan cacat.
- **Pilih *rivet set* yang bentuknya sesuai kepala rivet.**
- Pakai pelindung telinga, karena *rivet gun* sangat bising.
- **Lepaskan selang udara** sebelum mengganti *rivet set* atau mata bor.

5. Penahan sementara: klem dan *cleco*

Sebelum dibor dan dirivet, dua pelat harus tetap rapat dan sejajar. Untuk itu dipakai **klem** (*clamp*), misalnya klem C dan tang pengunci, dan **pengikat sementara** (*temporary fastener*) yang sering disebut ***cleco*** (Gambar 2.4). *Cleco* adalah nama dagang yang sudah menjadi sebutan umum. Bentuknya silinder berpegas dengan ujung yang terbelah menjadi dua jari. **Tang *cleco*** menekan pegas sehingga kedua jari merapat dan dapat dimasukkan ke lubang; setelah tang dilepas, kedua jari mengembang di sisi belakang pelat dan menarik kedua pelat saling merapat. Ukuran *cleco* harus sesuai ukuran lubang, dan produsen menandai ukurannya dengan warna; untuk arti tiap warna ikuti tabel produsen.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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



Gambar 2.4 Tang cleco dan pengikat sementara (cleco): jari merapat saat ditekan tang, terbuka saat bebas. Sumber foto: Thermofan, CC0, melalui Wikimedia Commons; diberi label Indonesia oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Pasang *cleco* di setiap beberapa lubang sebelum membor lubang berikutnya, supaya pelat tidak bergeser. Klem yang menjepit logam lunak sebaiknya diberi alas agar tidak menandai permukaan.

6. Memilih alat untuk suatu pekerjaan

Memilih alat berarti menjawab empat pertanyaan: **apa yang harus dilakukan** (memutar, memotong, menandai, menahan, melubangi), **pada bahan apa**, **seberapa besar ukurannya**, dan **apa yang tidak boleh rusak**. Tabel berikut merangkum pilihan yang paling lazim.

Pekerjaan	Alat yang tepat	Alasan
memutar sekrup bersilang	obeng Phillips atau *Reed & Prince* sesuai jenis dan nomor	ujung harus cocok dengan alur
mengencangkan mur keras dan mur kecil di tempat sempit	kunci ring atau sok	memeluk seluruh mur
memutar cepat mur yang sudah longgar	kunci pas atau *speed handle* dengan sok	lebih cepat daripada ring
memilin *safety wire*	*safety wire pliers*	pilinan seragam dan kawat tertarik rata
memotong kawat atau *cotter pin*	*diagonal cutter*	ujung potong menyudut
memotong pelat tipis berlengkung	*aviation snips*	memotong lengkung tanpa serpih; tepi dikikir
memindahkan pola ke logam	*prick punch*	titik acuan halus

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

memulai lubang bor	*center punch*	lekuk menahan mata bor
mendorong keluar pin atau batang rivet	*pin punch*	batang lurus, tidak mengembangkan benda
menahan dua pelat sebelum dibor	*cleco* atau klem	menahan tanpa mengunci permanen
memasang rivet pejal	*rivet gun* dan *bucking bar*	membentuk kepala bentukan

7. Melepas rivet dan sekrup yang rusak

Rivet pejal (*solid rivet*) yang cacat atau harus diganti dilepas dengan **cara yang tidak merusak lubang**, karena lubang yang melonjong tidak dapat menerima rivet berukuran sama. Gambar 2.5 menunjukkan urutan yang diajarkan *handbook* FAA.



Gambar 2.5 Urutan melepas rivet pejal tanpa merusak lubang: titik pusat, bor kepala, lepaskan kepala, dorong batang. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

1. **Beri titik pusat** pada kepala rivet dengan penitik, supaya mata bor tidak meleset.
2. **Bor hanya kepalanya.** Pilih mata bor satu ukuran lebih kecil daripada batang rivet, lalu bor tegak lurus sampai dasar kepala saja. Dengan mata bor yang lebih kecil, dinding lubang kulit tidak tersentuh walaupun bor sedikit meleset.
3. **Lepaskan kepala** dengan *pin punch* yang dipakai sebagai pengungkit.
4. **Dorong batang** keluar dengan *pin punch* yang sesuai ukuran, sementara pelat ditahan dari sisi belakang agar tidak melengkung.
5. **Periksa lubang.** Lubang harus bulat dan bersih. Bila lubang membesar atau lonjong, dokumen perawatan menentukan langkah berikutnya, misalnya memasang rivet satu ukuran lebih besar dengan syarat jarak tepi dan jarak antar-rivet tetap memenuhi (sub bab 1.3).

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

Ada perbedaan kecil antar-dokumen. *Handbook* FAA tentang perkakas menganjurkan mata bor yang lebih kecil dari batang, sedangkan *Advisory Circular* AC 43.13-1B menyebut mata bor seukuran batang rivet. Keduanya sepakat pada prinsipnya: tepat di tengah, hanya sampai dasar kepala, kepala dilepas dengan *pin punch*, batang didorong keluar sambil didukung, dan **tidak memakai pahat dan palu pada kepala rivet**. Pada soal dan kartu kerja, ikuti urutan dan ukuran yang tertulis di dokumen yang berlaku.

Sekrup yang rusak ditangani dengan urutan yang makin keras. Pertama, ganti dengan ujung obeng yang benar-benar pas dan tekan lebih mantap. Bila alurnya hancur, gunakan alat pencabut sekrup (*screw extractor*) atau bor kepala sekrup seperti pada rivet. Memaksa dengan obeng yang salah hanya memperparah kerusakan.

8. Merawat dan mengamankan alat

Alat yang baik membuat pekerjaan baik. Sebelum dipakai, periksa: gagang kencang, kepala palu dan pahat bebas dari retak dan tidak melebar seperti jamur, bilah obeng tidak aus, mata bor tajam dan tidak bengkok, dan selang serta sambungan alat pneumatik tidak bocor. Alat yang rusak **tidak dipakai** dan diberi tanda untuk diperbaiki. Setelah dipakai, bersihkan, lalu kembalikan ke papan siluet atau lemari di *tool crib*. Hitung alat sebelum dan sesudah bekerja; alat yang belum kembali berarti pekerjaan belum selesai (sub bab 1.1).

CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1: memilih alat untuk enam pekerjaan

Pada 2026, Dewi, siswa magang di hanggar sekolah penerbangan, menerima enam pekerjaan dari instrukturnya. Pilih alat yang tepat untuk tiap pekerjaan beserta alasannya. *(Kasus fiktif.)*

1. **Memotong sisa ujung *safety wire* setelah dipilin.** Alat: *diagonal cutter*. Ujung potongnya menyudut, sehingga kawat tipis terpotong rapat dan rata.
2. **Memilin *safety wire* pada dua baut berdekatan.** Alat: *safety wire pliers*. Alat ini menarik dan memilin kawat sehingga jumlah pilinan seragam.
3. **Mengencangkan mur sambungan pipa bahan bakar.** Alat: *flare nut wrench*. Bentuknya memeluk hampir seluruh mur sehingga sudutnya tidak mudah membulat. Alat ini dapat dipasangi kunci momen bila kartu kerja menyebut nilai torsi.
4. **Menandai titik lubang pada pelat tebal sebelum dibor.** Alat: *center punch*. Lekuk yang dibuatnya menahan mata bor agar tidak meleset.
5. **Menahan dua pelat agar tetap sejajar saat lubang pertama dibor.** Alat: *cleco* dengan tang *cleco*. *Cleco* menahan pelat tetapi dapat dilepas dan dipindah.
6. **Memotong pelat aluminium tipis berlengkung.** Alat: *aviation snips*, lalu kikir. Potong sekitar 1/32 inci (kira-kira 0,8 mm) dari garis, lalu kikir sampai garis.

Jawaban: *diagonal cutter*, *safety wire pliers*, *flare nut wrench*, *center punch*, *cleco*, *aviation snips* dan kikir. Cek akal sehat: tiap alat sesuai dengan tugas dan bahan yang tidak boleh rusak (kawat tipis, mur lunak, pelat tipis).

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

Contoh 2: melepas rivet pejal yang kepala bentukannya cacat

Pada 2027, inspektur mencatat bahwa kepala bentukan sebuah rivet pejal Ø3,2 mm (1/8 inci) pada rusuk sayap latih terlalu pipih. Eko, teknisi magang, diminta mengganti rivet itu tanpa merusak lubang. Susunlah langkahnya. *(Kasus fiktif.)*

1. **Beri titik pusat pada kepala pabrikan** dengan *center punch*. Alasannya, mata bor tidak boleh meleset ke samping.
2. **Pilih mata bor satu ukuran lebih kecil dari batang.** Batang Ø3,2 mm, jadi dipilih mata bor sekitar 2,8 mm (7/64 inci). Alasannya, dinding lubang kulit tidak tersentuh walaupun bor sedikit bergeser.
3. **Bor tegak lurus hanya sampai dasar kepala.** Berhenti ketika kepala terbuka sampai permukaan pelat. Mata bor yang menembus lebih dalam akan merusak lubang.
4. **Lepaskan kepala** dengan *pin punch* sebagai pengungkit.
5. **Dorong batang** dengan *pin punch* yang ukurannya sedikit lebih kecil daripada lubang, sambil menahan pelat dari sisi belakang.
6. **Periksa lubang.** Bila bulat dan bersih, pasang rivet baru berukuran sama. Bila membesar, lapor dan ikuti dokumen perawatan.

Jawaban: titik pusat, bor kepala dengan mata bor 2,8 mm sampai dasar kepala, lepaskan kepala dengan *pin punch*, dorong batang dengan pelat ditahan, lalu periksa lubang. Cek akal sehat: 2,8 mm lebih kecil daripada 3,2 mm, sehingga mata bor tidak menyentuh dinding lubang.

Contoh 3: memilih mata bor awal dan akhir

Pada 2027, kartu kerja Bayu meminta lubang akhir Ø3,3 mm pada pelat aluminium untuk rivet Ø3,2 mm. Menurut kartu kerja latihan ini, mata bor awal sekitar 70 sampai 75 persen ukuran akhir, dan tepi lubang harus dibuang geriginya. Di troli ada mata bor 2,0; 2,4; 2,8; 3,0; 3,3; dan 3,5 mm. Tentukan urutannya. *(Kasus fiktif; angka menurut kartu kerja latihan.)*

1. **Tentukan ukuran akhir.** Kartu kerja menyebut 3,3 mm. Rivet 3,2 mm memerlukan kelonggaran 0,1 mm: 3,3 − 3,2 = 0,1 mm.
2. **Hitung rentang mata bor awal.** Batas bawah 0,70 × 3,3 = 2,31 mm. Batas atas 0,75 × 3,3 = 2,475 mm.
3. **Pilih yang masuk rentang.** Di troli, hanya 2,4 mm yang berada di antara 2,31 dan 2,475 mm.
4. **Susun urutan.** Penitik pusat, bor 2,4 mm, lalu bor 3,3 mm. Setelah selesai, buang gerigi tepi dengan mata bor yang jauh lebih besar yang diputar tangan.

Jawaban: bor awal 2,4 mm, lanjut 3,3 mm, lalu buang gerigi. Cek akal sehat: 3,3 mm sedikit lebih besar dari rivet 3,2 mm, sehingga rivet masuk tanpa dipaksa dan tidak goyang.

❖ PETA KONSEP

Gambar 2.6 merangkum isi sub bab ini.

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



Gambar 2.6 Peta konsep hand tools dan power tools. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Yang harus kamu ingat:

- **Ukuran dan jenis alat harus cocok** dengan benda kerja. Obeng Phillips (ujung tumpul) dan *Reed & Prince* (ujung runcing) tidak dapat saling menggantikan; bilah obeng mengisi minimal 75 % alur.
- **Tarik kunci, jangan dorong.** Kunci ring atau sok untuk mur keras, kunci pas untuk memutar cepat; tang tidak dipakai untuk memutar mur.
- *Prick punch* memberi tanda halus, *center punch* memulai bor, *pin punch* mendorong keluar pin dan batang rivet. Jangan pakai penitik runcing untuk mengeluarkan benda dari lubang.
- **Bor kecil dulu, lalu perbesar.** Sudut ujung mata bor 118° untuk pekerjaan umum; bahan keras diputar lebih lambat.
- ***Rivet gun* hanya ditembakkan bila *rivet set* menempel**; tekanan disetel pada pelat sisa; *bucking bar* tegak lurus batang rivet.
- **Melepas rivet:** titik pusat, bor kepala saja, lepaskan kepala dengan *pin punch*, dorong batang sambil menahan pelat. Bukan dengan pahat.

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

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal tentang alat tangan dan alat bertenaga:

1. **Tulis dulu pekerjaan, bahan, dan ukuran** yang disebut di soal.
2. **Cari kerusakan yang akan terjadi** bila alat atau urutan salah: kepala sekrup rusak, lubang lonjong, kulit tergores, atau orang terluka.
3. **Pilih alat atau urutan yang mencegah kerusakan itu**, bukan yang tercepat.
4. **Pada pernyataan majemuk (pilih lebih dari satu atau Benar/Salah), nilai tiap pernyataan sendiri**: satu kata "asal" atau "selalu" sering membuatnya salah.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Phillips dan *Reed & Prince* dianggap sama**, karena bentuknya mirip.
- **Ujung obeng yang "lebih runcing masuk lebih dalam"** dianggap lebih baik; padahal ujung harus sesuai alur, bukan paling dalam.
- **Putaran bor listrik dinaikkan** agar sekrup cepat terbuka. Putaran tinggi membuat ujung selip dan merusak alur serta cat.
- **Rivet dilepas dengan pahat dan palu**, karena dianggap paling cepat. Pahat merusak kulit dan lubang.
- **Mata bor seukuran batang** dipilih karena dianggap memotong lebih cepat, padahal berisiko melonjongkan lubang pada praktik yang dianjurkan *handbook*.
- ***Rivet gun* ditembakkan di udara** untuk memeriksa tekanan. Tekanan diperiksa pada pelat sisa dengan *rivet set* menempel.
- ***Bucking bar* dipegang miring** supaya kepala melebar. Kepala yang miring adalah cacat pemasangan.
- **Memakai *prick punch* atau *center punch* untuk mengeluarkan pin.** Pemukul yang benar adalah *pin punch*.

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa menjawab bahwa sekrup panel dengan alur Phillips yang sudah agak aus sebaiknya dibuka dengan obeng *Reed & Prince* karena "ujungnya lebih runcing sehingga masuk lebih dalam". Yang tepat adalah obeng Phillips dengan ukuran pas yang ditekan lurus, karena ujung yang salah jenis justru mudah selip dan merusak alur.

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut membahas obeng, tekanan searah sumbu, dan putaran terkendali pada sekrup panel. Pakai bagian 1 (obeng dan kepala sekrup) dan perhatikan tiap pernyataan satu per satu.

►. Raka, teknisi magang, harus membuka 24 sekrup panel akses di bawah sayap pesawat latih pada 2027. Sekrupnya berkepala Phillips, beberapa alurnya sudah agak aus, dan panel baru dicat ulang. Di troli tersedia obeng Phillips berbagai ukuran, obeng Reed and Prince (Frearson), speed handle, dan bor listrik dengan mata obeng. Supervisor mengingatkan agar kepala sekrup dan cat panel tidak 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.)

Tindakan yang tepat adalah ....

(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Memilih mata obeng Phillips yang ukurannya pas mengisi alur kepala sekrup.

☐ B. Memakai obeng Reed and Prince karena ujungnya lebih runcing sehingga masuk lebih dalam.

☐ C. Menekan obeng lurus searah sumbu sekrup sambil memutar agar mata obeng tidak lepas dari alur.

☐ D. Memakai bor listrik pada putaran tertinggi agar 24 sekrup lebih cepat terbuka.

☐ E. Melonggarkan sekrup yang keras dengan obeng tangan dulu, baru memutarnya keluar dengan speed handle.

Pembahasan **Kunci: A, C, E**

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

Konsep: Pemakaian obeng yang benar: tipe dan ukuran mata sesuai kepala sekrup (Phillips dan Reed and Prince tidak dapat saling menggantikan), tekanan searah sumbu, dan putaran terkendali. Speed handle dipakai setelah sekrup terlepas dari kekencangan awalnya.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1** ✓ Mata obeng yang pas mencegah selip (cam-out) yang merusak alur.

• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: bentuknya mirip, tetapi sudut alurnya berbeda; mata yang tidak cocok mudah selip dan merusak kepala sekrup.

• **Pernyataan 3** ✓ Tekanan searah sumbu menahan mata obeng tetap di alur.

• **Pernyataan 4** ✗ Putaran tinggi membuat mata obeng mudah selip, merusak alur yang sudah aus, dan menggores cat.

• **Pernyataan 5** ✓ Sekrup dilonggarkan dengan obeng tangan yang terkendali; speed handle mempercepat pemutaran setelah lepas.

Jawaban: pernyataan 1, 3, 5.

✎ LATIHAN

Untuk tiap soal, tulis dulu kerusakan yang akan terjadi bila alat atau urutan salah, lalu pilih jawaban yang mencegahnya.

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

1. Fikri harus melepas satu rivet pejal (solid rivet) kepala bundar yang terpasang miring pada kulit badan pesawat latih (2027). Kartu kerja meminta lubang kulit tidak membesar agar rivet pengganti berdiameter sama dapat dipasang. Di troli tersedia penitik (center punch), mata bor satu ukuran lebih kecil dari batang rivet, mata bor seukuran batang rivet, pin punch, balok penahan, dan palu.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Urutan kerja yang paling tepat adalah ....

A. Bor seukuran batang menembus seluruh rivet → dorong sisa rivet dengan pin punch
B. Titik pusat kepala → bor seukuran batang sedalam kepala → pukul batang
C. Pahat kepala rivet → titik pusat batang → bor kecil menembus → dorong
D. Titik pusat kepala → bor kecil menembus rivet → dorong tanpa penahan
E. Titik pusat kepala → bor kecil sedalam kepala → lepas kepala → dorong batang

2. Pada 2027, Agus berlatih memasang rivet pejal memakai rivet gun pneumatik dan bucking bar di bengkel struktur sekolah penerbangan. Instruktur memintanya menyetel tekanan udara dan berlatih pada pelat sisa sebelum mengerjakan panel pesawat. Rekan Agus memberinya beberapa "tips" yang perlu ia nilai.
(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
Rivet gun boleh ditembakkan di udara tanpa menempel pada rivet untuk memeriksa apakah tekanannya sudah sesuai.	○	○
Tekanan udara disetel dengan mencoba memasang rivet pada pelat sisa yang tebal dan bahannya sama.	○	○
Bucking bar dipegang agak miring agar kepala bentukan (shop head) melebar ke satu sisi dan lebih kuat.	○	○

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

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

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa obeng Phillips tidak boleh dipakai pada sekrup *Reed & Prince*?
- Mengapa rivet dilepas dengan cara mengebor kepalanya, dan bukan dengan pahat dan palu?
- **Yang harus kuingat:** alat tepat jenis dan pas ukuran; obeng ditekan lurus searah sumbu; bor kecil dulu; *rivet gun* hanya ditembakkan dengan *rivet set* menempel; *bucking bar* tegak lurus batang rivet; lepas rivet dengan bor kepala dan *pin punch*.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 2.1: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktpu&node=SMKTPU-2.1

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

Sub bab 2.2 · Alat ukur mekanik

SMKTPU-2.2

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi (elemen 2, teknik dasar proses perawatan) meminta kamu **menerapkan penggunaan alat ukur mekanik** pada pekerjaan perawatan pesawat. Levelnya aplikasi sampai penalaran: kamu diminta membaca skala, menghitung, lalu **mengambil keputusan** dengan membandingkan hasil ukur terhadap batas pada manual.

Pola soal yang sering muncul: (1) **membaca skala** jangka sorong atau mikrometer, termasuk garis setengah milimeter dan garis nonius yang segaris; (2) **menghitung hasil dari penunjukan alat**, misalnya *runout* total dari penunjukan terbesar dan terkecil *dial indicator*; (3) **menilai kelaikan**: apakah satu titik, rata-rata, atau selisih yang menentukan keputusan. Soal jenis ini termasuk yang paling sulit di mapel ini karena satu kesalahan baca langsung mengubah keputusan.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menyebutkan alat ukur mekanik dan ketelitiannya, serta memilih alat yang sesuai untuk suatu ukuran;
- membaca jangka sorong dan mikrometer dari gambar skala;
- menghitung *runout* total dengan *dial indicator* dan memakai *feeler gauge* serta *depth gauge*;
- membandingkan hasil ukur dengan batas manual dan menentukan keputusan perawatan.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Pesawat tidak laik terbang karena perkiraan. Ia laik karena ukuran komponennya berada **di dalam batas yang ditetapkan manual**. Piringan rem yang sudah terlalu tipis, poros yang sedikit bengkok, atau pin engsel yang mengecil tidak selalu terlihat oleh mata, tetapi alat ukur dapat menunjukkannya. Karena itu teknisi harus pandai membaca alat ukur, dan lebih penting lagi, tahu **apa arti angkanya**.

Ada beberapa istilah dasar. **Ketelitian** (*resolution*) adalah nilai skala terkecil yang dapat dibaca alat. **Batas aus** (*wear limit*) adalah ukuran terkecil atau terbesar yang masih boleh dipakai; di luar batas itu komponen diganti atau diperbaiki sesuai manual. **Toleransi** adalah selisih yang diizinkan terhadap ukuran nominal. **Kalibrasi** adalah pemeriksaan alat terhadap standar yang diakui, supaya alat membaca dengan benar. Di pesawat, satuan inci masih sering dipakai: 1 inci = 25,4 mm, sehingga 0,250 inci = 0,250 × 25,4 = 6,35 mm. Selalu baca satuan pada manual sebelum membaca angkanya.

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

1. Mistar baja

Mistar baja (*steel rule*) adalah alat ukur paling sederhana. Skala terkecilnya 1 mm (atau 1/64 inci pada mistar inci), jadi ketelitiannya rendah. Mistar dipakai untuk panjang kasar, misalnya memotong pelat atau menandai letak lubang. Satu kesalahan yang umum adalah **galat paralaks** (*parallax error*), yaitu salah baca karena mata tidak tegak lurus terhadap skala. Letakkan ujung mistar tepat pada tepi benda, lalu baca dari arah tepat di atas garis.

2. Jangka sorong

Jangka sorong (*vernier caliper*) mengukur panjang, diameter luar, diameter dalam, dan kedalaman. Bagian utamanya: **rahang luar** untuk diameter luar, **rahang dalam** untuk diameter dalam lubang, **batang kedalaman** di ujung belakang untuk lubang buntu, **skala utama** pada batang tetap, dan **nonius** (*vernier*) pada bagian yang digeser. Alat ini lebih teliti daripada mistar karena nonius membaca pecahan di antara dua garis skala utama.

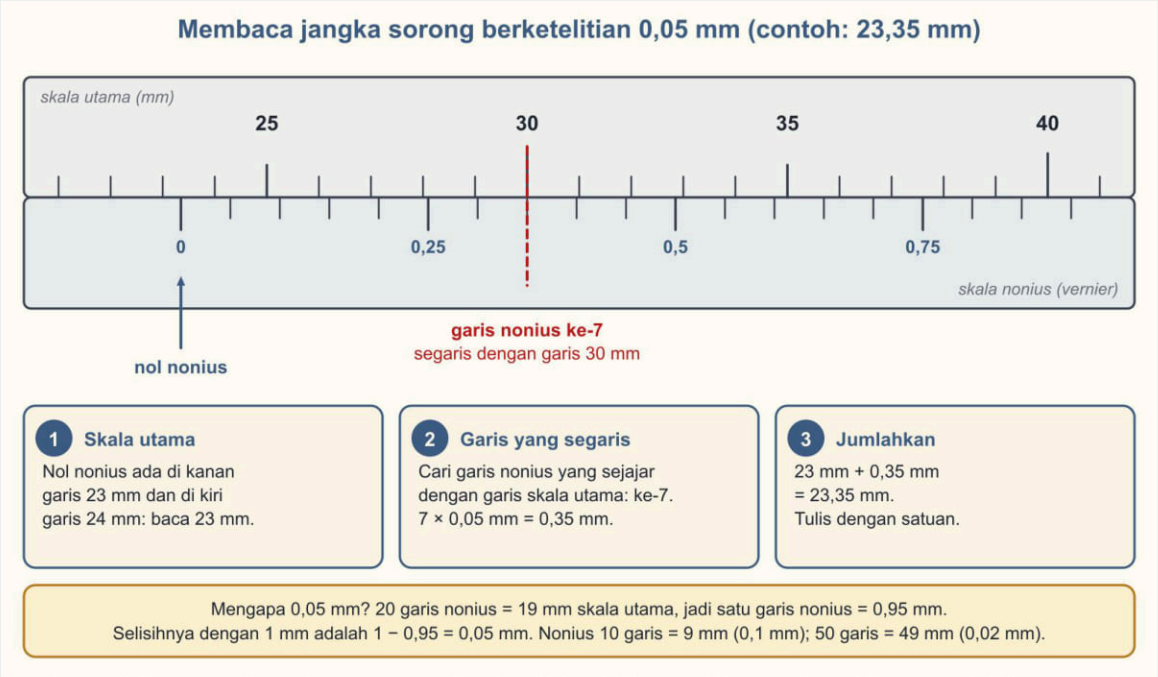
Mengapa nonius dapat membaca 0,05 mm? Pada jangka sorong berketelitian 0,05 mm, skala nonius dibagi menjadi 20 bagian yang panjang totalnya sama dengan 19 mm skala utama. Satu bagian nonius = 19 ÷ 20 = 0,95 mm. Garis skala utama berjarak 1 mm, jadi tiap garis nonius tertinggal 1 − 0,95 = 0,05 mm dari garis skala utama berikutnya. Jangka sorong lain memakai 10 bagian = 9 mm (ketelitian 0,1 mm) atau 50 bagian = 49 mm (ketelitian 0,02 mm). Ketelitian biasanya tertulis di alat.

Cara membaca (Gambar 2.7):

1. **Baca skala utama.** Lihat di mana nol nonius berada. Angka milimeter penuh adalah garis skala utama di sebelah **kiri** nol nonius.
2. **Cari garis nonius yang segaris** dengan salah satu garis skala utama. Hitung nomornya, mulai dari garis nol nonius sebagai nomor 0.
3. **Kalikan nomor itu dengan ketelitian**, lalu jumlahkan dengan hasil langkah 1.

Educational Institutions

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



Gambar 2.7 Cara membaca jangka sorong berketelitian 0,05 mm: 23 mm + 7 × 0,05 mm = 23,35 mm. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Perhatikan dua hal. Pertama, **garis skala utama yang segaris dengan nonius bukan hasil ukur**. Pada Gambar 2.7 garis itu bertanda 30 mm, tetapi hasil ukurnya bukan 30 mm. Angka 30 hanya membantu mengenali bahwa garis nonius ke-7 yang segaris. Kedua, **kalikan dengan ketelitian alat itu sendiri**. Garis ke-7 pada alat 0,05 mm berarti 0,35 mm, sedangkan pada alat 0,02 mm berarti 0,14 mm.

Sebelum mengukur, jepitkan rahang tanpa benda dan pastikan nol nonius tepat segaris dengan nol skala utama. Bila tidak, ada **kesalahan nol** (*zero error*) yang harus dikoreksi atau alatnya diperbaiki.

3. Mikrometer luar

Mikrometer luar (*outside micrometer*) lebih teliti daripada jangka sorong, yaitu 0,01 mm. Bagiannya: **rangka** berbentuk C, **landasan** (*anvil*) yang diam, **poros ukur** (*spindle*) yang bergerak, **selubung tetap** (*sleeve* atau *barrel*) yang membawa skala utama, **selubung putar** (*thimble*) yang membawa skala bulat, dan **pemutar bergerigi** (*ratchet stop*) di ujung. Pemutar bergerigi membuat tekanan ke benda selalu sama sehingga hasil ukur tidak bergantung kuat tangan. Mikrometer 0–25 mm hanya dapat mengukur benda dengan ukuran dalam rentang itu.

Pada mikrometer metrik, selubung tetap memiliki garis acuan mendatar. **Di atas garis**, tiap garis adalah 1 mm. **Di bawah garis**, ada garis di tengah-tengahnya, yaitu 0,5 mm. Satu putaran penuh *thimble* menggerakkan poros ukur 0,5 mm. *Thimble* dibagi 50 bagian, jadi satu bagian = 0,5 ÷ 50 = 0,01 mm.

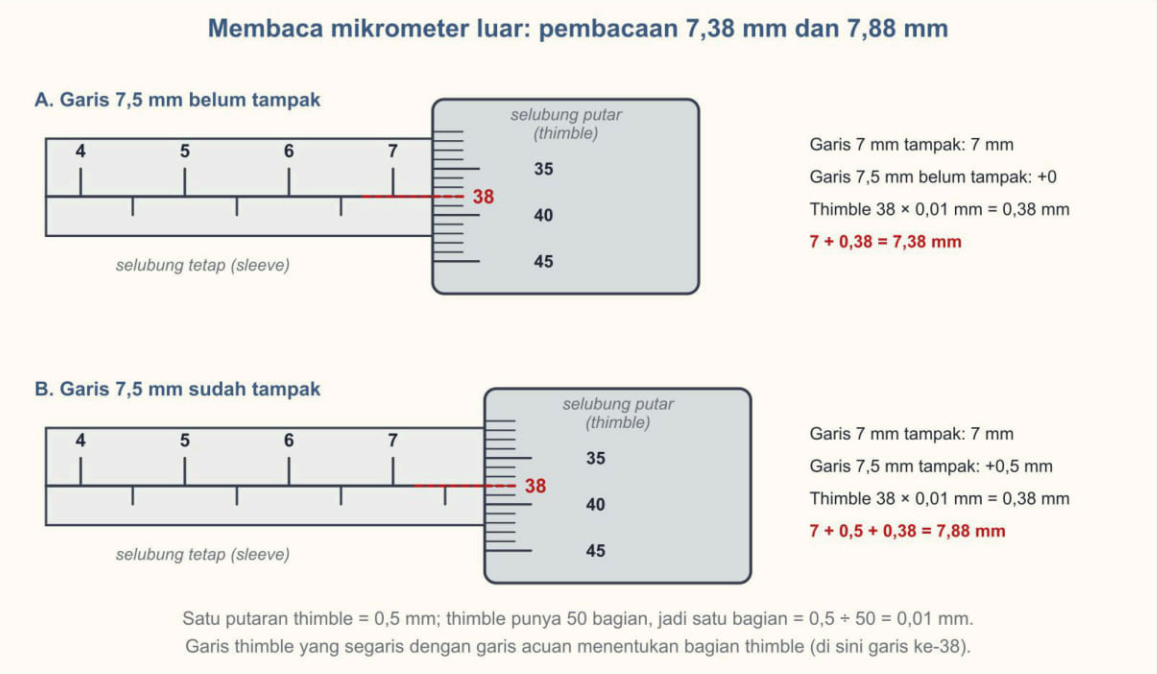
Cara membaca (Gambar 2.8):

1. **Baca milimeter penuh**: garis di atas acuan yang terakhir tampak.
2. **Tambahkan 0,5 mm bila garis setengah milimeter** (di bawah acuan) sesudah garis

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

milimeter itu **sudah tampak**.

3. **Tambahkan pembacaan *thimble***: nomor garis *thimble* yang segaris dengan garis acuan, dikali 0,01 mm.



Gambar 2.8 Pembacaan mikrometer: A, garis 7,5 mm belum tampak sehingga 7 + 0,38 = 7,38 mm; B, garis 7,5 mm sudah tampak sehingga 7 + 0,5 + 0,38 = 7,88 mm. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Perbedaan kedua pembacaan pada Gambar 2.8 hanya ada pada garis 7,5 mm. *Thimble* menunjuk 38 pada keduanya. Karena itu **lupa menambah 0,5 mm** adalah kesalahan yang paling sering terjadi, dan menambahkan 0,5 mm padahal garisnya belum tampak juga salah.

Cara merawat mikrometer, menurut *handbook* FAA, adalah tidak menjatuhkannya (akurasi dapat rusak permanen), tidak menggeser benda terus-menerus di antara landasan dan poros ukur (permukaan aus), dan tidak mengencangkan poros terlalu keras (rangka dapat melengkung). Pegang rangka dengan telapak tangan agar ibu jari dan telunjuk bebas memutar *thimble*.

Memeriksa nol. Sebelum dipakai, putar poros ukur sampai menyentuh landasan (dengan pemutar bergerigi), lalu lihat pembacaan. Seharusnya 0,00 mm. Bila terbaca +0,02 mm, alat mengalami **kesalahan nol** sebesar +0,02 mm, dan setiap hasil ukur harus dikurangi 0,02 mm. Misalnya, pembacaan 12,34 mm dikoreksi menjadi 12,34 − 0,02 = 12,32 mm. Bila kesalahan nol besar atau berubah-ubah, alat dikembalikan untuk dikalibrasi, bukan dipakai dengan "perkiraan".

Mikrometer berskala inci memakai prinsip yang sama dengan angka berbeda: garis pada selubung tetap = 0,025 inci dan *thimble* dibagi 25 bagian = 0,001 inci.

4. *Dial indicator* dan *runout*

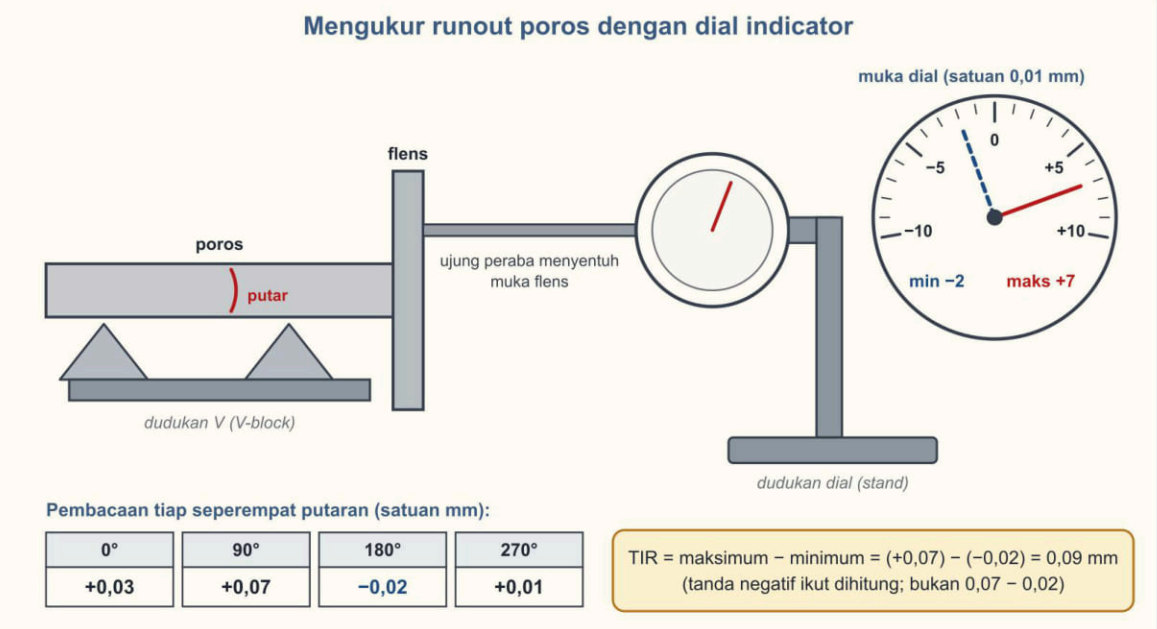
Dial indicator mengukur **perubahan** jarak, bukan ukuran mutlak. Ia terdiri atas ujung peraba yang menyentuh permukaan dan jarum pada muka bundar bertanda satuan 0,01 mm. Bila ujung peraba bergerak maju atau mundur, jarum bergerak. Alat ini dipasang pada dudukan (*stand*)

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

yang kokoh, karena gerakan dudukan akan terbaca sebagai kesalahan ukur.

Pemakaian terpenting pada perawatan adalah mengukur **kebengkokan** atau ***runout***. *Runout* adalah goyangan komponen bulat saat diputar, misalnya poros atau flens baling-baling, atau piringan rem yang melengkung. Langkahnya (Gambar 2.9):

1. Letakkan komponen pada dudukan V (*V-block*), atau pasang pada pesawat bila memungkinkan.
2. Sentuhkan ujung peraba ke permukaan dengan sedikit tekanan awal, lalu nolkan muka dial.
3. **Putar komponen satu putaran penuh** perlahan. Catat penunjukan terbesar dan terkecil.
4. Hitung **TIR** (*total indicator reading*, pembacaan total): **TIR = penunjukan maksimum − penunjukan minimum**. Tanda negatif ikut dihitung.



Gambar 2.9 Mengukur runout dengan dial indicator: TIR = (+0,07) − (−0,02) = 0,09 mm. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

TIR bukan penunjukan terbesar saja, bukan rata-rata, dan bukan setengah selisih. Nilai TIR itulah yang dibandingkan dengan batas manual. Pada Gambar 2.9, penunjukan terbesar +0,07 mm dan terkecil −0,02 mm, jadi TIR = 0,07 − (−0,02) = 0,09 mm. Kesalahan yang sering terjadi adalah menghitung 0,07 − 0,02 = 0,05 mm karena tanda negatif diabaikan.

5. *Feeler gauge*, *depth gauge*, dan kaliper

Feeler gauge (pengukur celah) adalah kumpulan bilah baja tipis dengan tebal tertera, dari sangat tipis sampai sekitar 1 mm (Gambar 2.10). Bilah dilipat pada satu poros seperti pisau lipat. Alat ini mengukur **celah** antara dua permukaan: pilih bilah, sisipkan di celah, dan rasakan tahanannya. Celah dinyatakan **pas** bila bilah masuk dengan sedikit tahanan. Bila bilah 0,15 mm masuk tetapi bilah 0,20 mm tidak masuk, celah berada di antara 0,15 dan 0,20 mm. Bilah tidak boleh dipaksa karena bilah menjadi bengkok dan hasilnya salah.

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



Gambar 2.10 Feeler gauge dan cara memakainya untuk mengukur celah. Sumber foto: Raimond Spekking, CC BY-SA 4.0, melalui Wikimedia Commons; diberi label Indonesia oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Depth gauge (pengukur kedalaman) mengukur kedalaman lubang buntu, alur, atau tinggi tonjolan. Jangka sorong biasanya memiliki batang kedalaman. Ada juga mikrometer kedalaman yang dibaca dengan cara yang sama seperti mikrometer luar.

Kaliper (*calipers*, jangka tusuk) adalah jangka dengan dua kaki lengkung untuk **memindahkan** atau membandingkan ukuran. Kaliper luar mengukur diameter luar dan kaliper dalam mengukur lubang. Kaliper tidak memiliki skala sehingga ukurannya kemudian dibaca dengan mistar atau jangka sorong.

6. Memilih alat ukur yang tepat

Tidak semua pekerjaan membutuhkan alat paling teliti. Pilih alat menurut **toleransi** yang harus dipenuhi. Sebagai pedoman umum dalam pengukuran, ketelitian alat sebaiknya jauh lebih kecil daripada toleransi, kira-kira sepersepuluhnya. Bila diameter pin harus berada dalam rentang 0,10 mm, alat berketelitian 0,01 mm (mikrometer) layak dipakai, sedangkan alat berketelitian 0,1 mm (jangka sorong 0,1 mm atau mistar) tidak cukup.

Pekerjaan	Alat yang cocok	Ketelitian khas
panjang kasar, menandai letak lubang	mistar baja	1 mm
diameter luar, diameter dalam, kedalaman lubang	jangka sorong	0,1; 0,05; atau 0,02 mm
diameter pin, tebal pelat dan piringan	mikrometer luar	0,01 mm
goyangan poros atau flens (*runout*)	*dial indicator*	0,01 mm
celah antara dua permukaan	*feeler gauge*	menurut tebal bilah
memindahkan ukuran yang tak bisa dibaca langsung	kaliper	tanpa skala

Dua hal lain memengaruhi hasil. Pertama, **suhu**: logam memuai bila panas, sehingga benda yang baru dilas atau dibor sebaiknya didinginkan lebih dulu sebelum diukur dengan ketelitian tinggi,

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

dan benda serta alat berada pada suhu yang sama. Kedua, **cara memegang alat**: mikrometer dipegang pada rangkanya agar panas tangan tidak memuaikan rangka, dan jangka sorong tidak ditekan terlalu keras karena rahangnya melentur.

7. Cara mengukur yang benar

Alat paling teliti pun memberi angka salah bila dipakai keliru. Beberapa kebiasaan baik:

- **Bersihkan** alat dan benda dari minyak, debu, dan gerigi (*burr*) sebelum mengukur.
- **Periksa nol** alat sebelum dipakai.
- **Ukur tegak lurus** terhadap sumbu benda. Jangka sorong yang miring membaca lebih besar daripada diameter sebenarnya.
- **Ukur beberapa titik dan ulangi**, terutama pada komponen yang aus tidak merata.
- **Catat hasil dengan satuan** dan tempatkan koma desimal dengan benar.
- **Jangan memaksa** alat, dan jangan memakai alat ukur sebagai palu atau penjepit.

Kalibrasi. Alat ukur harus dikalibrasi secara berkala. Pada alat ada label tanggal kalibrasi berikutnya, dan alat yang telah melewati tanggal itu **tidak boleh dipakai** untuk pekerjaan perawatan. *Handbook* FAA memberi contoh selang kalibrasi 6 atau 12 bulan untuk alat tertentu seperti kunci momen. Selang pastinya mengikuti ketentuan organisasi dan pabrik alat.

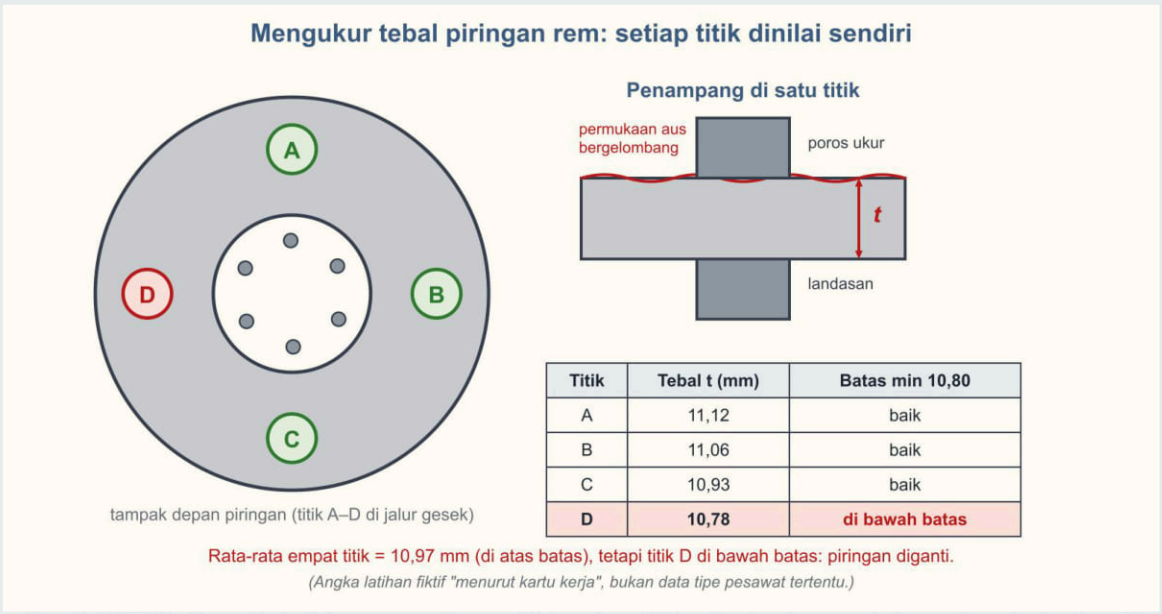
8. Membandingkan hasil dengan batas manual

Mengukur belum selesai sebelum angkanya dibandingkan dengan **batas** pada manual. Ada tiga aturan:

1. **Setiap titik ukur dinilai sendiri.** Bila manual menyebut batas minimum, **satu titik** yang berada di bawah batas sudah cukup untuk menyatakan komponen tidak laik.
2. **Rata-rata tidak menyelamatkan satu titik yang melewati batas.** Rata-rata hanya dipakai bila manual menyuruh memakainya.
3. **Batas tidak memberi kelonggaran.** Nilai 9,18 mm bukan "hampir 9,20 mm"; ia di bawah batas minimum 9,20 mm. Selisih sekecil 0,02 mm tetap nyata bila alat berketelitian 0,01 mm. Baca juga kalimat batasnya: "tidak boleh kurang dari" berarti nilai yang sama dengan batas masih boleh, sedangkan nilai di bawahnya tidak.

Gambar 2.11 memperlihatkan piringan rem diukur di empat titik. Rata-rata tebalnya (10,97 mm) berada di atas batas minimum 10,80 mm, tetapi titik D hanya 10,78 mm, sehingga piringan harus diganti. Komponen yang tidak laik dilaporkan dan diganti sesuai manual; teknisi tidak boleh "menghaluskan angka".

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



Gambar 2.11 Titik ukur tebal piringan rem dan penilaian tiap titik terhadap batas minimum (angka latihan fiktif). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1: membaca jangka sorong 0,05 mm

Pada 2026, Citra mengukur diameter luar bush (*bushing*, selongsong) dengan jangka sorong berketelitian 0,05 mm. Nol nonius berada di antara garis 41 dan 42 mm. Garis nonius ke-12 segaris dengan sebuah garis skala utama. Menurut kartu kerja latihan, diameter bush 41,50 mm dengan batas 41,35 sampai 41,65 mm. Tentukan hasil ukur dan keputusannya. *(Kasus fiktif; angka menurut kartu kerja latihan.)*

1. **Skala utama.** Nol nonius di kanan garis 41, jadi 41 mm.
2. **Nonius.** Garis ke-12 segaris: 12 × 0,05 mm = 0,60 mm.
3. **Jumlahkan.** 41 + 0,60 = 41,60 mm.
4. **Bandingkan.** 41,35 mm ≤ 41,60 mm ≤ 41,65 mm, jadi berada di dalam batas.

Jawaban: 41,60 mm; bush laik pakai. Cek akal sehat: hasil berada tepat di antara 41 dan 42 mm, sesuai posisi nol nonius. Bila garis ke-12 dikalikan 0,1 mm (ketelitian yang salah), hasilnya 42,20 mm, di luar dua garis tempat nol nonius berada, jadi jelas keliru.

Contoh 2: membaca mikrometer dan menilai terhadap batas

Pada 2027, Dimas mengukur diameter pin dudukan dengan mikrometer 0–25 mm di dua titik. Batas minimum 17,50 mm. Titik 1: garis 17 mm tampak, garis 0,5 mm sesudahnya sudah tampak, *thimble* menunjuk garis ke-34. Titik 2: garis 17 mm tampak, garis 0,5 mm belum tampak, *thimble* menunjuk garis ke-46. Tentukan hasil dan keputusannya. *(Kasus fiktif; angka menurut kartu kerja latihan.)*

1. **Titik 1.** 17 mm + 0,5 mm + 34 × 0,01 mm = 17 + 0,5 + 0,34 = 17,84 mm.
2. **Titik 2.** 17 mm + 0 + 46 × 0,01 mm = 17 + 0,46 = 17,46 mm.

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

3. **Nilai tiap titik.** Titik 1: 17,84 ≥ 17,50, baik. Titik 2: 17,46 < 17,50, di bawah batas.
4. **Keputusan.** Satu titik di bawah batas, jadi pin tidak laik dan dilaporkan untuk diganti.

Jawaban: titik 1 = 17,84 mm; titik 2 = 17,46 mm; pin diganti. Cek akal sehat: bila garis 0,5 mm pada titik 1 terlupa, hasilnya 17,34 mm dan pin baik akan salah dibuang. Titik 2 terlihat berada di bawah titik 1 sebesar 0,38 mm, wajar bila pin aus tidak merata.

Contoh 3: menghitung *runout* total

Pada 2027, Rani memutar poros kipas pendingin pada alat pendukung darat satu putaran penuh dengan *dial indicator* menyentuh muka flens. Pembacaan di enam posisi (mm): +0,05; +0,02; −0,03; −0,05; 0,00; +0,04. Menurut kartu kerja latihan, TIR maksimum yang diizinkan 0,08 mm. Tentukan TIR dan keputusannya. *(Kasus fiktif; angka menurut kartu kerja latihan.)*

1. **Cari maksimum dan minimum.** Maksimum +0,05 mm; minimum −0,05 mm.
2. **Hitung TIR.** TIR = (+0,05) − (−0,05) = 0,05 + 0,05 = 0,10 mm.
3. **Bandingkan.** 0,10 mm > 0,08 mm.
4. **Keputusan.** TIR melebihi batas; poros dinyatakan tidak laik dan dilaporkan sesuai manual.

Jawaban: TIR = 0,10 mm, tidak laik. Cek akal sehat: penunjukan jarum bergerak dari −0,05 sampai +0,05, jadi lebar gerakan memang 0,10 mm. Bila tanda negatif diabaikan (0,05 − 0,05 = 0), poros yang bengkok akan dinyatakan lurus: kesalahan yang berbahaya.

❖ PETA KONSEP

Gambar 2.12 merangkum isi sub bab ini.



Gambar 2.12 Peta konsep alat ukur mekanik. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

Yang harus kamu ingat:

- **Jangka sorong:** hasil = skala utama (di kiri nol nonius) + nomor garis nonius yang segaris × ketelitian. Garis skala utama yang segaris bukan hasil ukur.
- **Mikrometer metrik:** hasil = milimeter penuh + 0,5 mm (bila garis setengah milimeter sudah tampak) + *thimble* × 0,01 mm.
- ***Dial indicator*:** TIR = penunjukan maksimum − penunjukan minimum, tanda negatif ikut.
- ***Feeler gauge*** mengukur celah; ***depth gauge*** mengukur kedalaman; kaliper memindahkan ukuran.
- **Keputusan:** setiap titik dibandingkan dengan batas manual; satu titik di luar batas sudah cukup untuk menolak komponen.
- Alat harus bersih, dinolkan, dan **dalam masa kalibrasi**; ukur tegak lurus.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal alat ukur:

1. **Tulis ketelitian alat dan satuan** yang disebut di soal.
2. **Baca skala sesuai urutan**: skala utama, tambahan setengah milimeter (mikrometer), lalu skala halus.
3. **Hitung dan tulis hasil dengan satuan**, lalu cek bahwa hasilnya masuk akal terhadap posisi skala.
4. **Bandingkan dengan batas pada soal.** Baca kalimat batasnya: minimum atau maksimum, tiap titik atau rata-rata.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Garis skala utama yang segaris dengan nonius dibaca sebagai hasil ukur**, padahal hasilnya diambil dari nol nonius ditambah nomor garis.
- **Nomor garis nonius dikalikan 0,01 mm** (cara membaca mikrometer) pada jangka sorong berketelitian 0,1 mm.
- **0,5 mm pada mikrometer terlupa**, atau ditambahkan padahal garisnya belum tampak.
- **TIR dihitung dengan mengabaikan tanda negatif**, atau diambil dari penunjukan terbesar saja, atau dibagi dua.
- **Rata-rata dipakai untuk menolak atau menerima komponen** padahal manual menilai tiap titik.
- **Selisih kecil dianggap dalam ketidakpastian alat**, padahal selisih lebih besar daripada ketelitian alat adalah nyata.
- **Alat dimiringkan** atau dipakai tanpa memeriksa nol sehingga hasil membaca lebih besar.

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa membaca jangka sorong berketelitian 0,1 mm dengan nol nonius di antara garis 12 dan 13 mm dan garis nonius ke-4 segaris, lalu menulis "12,04 mm" karena mengalikan 4 dengan 0,01. Yang tepat adalah 12 + 4 × 0,1 = 12,40 mm; ketelitian alat ini 0,1 mm, bukan 0,01 mm.

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menguji pembacaan mikrometer, penambahan 0,5 mm, dan keputusan terhadap batas tiap titik. Pakai bagian 3 (mikrometer) dan bagian 8 (membandingkan dengan batas).

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

►. Rina mengukur tebal piringan rem (brake disc) roda utama pesawat latih di empat titik dengan mikrometer luar 0–25 mm berketelitian 0,01 mm pada 2027. Batas tebal minimum menurut manual 9,20 mm; bila satu titik saja di bawah batas, piringan harus diganti. Tiga titik pertama terbaca 9,46 mm, 9,41 mm, dan 9,38 mm. Pada titik keempat, garis 9 mm skala utama tampak, garis setengah milimeter sesudahnya belum tampak, dan garis ke-18 thimble segaris dengan garis acuan.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Hasil titik keempat dan keputusan yang tepat adalah ....

A. 9,18 mm; piringan diganti karena satu titik di bawah batas
B. 9,18 mm; piringan dipakai karena rata-rata empat titik di atas batas
C. 9,18 mm; dipakai karena selisihnya hanya dua kali ketelitian alat
D. 9,68 mm; piringan dipakai karena semua titik di atas batas minimum
E. 9,68 mm; dipakai, tetapi diukur ulang pada inspeksi berikutnya

Pembahasan **Kunci: A**

Konsep: Pembacaan mikrometer = skala utama (mm, ditambah 0,5 mm bila garis setengah mm sudah tampak) + skala thimble × 0,01 mm. Batas aus berlaku untuk setiap titik ukur.

Langkah:
1. Skala utama 9 mm, garis 0,5 mm belum tampak → 9,00 mm.
2. Thimble 18 × 0,01 = 0,18 mm → 9,18 mm.
3. 9,18 < 9,20 → satu titik di bawah batas → piringan diganti.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✓ Pembacaan benar dan keputusan sesuai syarat "satu titik saja".
• **B.** ✗ Jebakan: rata-rata 9,36 mm memang di atas batas, tetapi manual menilai setiap titik.
• **C.** ✗ Jebakan: 0,02 mm adalah selisih yang terbaca jelas oleh alat berketelitian 0,01 mm, jadi bukan ketidakpastian alat.
• **D.** ✗ Jebakan: menambahkan 0,5 mm padahal garis setengah milimeter belum tampak.
• **E.** ✗ Pembacaan salah (ditambah 0,5 mm) dan keputusan menunda penggantian.

Jawaban: A.

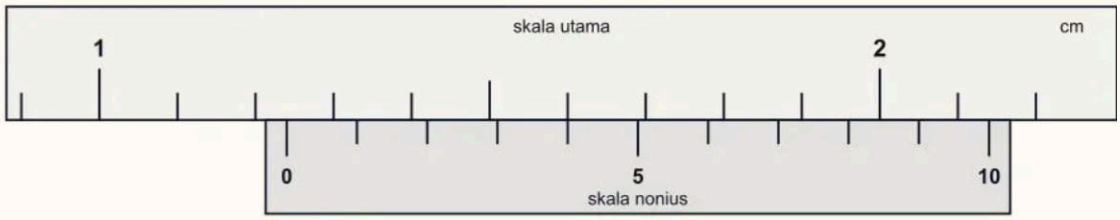
✎ LATIHAN

Untuk tiap soal, tulis dulu ketelitian alat, lalu baca skala langkah demi langkah, dan terakhir bandingkan dengan batas.

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

1. Pada 2027, Wahyu mengukur diameter hinge pin flap pesawat latih dengan jangka sorong berketelitian 0,1 mm. Manual menyatakan diameter pin minimal 12,50 mm; pin yang lebih kecil harus diganti. Gambar memperlihatkan bagian skala yang diperbesar saat rahang jangka sorong menjepit pin.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Hasil ukur dan keputusan yang tepat adalah ....

Skala jangka sorong saat menjepit hinge pin (bagian skala diperbesar)



A. 12,04 mm; pin diganti karena jauh di bawah batas minimum
B. 12,40 mm; pin diganti karena di bawah batas minimum
C. 12,40 mm; pin dipakai karena selisihnya hanya 0,1 mm
D. 12,50 mm; pin dipakai karena tepat pada batas minimum
E. 16,00 mm; pin dipakai karena di atas batas minimum

2. Pada 2027, Sekar memeriksa kebengkokan (runout) flens poros baling-baling pesawat latih dengan dial indicator. Saat poros diputar satu putaran penuh, jarum bergerak dari −0,06 mm sampai +0,09 mm terhadap posisi nol awal. Manual membatasi runout total (TIR, selisih pembacaan terbesar dan terkecil) maksimum 0,13 mm.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Nilai TIR dan keputusan yang tepat adalah ....

A. 0,03 mm; poros laik karena jauh di bawah batas
B. 0,075 mm; poros laik karena di bawah batas
C. 0,09 mm; poros laik karena di bawah batas
D. 0,15 mm; poros laik karena hanya lebih 0,02 mm
E. 0,15 mm; tidak laik karena melebihi batas

Kunci singkat: 1. B 2. E

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

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa garis skala utama yang segaris dengan nonius bukan hasil ukur jangka sorong?
- Mengapa satu titik yang di bawah batas minimum menentukan keputusan, walaupun rata-ratanya di atas batas?
- **Yang harus kuingat:** jangka sorong = skala utama + nomor garis × ketelitian; mikrometer = mm + 0,5 (bila tampak) + *thimble* × 0,01; TIR = maks − min dengan tanda; setiap titik dinilai sendiri; alat harus dikalibrasi dan dinolkan.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 2.2: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

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

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

Sub bab 2.3 · Alat ukur listrik dasar

SMKTPU-2.3

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi (elemen 2, teknik dasar proses perawatan) meminta kamu **menganalisis penggunaan alat ukur listrik dasar**. Levelnya aplikasi sampai penalaran: kamu diminta memasang alat dengan benar, membaca hasilnya, lalu **menarik kesimpulan tentang kerusakan** dari urutan pengukuran.

Pola soal yang sering muncul: (1) **cara memasang alat**: voltmeter, amperemeter (ammeter), dan ohmmeter di rangkaian, termasuk soket multimeter dan *clamp meter*; (2) **uji kontinuitas** kabel antar-konektor, lalu menafsirkan angka dan tanda *OL*; (3) **diagnosis**: dari beberapa hasil ukur, tentukan kabel mana yang putus, bersinggungan dengan badan pesawat, atau hambatannya terlalu tinggi.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menghitung tegangan, arus, hambatan, dan daya dengan hukum Ohm;
- memasang voltmeter, ammeter, dan ohmmeter dengan benar serta memilih soket dan rentang multimeter;
- melakukan uji kontinuitas harness dan membaca hasilnya (tersambung, putus, hubung singkat, hambatan tinggi);
- menarik kesimpulan kerusakan dari urutan pengukuran tegangan dan hambatan.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Sistem listrik pesawat terdiri atas sumber (baterai atau generator), kabel, pemutus rangkaian, sakelar, dan beban seperti lampu atau pompa. Bila ada yang tidak bekerja, mata tidak dapat melihat arus. Teknisi memakai **alat ukur** untuk "melihat" listrik: berapa tegangannya, berapa arusnya, apakah kabelnya tersambung. Sub bab ini mengajarkan cara memakai alat itu dengan benar dan, lebih penting, cara menafsirkan angkanya.

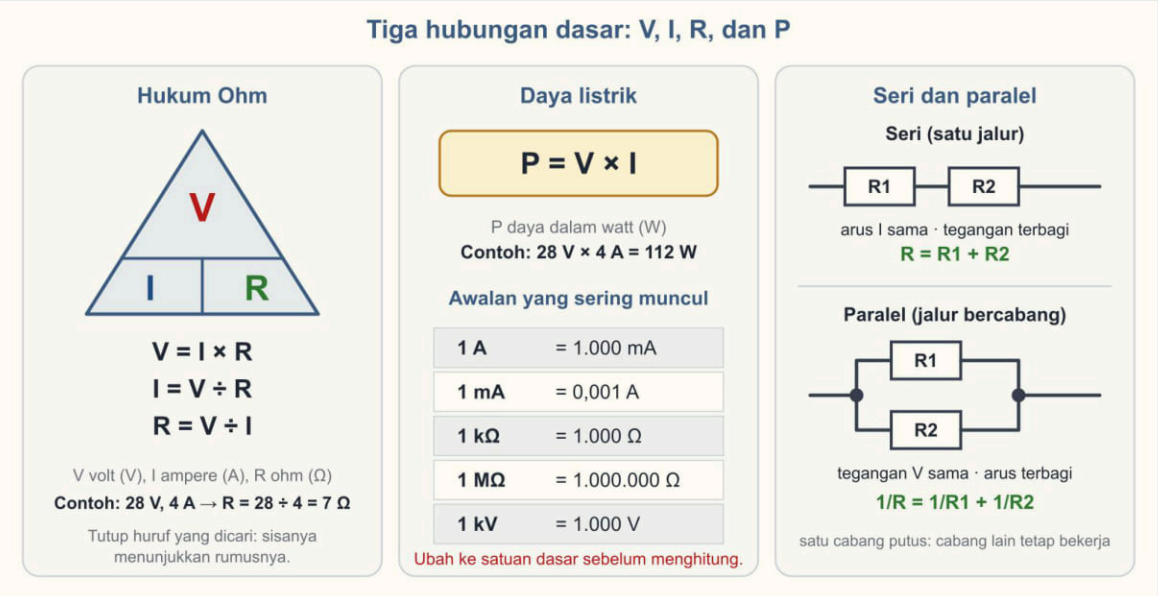
1. Tegangan, arus, hambatan, dan daya

Bayangkan air mengalir di pipa. **Tegangan** (*voltage*, simbol V, satuan volt) seperti tekanan yang mendorong air. **Arus** (*current*, simbol I, satuan ampere atau A) seperti banyaknya air yang mengalir tiap detik. **Hambatan** (*resistance*, simbol R, satuan ohm atau Ω) seperti penyempitan pipa yang menahan aliran. Pada pesawat latih kecil, sumber yang umum bertegangan 12 V atau 28 V arus searah (DC), tetapi angka di soal selalu mengikuti tabel atau kartu kerja.

Ketiganya dihubungkan oleh **hukum Ohm**: **V = I × R** (Gambar 2.13). Dari rumus itu, I = V ÷ R dan R = V ÷ I. Contohnya, lampu 28 V yang menarik arus 4 A memiliki hambatan R = 28 ÷ 4 =

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

7 Ω saat menyala. **Daya** (*power*, simbol P, satuan watt atau W) adalah laju pemakaian energi: **P = V × I**, sehingga lampu itu memakai P = 28 × 4 = 112 W.



Gambar 2.13 Hukum Ohm, rumus daya, awalan satuan, serta rangkaian seri dan paralel. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

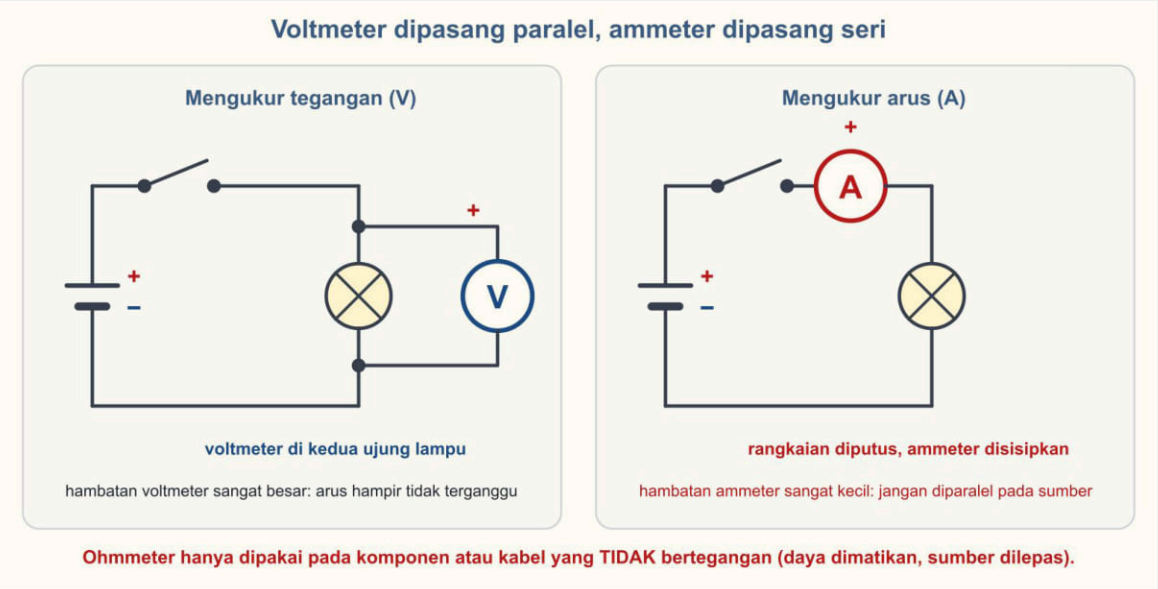
Hati-hati dengan awalan satuan. 1 A = 1.000 mA, sehingga 250 mA = 0,25 A. 1 kΩ = 1.000 Ω. Ubahlah ke satuan dasar sebelum menghitung.

Ada dua cara menyambung beban. Pada **rangkaian seri**, komponen dipasang dalam satu jalur sehingga arus yang sama mengalir melalui semuanya; tegangan terbagi di antara komponen; hambatan totalnya R = R1 + R2. Pada **rangkaian paralel**, komponen dipasang pada cabang sehingga tegangannya sama; arus terbagi; hambatan totalnya lebih kecil daripada hambatan terkecil (1/R = 1/R1 + 1/R2). Pada beban paralel, bila satu cabang putus, cabang lain tetap bekerja. Pada rangkaian seri, bila satu bagian putus, **seluruh rangkaian mati**.

2. Voltmeter, ammeter, dan ohmmeter

Tiga alat dasar mengukur tiga besaran, dan **cara memasangnya berbeda** (Gambar 2.14).

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



Gambar 2.14 Voltmeter dipasang paralel pada kedua ujung komponen; ammeter dipasang seri dengan memutus rangkaian. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

- **Voltmeter** mengukur tegangan di antara dua titik dan dipasang **paralel** (di kedua ujung komponen). Hambatan dalamnya sangat besar, sehingga hampir tidak ada arus yang masuk dan rangkaian tidak terganggu.
- **Ammeter** mengukur arus yang mengalir dan dipasang **seri**: rangkaian diputus, lalu meter disisipkan agar semua arus melewatinya. Hambatan dalamnya sangat kecil. Menurut *handbook* FAA, ammeter **tidak boleh** dipasang melintang pada sumber tegangan seperti baterai atau generator, karena arus yang sangat besar akan mengalir lewat meter dan merusaknya. Bila besar arus belum diketahui, mulailah dari rentang tertinggi lalu turunkan.
- **Ohmmeter** mengukur hambatan. Alat ini memiliki baterai sendiri, sehingga **hanya boleh dipasang pada rangkaian atau komponen yang tidak bertegangan**. Tegangan dari luar merusak alat dan mengacaukan angka. Saat mengukur, jangan menyentuh kedua ujung kabel ukur dengan jari: tubuh menjadi jalur paralel yang membuat angka lebih kecil dari seharusnya.

Polaritas juga penting pada arus searah: kabel ukur merah ke sisi positif, hitam ke sisi negatif. Pada multimeter digital, terbaca tanda minus bila terbalik, dan itu tidak merusak alat.

3. Multimeter digital

Multimeter menggabungkan ketiga fungsi dalam satu alat (Gambar 2.15). Bagian yang harus kamu kenali: **layar**, **tombol pemilih** (*selector*) untuk memilih fungsi dan rentang, serta beberapa **soket** untuk kabel ukur.

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

Multimeter digital: bagian dan soket



1. Layar: angka dengan tanda (OL = di luar rentang atau rangkaian terbuka).
2. Tombol pemilih: pilih fungsi (V DC, V AC, Ω atau kontinuitas, A) lalu rentang.
3. Soket 10 A: hanya untuk arus besar, dipasang seri, dengan sekring.
4. Soket mA: untuk arus kecil, dipasang seri.
5. Soket COM: kabel ukur hitam, selalu di sini.
6. Soket V Ω: kabel ukur merah untuk tegangan, hambatan, dan kontinuitas.

Aturan: posisi tombol pemilih dan soket kabel merah harus cocok dengan besaran yang diukur. Kabel merah di soket A atau mA lalu mengukur tegangan = hubung singkat melalui multimeter.

Gambar 2.15 Multimeter digital beserta soket dan tombol pemilihnya. Sumber foto: Anselm Schüler, CC BY-SA 4.0, melalui Wikimedia Commons; diberi label Indonesia oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

Aturan pemakaian:

1. **Kabel hitam selalu di soket COM.**
2. **Kabel merah di soket V Ω** untuk tegangan, hambatan, dan kontinuitas.
3. **Kabel merah dipindah ke soket mA atau 10 A hanya untuk mengukur arus**, dan alat dipasang seri. Soket arus dilindungi sekring dan memiliki hambatan dalam sangat kecil.
4. **Tombol pemilih harus sesuai dengan soket dan besaran.** Bila kabel merah masih di soket arus lalu alat dipakai mengukur tegangan, multimeter menjadi hubung singkat dan sekringnya putus atau alatnya rusak.
5. Pilih **rentang** sedikit di atas nilai yang diperkirakan. Bila tidak tahu, mulai dari yang terbesar.
6. **Layar *OL*** (*over limit*) berarti nilainya di luar rentang atau rangkaian terbuka. *OL* pada pengukuran hambatan berarti praktis tak terhingga: tidak tersambung.
7. Setelah selesai, **kembalikan tombol pemilih ke OFF** atau ke posisi tegangan.

Untuk tegangan arus searah, pilih V DC (simbol V dengan garis lurus); untuk arus bolak-balik pilih V AC (simbol V dengan gelombang). Pesawat latih kecil umumnya memakai DC pada rangkaian dasarnya.

4. *Clamp meter* dan *megger*

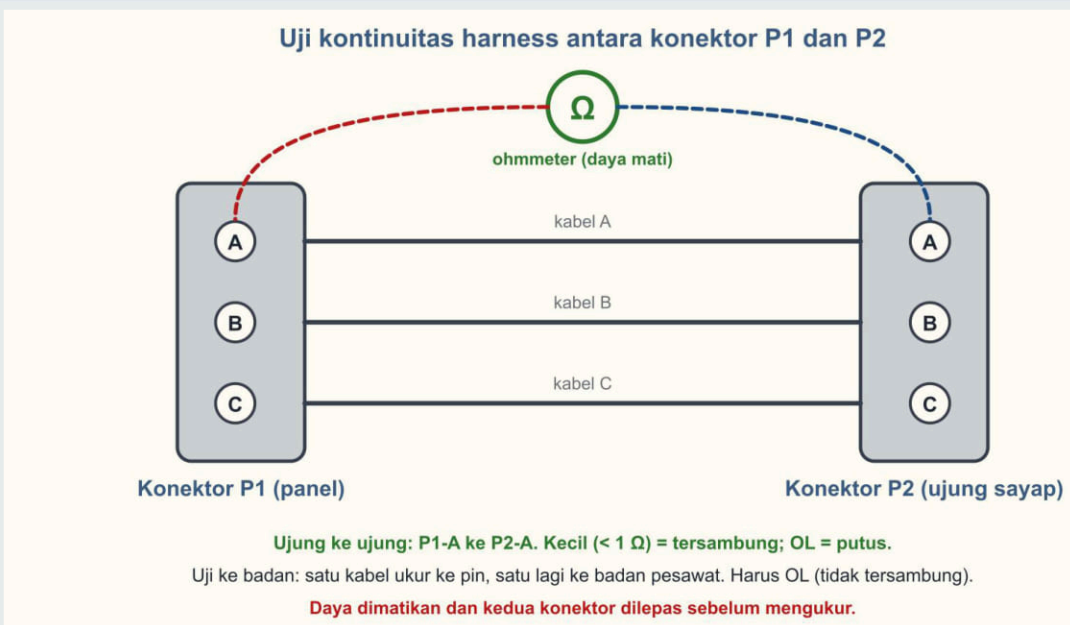
Clamp meter (tang ampere) mengukur arus **tanpa memutus rangkaian**. Rahangnya dijepitkan **mengelilingi satu kabel**, dan alat membaca medan magnet di sekitar kabel itu. Karena itu cocok untuk arus besar, misalnya arus motor starter. Pilih jenis yang sesuai: tidak semua tang ampere dapat mengukur arus searah; yang bisa memakai sensor medan magnet khusus. Ada satu jebakan penting: bila rahang menjepit **dua kabel berarus berlawanan sekaligus** (misalnya kabel ke beban dan kabel kembalinya), medan magnetnya saling meniadakan dan hasilnya hampir nol. Jepit **satu kabel saja**.

Megger (*megohmmeter*) adalah ohmmeter dengan tegangan yang tinggi. Menurut *handbook* FAA, keunggulan utamanya adalah mampu mengukur hambatan dengan tegangan tinggi sehingga **isolasi** diuji dalam keadaan tertekan. Isolasi kabel yang tampak baik bisa bocor bila diberi tegangan tinggi, dan ohmmeter biasa tidak mendeteksinya. Hasilnya dibaca dalam megaohm (MΩ), dan nilai minimum yang dianggap baik ditentukan oleh manual. Alat dengan tegangan tinggi dapat merusak komponen elektronik, sehingga pemakaian megger harus mengikuti manual dan kabel dilepas dari peralatan peka.

5. Uji kontinuitas harness

Harness atau berkas kabel adalah sekumpulan kabel yang diikat dan ujungnya masuk ke **konektor**. Pada Gambar 2.16, kabel A, B, dan C menghubungkan konektor P1 di panel dengan konektor P2 di ujung sayap. **Uji kontinuitas** memeriksa apakah tiap kabel masih tersambung dari ujung ke ujung dan tidak menyentuh bagian lain.

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



Gambar 2.16 Uji kontinuitas harness antara konektor P1 dan P2 dengan ohmmeter. 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

Langkah ujinya:

1. **Matikan daya** dan lepas kedua konektor dari peralatannya.
2. Pilih fungsi ohm (atau kontinuitas) pada multimeter.
3. **Ukur ujung ke ujung**: satu kabel ukur ke pin A di P1, satu lagi ke pin A di P2. Menurut *handbook* FAA, sambungan yang baik terbaca hambatan mendekati nol, sedangkan rangkaian terbuka terbaca tak terhingga (*OL*).
4. **Ukur tiap kabel ke badan pesawat** (struktur logam). Hasil yang benar adalah *OL*, karena kabel harus terisolasi dari badan.
5. Bila perlu, **ukur antar-kabel** pada satu konektor. Dua kabel yang tidak boleh bersinggungan harus terbaca *OL*.

Banyak multimeter punya fungsi kontinuitas dengan bunyi "bip". Bunyi hanya berarti hambatannya di bawah ambang kecil yang dipilih pabrik. Sambungan berhambatan tinggi yang masih membuat bip tidak otomatis baik, jadi angka hambatannya tetap dibaca.

6. Membaca hasil dan mendiagnosis

Hasil pengukuran memiliki pola yang khas (Gambar 2.17).

Pola hasil pengukuran dan artinya

Kondisi kabel	Ohmmeter ujung ke ujung	Ohmmeter ke badan pesawat	Penafsiran
Baik	kecil (< 1 Ω)	OL	tersambung dan terisolasi
Putus (open)	OL	OL	ada titik putus di antara dua konektor
Hubung singkat ke badan	kecil	kecil	isolasi rusak, kabel menyentuh struktur
Hambatan tinggi	puluhan Ω atau lebih	OL	sambungan buruk, korosi, atau pin longgar

OL (over limit) = hambatan di luar rentang alat, praktis tak terhingga: rangkaian terbuka.

Dengan daya ON, voltmeter di dua ujung titik putus membaca tegangan sumber penuh (mis. 28 V); kontak yang tertutup baik hampir tidak bertegangan (≈ 0 V). Tegangan hilang di antara dua titik ukur = ada putus di antara keduanya.

Gambar 2.17 Pola hasil pengukuran kabel dan penafsirannya. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

- **Baik:** ujung ke ujung kecil (misalnya kurang dari 1 Ω menurut kartu kerja), ke badan *OL*.
- **Putus** (*open circuit*): ujung ke ujung *OL*. Arus tidak dapat mengalir sama sekali.
- **Hubung singkat ke badan** (*short to ground*): hambatan ke badan kecil. Isolasi rusak sehingga kabel menyentuh struktur, dan pemutus rangkaian dapat trip.
- **Hambatan tinggi:** terbaca puluhan ohm atau lebih. Penyebabnya sambungan longgar, pin berkarat, atau kabel yang hampir putus. Pada beban yang membutuhkan arus besar, sambungan seperti ini menjadi panas.

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

Untuk mencari titik putus, ada dua cara. **Dengan ohmmeter** (daya mati), ukur potongan kabel satu per satu: potongan yang terbaca *OL* adalah yang putus. **Dengan voltmeter** (daya hidup), mulailah dari sumber lalu ukur tegangan terhadap badan pesawat di tiap titik sepanjang rangkaian. Selama titik ukur masih berada di antara sumber dan titik putus, tegangannya penuh; begitu melewati titik putus, tegangan hilang menjadi nol. **Titik putus ada di antara titik terakhir yang bertegangan dan titik pertama yang tidak bertegangan.** Sebagai bukti, voltmeter yang dipasang di kedua ujung titik putus membaca tegangan sumber penuh, karena seluruh tegangan sumber "tertinggal" di titik putus. Sebaliknya, kontak sakelar yang tertutup baik hampir tidak bertegangan (mendekati 0 V).

7. Menemukan sambungan berhambatan tinggi dengan tegangan jatuh

Sambungan yang longgar atau berkarat sering tidak terdeteksi oleh uji kontinuitas, karena hambatannya "hanya" beberapa ohm dan multimeter tetap membaca tersambung. Padahal pada rangkaian yang membawa arus besar, hambatan kecil pun berbahaya. Menurut hukum Ohm, tegangan yang hilang pada sambungan itu $V = I \times R$. Bila arus 10 A mengalir melalui sambungan berhambatan 0,5 Ω, tegangan yang hilang $10 \times 0{,}5 = 5$ V, sehingga beban hanya menerima sisanya dan sambungan itu menjadi panas (daya yang terbuang $P = V \times I = 5 \times 10 = 50$ W).

Teknisi memeriksanya dengan **uji tegangan jatuh** (*voltage drop test*). **Saat rangkaian bekerja** (beban menyala), pasang voltmeter di kedua ujung sambungan atau kabel yang dicurigai. Sambungan yang baik hampir tidak menjatuhkan tegangan (mendekati 0 V). Bacaan yang jauh lebih besar daripada batas di manual menunjukkan sambungan buruk. Batas pastinya mengikuti manual dan tidak ditebak.

Beberapa multimeter lama berjarum (analog). Ohmmeter analog memiliki **skala yang tidak merata** (padat di satu ujung), sehingga **nolkan dulu** dengan menghubungkan kedua kabel ukur dan memutar pengatur nol. Menurut *handbook* FAA, pembacaan paling teliti diperoleh bila jarum berada sekitar tengah skala, jadi pilih rentang yang membuat jarum berada di sekitar tengah.

8. Keselamatan dan kebiasaan baik

- **Matikan daya** sebelum mengukur hambatan atau melepas konektor; pesawat tidak boleh bertegangan tanpa sengaja.
- **Jangan menyentuh** ujung kabel ukur saat mengukur, dan jangan mengukur dengan tangan basah.
- **Pilih alat dan rentang** yang sesuai dengan tegangan dan arus sistem. Alat yang rusak atau sekringnya putus tidak dipakai.
- **Ukur satu per satu dan catat** titik ukur beserta angkanya, supaya kesimpulan dapat diperiksa orang lain.
- **Siswa magang bekerja di bawah pengawasan** teknisi berlisensi dan hanya mengikuti prosedur tertulis.

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

CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1: menghitung arus, hambatan, dan daya

Pada 2026, Gita memeriksa pemanas kecil 28 V pada panel latih. Dengan daya mati, ohmmeter membaca 14 Ω pada pemanas itu. Hitung arus dan daya saat pemanas dinyalakan pada 28 V, lalu tentukan cara memasang ammeter. *(Kasus fiktif; angka menurut kartu kerja latihan.)*

1. **Arus.** I = V ÷ R = 28 ÷ 14 = 2 A.
2. **Daya.** P = V × I = 28 × 2 = 56 W.
3. **Konversi.** 2 A = 2.000 mA, jadi rentang 200 mA tidak cukup.
4. **Memasang ammeter.** Pindahkan kabel merah ke soket 10 A, putus rangkaian, lalu pasang ammeter **seri** dengan pemanas.

Jawaban: arus 2 A, daya 56 W, ammeter seri pada rentang 10 A. Cek akal sehat: 2 A × 14 Ω = 28 V, sama dengan tegangan sumber. Bila ammeter dipasang paralel pada pemanas, ammeter menjadi jalan pintas berhambatan sangat kecil dan sekringnya putus.

Contoh 2: menentukan kabel putus dari hasil kontinuitas

Pada 2027, Hendra menguji harness lampu navigasi antara konektor P1 dan P2. Ketiga kabel A, B, dan C adalah kabel daya, tidak ada yang berfungsi sebagai ground. Daya mati dan kedua konektor dilepas. Kartu kerja: kabel baik bila hambatan ujung ke ujung di bawah 1 Ω, dan tidak boleh tersambung ke badan pesawat maupun ke kabel lain (*OL*). *(Kasus fiktif; angka menurut kartu kerja latihan.)*

Titik ukur	Hasil
P1-A ke P2-A	0,3 Ω
P1-B ke P2-B	0,3 Ω
P1-C ke P2-C	OL
P1-A ke P1-B	0,4 Ω
P1-A ke badan pesawat	OL
P1-B ke badan pesawat	OL

1. **Nilai ujung ke ujung.** Kabel A dan B (0,3 Ω < 1 Ω) tersambung. Kabel C terbaca *OL*, jadi **kabel C putus**.
2. **Nilai ke badan.** A dan B terbaca *OL* ke badan: tidak ada hubung singkat ke badan pesawat.
3. **Nilai antar-kabel.** P1-A ke P1-B terbaca 0,4 Ω. Seharusnya *OL*. Jadi **kabel A dan B saling bersinggungan** (isolasi antar-kabel rusak).
4. **Kesimpulan.** Harness tidak laik: satu kabel putus dan dua kabel bersinggungan.

Jawaban: kabel C putus; kabel A dan B bersinggungan; tidak ada hubung singkat ke badan. Cek akal sehat: bila A dan B bersinggungan, tegangan di A akan muncul di B dan pemutus rangkaian dapat trip, sesuai dengan hasil 0,4 Ω.

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

Contoh 3: menarik kesimpulan dari urutan pengukuran

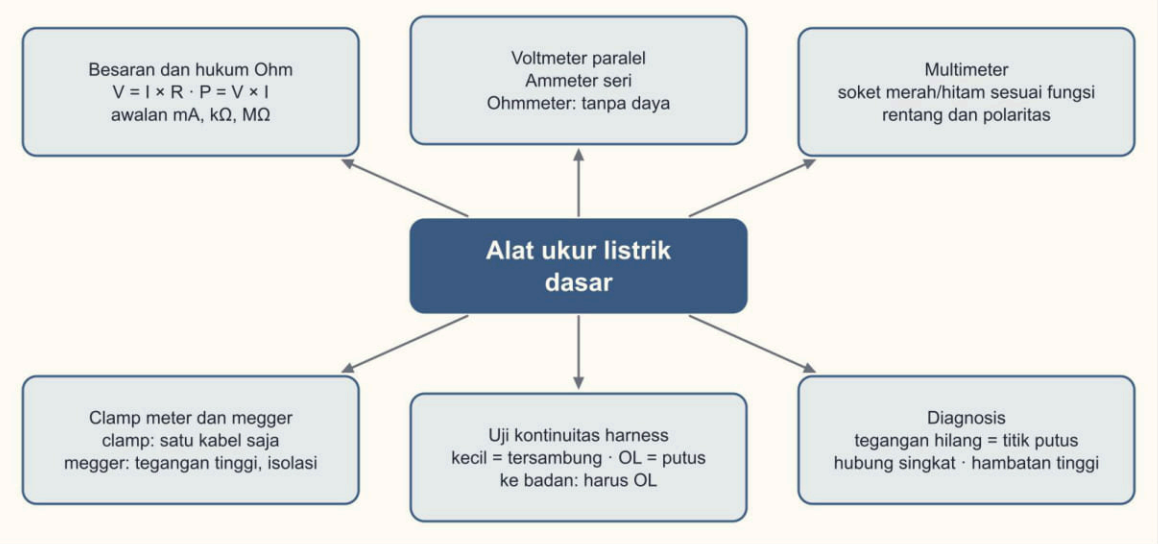
Pada 2027, lampu posisi di ujung sayap pesawat latih tidak menyala, dan pemutus rangkaiannya (*circuit breaker*) tidak trip. Rangkaiannya: bus 28 V → *circuit breaker* → kabel → sakelar → lampu → ground badan. Maya, siswa magang di bawah pengawasan teknisi berlisensi, mengukur dengan voltmeter terhadap badan pesawat, sakelar ON. Hasil: bus 28,0 V; keluaran *circuit breaker* 28,0 V; masukan sakelar 0,0 V; keluaran sakelar 0,0 V. Tentukan letak kerusakan. *(Kasus fiktif; angka menurut kartu kerja latihan.)*

1. **Telusuri dari sumber.** Bus 28,0 V dan keluaran *circuit breaker* 28,0 V: tegangan masih penuh.
2. **Cari titik tegangan hilang.** Masukan sakelar 0,0 V: tegangan hilang di antara keluaran *circuit breaker* dan masukan sakelar.
3. **Tafsirkan.** Yang ada di antara dua titik itu adalah kabel. Jadi kabel itu putus (atau sambungannya lepas).
4. **Buktikan.** Voltmeter yang dipasang di kedua ujung kabel itu seharusnya membaca sekitar 28 V. Setelah daya mati, ohmmeter pada kabel itu membaca *OL*.

Jawaban: kabel antara keluaran *circuit breaker* dan masukan sakelar putus. Cek akal sehat: sakelar, lampu, dan ground belum tentu rusak; titik 3 dan 4 hanya 0 V karena tidak mendapat tegangan dari bus.

❖ PETA KONSEP

Gambar 2.18 merangkum isi sub bab ini.



Gambar 2.18 Peta konsep alat ukur listrik dasar. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

Yang harus kamu ingat:

- **V = I × R**, **P = V × I**; ubah mA ke A dan kΩ ke Ω sebelum menghitung.
- **Voltmeter paralel, ammeter seri.** Ohmmeter hanya pada rangkaian **tanpa daya**.
- **Multimeter:** kabel hitam di COM; merah di V Ω untuk tegangan dan hambatan; di mA atau 10 A hanya untuk arus; tombol pemilih harus cocok dengan soket.
- ***Clamp meter*** menjepit **satu kabel**; dua kabel berlawanan terbaca hampir nol. ***Megger*** memakai tegangan tinggi untuk menguji isolasi.
- **Kontinuitas:** kecil = tersambung, *OL* = putus; kabel ke badan harus *OL*.
- **Diagnosis:** tegangan hilang di antara dua titik ukur berarti ada putus di antara keduanya.

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal alat ukur listrik:

1. **Gambar rangkaian sederhana** dari cerita soal: sumber, pemutus rangkaian, sakelar, beban, ground.
2. **Tentukan apakah daya hidup atau mati** pada pengukuran itu. Daya hidup untuk voltmeter; daya mati untuk ohmmeter.
3. **Tentukan cara memasang alat**: voltmeter paralel, ammeter seri.
4. **Tafsirkan angka dari sumber ke beban**: cari titik pertama yang tegangannya hilang, atau potongan yang terbaca *OL*.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Ammeter dipasang paralel** pada beban atau sumber.
- **Ohmmeter dipakai pada rangkaian yang berdaya.**
- **Kontinuitas "bunyi" dianggap pasti baik**, padahal sambungan berhambatan tinggi pun dapat berbunyi.
- ***OL* dibaca sebagai nol** atau "baik". *OL* berarti tidak tersambung.
- **Satuan tertukar:** mA dibaca A, atau kΩ dibaca Ω.
- **Tegangan di titik putus dianggap nol**, padahal tegangan penuh justru ada di kedua ujung titik putus.
- **Satu kabel ukur di soket arus** saat mengukur tegangan.
- ***Clamp meter* menjepit dua kabel sekaligus** lalu hasil nol dianggap "tidak ada arus".

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa menjawab bahwa lampu tidak menyala karena "lampunya putus", padahal voltmeter menunjukkan 28 V pada masukan lampu dan 0 V di antara dua terminal lampu. Tegangan antar-terminal lampu 0 V berarti lampu tidak mendapat jalur ke ground; kerusakan ada pada jalur ground, bukan pada lampu.

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

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut membahas langkah pengukuran dan penafsiran pada lampu yang tidak menyala. Pakai bagian 2 (cara memasang alat) dan bagian 6 (diagnosis), lalu nilai tiap pernyataan satu per satu.

►. Lampu pendaratan (landing light) pesawat latih tidak menyala pada 2027, padahal circuit breaker tidak trip dan lampunya baru dipasang. Rangkaiannya: bus 28 V DC → circuit breaker → sakelar → lampu → ground badan pesawat. Bagas, teknisi magang, akan memeriksa dengan multimeter digital di bawah pengawasan teknisi berlisensi. *(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Langkah dan penafsiran pengukuran yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Untuk mengukur arus lampu, multimeter pada posisi ampere dipasang paralel dengan lampu.
☐ B. Dengan sakelar ON, voltmeter di kedua kaki sakelar menunjukkan sekitar 28 V; artinya kontak sakelar terbuka.
☐ C. Hambatan filamen lampu diukur dengan ohmmeter setelah daya dimatikan dan lampu dilepas dari rangkaian.
☐ D. Sebelum mengukur tegangan bus, selektor diatur ke rentang ohm terendah agar pembacaan lebih teliti.
☐ E. Bila terminal positif lampu terhadap ground badan 28 V tetapi tegangan antar-terminal lampu 0 V, ground lampu kemungkinan putus.

Pembahasan **Kunci: B, C, E**

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

Konsep: Voltmeter dipasang paralel, amperemeter seri, ohmmeter hanya pada rangkaian tanpa tegangan. Dalam rangkaian seri yang terputus, seluruh tegangan sumber muncul di titik putus; komponen sesudah titik putus tidak bertegangan.

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1 ✗** Jebakan: amperemeter harus seri; bila paralel, hambatannya yang sangat kecil membuat hubung singkat.
• **Pernyataan 2 ✓** Kontak yang tertutup baik hampir tidak bertegangan; tegangan penuh di kedua kakinya berarti rangkaian terputus tepat di sakelar.
• **Pernyataan 3 ✓** Ohmmeter memakai baterainya sendiri dan harus dipakai pada komponen tanpa tegangan.
• **Pernyataan 4 ✗** Mengukur tegangan pada posisi ohm dapat merusak multimeter; pilih posisi volt DC dengan rentang di atas 28 V.
• **Pernyataan 5 ✓** Tanpa jalur ground, kedua terminal lampu sama-sama 28 V sehingga beda tegangannya nol.

Jawaban: pernyataan 2, 3, 5.

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

✎ LATIHAN

Untuk tiap soal, gambar dulu rangkaiannya, tentukan apakah daya hidup atau mati, lalu tafsirkan angkanya dari sumber ke beban.

1. Pada 2027, Lutfi memeriksa harness lampu navigasi yang menghubungkan konektor P1 (panel) dan P2 (ujung sayap). Ketiga kabel A, B, dan C adalah kabel daya, tidak ada yang berfungsi sebagai ground. Daya dimatikan, kedua konektor dilepas, lalu diukur dengan ohmmeter. Manual: kabel baik bila hambatan ujung ke ujung di bawah 1 Ω dan tidak tersambung ke badan pesawat (OL).

Titik ukur	Hasil
P1-A ke P2-A	0,3 Ω
P1-B ke P2-B	OL
P1-C ke P2-C	0,4 Ω
P1-A ke badan pesawat	OL
P1-C ke badan pesawat	0,2 Ω

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

Penafsiran yang tepat adalah ....

(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Kabel A baik: tersambung ujung ke ujung dan tidak terhubung ke badan pesawat.

☐ B. Kabel B dalam kondisi baik karena tidak ada hubungan singkat ke badan pesawat.

☐ C. Kabel B putus di suatu titik di antara konektor P1 dan konektor P2 di ujung sayap.

☐ D. Kabel C tersambung ujung ke ujung, tetapi isolasinya rusak sehingga terhubung ke badan pesawat.

☐ E. Pengukuran dilakukan tanpa daya agar ohmmeter tidak rusak dan hasil pengukuran tidak keliru.

2. Pada 2027, teknisi ingin mengetahui arus yang ditarik motor starter pesawat latih saat mesin diengkol. Menurut data pabrikan, arusnya dapat mencapai 150 A DC. Multimeter digital di bengkel hanya memiliki rentang arus maksimum 10 A dengan sekring pengaman. Di troli juga tersedia tang ampere (clamp meter) yang dapat mengukur arus DC sampai 400 A.

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

Cara mengukur yang paling tepat adalah ....

A. Multimeter rentang 10 A dipasang seri dengan kabel positif motor starter

B. Tang ampere DC dijepit pada satu kabel starter tanpa memutus rangkaian

C. Multimeter pada rentang volt DC dipasang paralel dengan motor starter

D. Tang ampere DC dijepitkan sekaligus pada kabel positif dan kabel negatif

E. Multimeter rentang 10 A dipasang paralel dengan sekring utama starter

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

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

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa ammeter dipasang seri dan voltmeter dipasang paralel?
- Mengapa ohmmeter tidak boleh dipakai pada rangkaian yang berdaya?
- **Yang harus kuingat:** V = I × R; voltmeter paralel, ammeter seri; ohmmeter tanpa daya; kontinuitas kecil = tersambung, *OL* = putus; kabel ke badan harus *OL*; tegangan hilang di antara dua titik ukur berarti ada putus di antara keduanya.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 2.3: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktpu&node=SMKTPU-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 · Dasar pemesinan dan pengelasan

SMKTPU-2.4

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi (elemen 2, teknik dasar proses perawatan) meminta kamu **memahami dasar pemesinan dan pengelasan** yang dipakai pada perawatan komponen pesawat. Levelnya pemahaman sampai aplikasi: kamu diminta memilih proses yang cocok, menghitung putaran mesin, dan menilai cara kerja yang aman dan benar.

Pola soal yang sering muncul: (1) **cara mengebor bahan keras**, misalnya baja tahan karat, beserta alasannya; (2) **hitungan putaran** mesin dari kecepatan potong (rumus yang memakai diameter, bukan jari-jari); (3) **memilih proses las** untuk pelat atau pipa tipis dari bahan tertentu; (4) **menangani retak** dengan *stop drill* dan menjaga keselamatan kerja.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan fungsi mesin bor, bubut, frais, dan gerinda serta cara kerja aman di bengkel;
- menghitung putaran spindel dari kecepatan potong dan diameter;
- membedakan proses las gas, SMAW, MIG, dan TIG, serta memilih yang cocok untuk logam tipis pada pesawat;
- menjelaskan penyebab distorsi, fungsi *stop drill*, dan perlengkapan keselamatan kerja las.

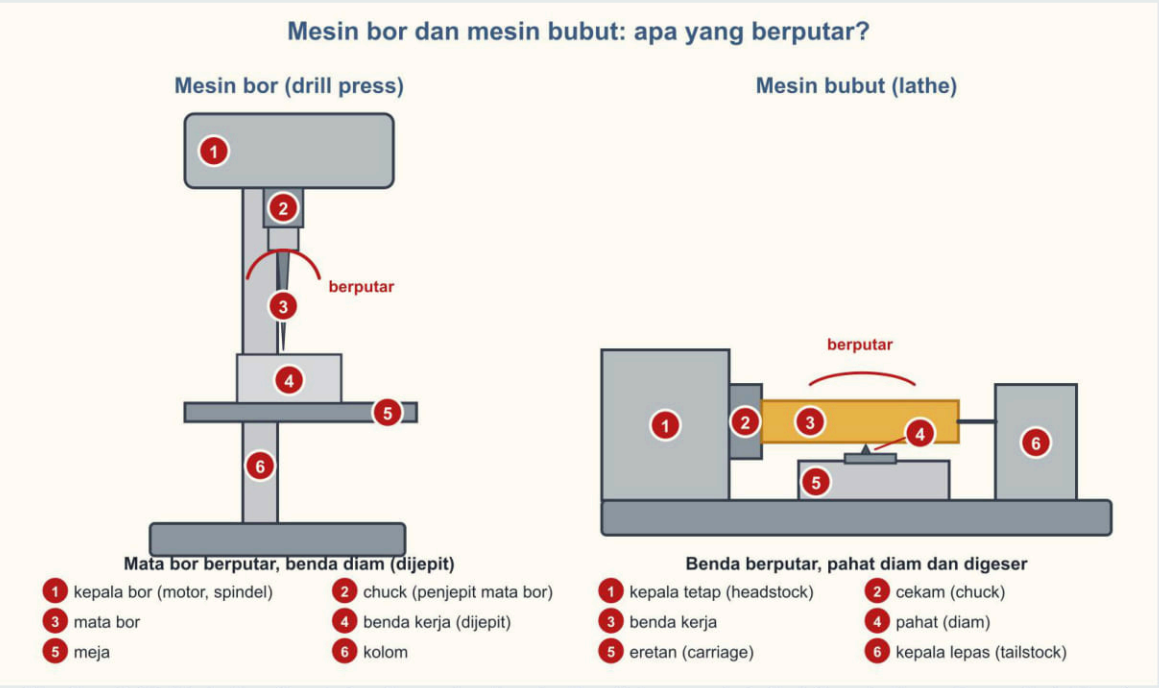
◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Teknisi perawatan tidak hanya membongkar dan memasang. Kadang ia harus **membuat** atau **memperbaiki** komponen kecil: selongsong (*bushing*), pengisi jarak (*spacer*), braket, atau pipa knalpot yang retak. Pekerjaan ini memakai dua kelompok proses. **Pemesinan** (*machining*) membentuk benda dengan membuang sebagian bahannya, misalnya dengan bor dan bubut. **Pengelasan** (*welding*) menyambung logam dengan melelehkannya. Pada pesawat, hasil kerja harus setara dengan komponen aslinya, jadi caranya harus tepat dan mengikuti manual. Banyak pekerjaan dikerjakan di bengkel khusus oleh orang yang berkualifikasi; kamu perlu memahami dasarnya agar dapat mengikuti dan menilai pekerjaan itu.

1. Mesin bor

Mesin bor (*drill press*) membuat lubang dengan ketepatan lebih baik daripada bor tangan. Mata bor dipasang pada **chuck** di ujung spindel, spindel diputar motor, dan benda kerja diletakkan di meja serta **dijepit** (Gambar 2.19).

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



Gambar 2.19 Mesin bor (mata bor berputar, benda diam) dan mesin bubut (benda berputar, pahat diam). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

Pada **mesin bor**, yang berputar adalah **mata bor**, sedangkan benda diam. Mata bor memotong dengan dua sisi tajam di ujungnya yang membentuk sudut sekitar 118°. Untuk baja, cara kerja yang baik adalah:

1. **Beri titik pusat** dengan penitik pusat agar mata bor tidak meleset.
2. **Jepit benda kerja.** Benda yang ikut berputar bersama mata bor dapat melukai dan mematahkan mata bor.
3. **Atur putaran sesuai bahan dan diameter** (bagian 3 di bawah).
4. **Beri tekanan yang tetap.** Mata bor harus terus memotong. Bila hanya bergesek tanpa memotong, panas naik dan permukaan baja tahan karat mengeras (*work hardening*), sehingga mata bor makin sulit memakan.
5. **Beri cairan pemotong** (*cutting fluid*) pada bahan keras agar mata bor lebih dingin dan awet.
6. **Bor kecil lebih dulu** (lubang pengantar), baru perbesar ke ukuran akhir, lalu buang gerigi tepi lubang.

Bahan keras seperti baja tahan karat dibor dengan **mata bor tajam dari baja kecepatan tinggi** (*high-speed steel*), **putaran rendah**, **tekanan tetap**, dan **cairan pemotong**. Menurut *handbook* FAA, tindakan pencegahan pada mesin bor adalah: pakai pelindung mata, jepit benda dengan kuat, atur putaran yang tepat, jangan biarkan spindel turun melewati batas geraknya, hentikan mesin sebelum menyetel benda atau mengambil benda yang macet, dan bersihkan area setelah selesai.

2. Mesin bubut, frais, dan gerinda

Mesin bubut (*lathe*) membentuk benda yang bulat. **Benda kerja dijepit di chuck dan diputar**, sedangkan **pahat diam** dan digeser mendekat atau sejajar sumbu benda (Gambar 2.19). Operasi dasarnya: **membubut luar** (memperkecil diameter), **membubut muka** (meratakan ujung), **mengebor** lewat kepala lepas, **memotong** benda, dan **membuat ulir**. Bagian utama: **alas mesin** (*bed*), **kepala tetap** (*headstock*) dengan chuck, **eretan** (*carriage*) yang membawa pahat, dan **kepala lepas** (*tailstock*) yang menahan ujung benda panjang.

Menurut *handbook* FAA, tindakan pencegahan pada mesin bubut adalah: pakai pelindung mata; pakai pahat yang tajam; biarkan chuck berhenti sendiri dan **jangan menghentikannya dengan tangan**; periksa alat dan benda sebelum bekerja; **jangan meletakkan alat di atas mesin** karena dapat terbawa putaran dan terlempar; dan hentikan mesin sebelum mengukur benda.

Mesin frais (*milling machine*) bekerja kebalikannya: **pemotong yang berputar**, sedangkan benda kerja digeser di mejanya. Mesin ini dipakai untuk meratakan permukaan, membuat alur, atau lubang pasak. Aturan keselamatannya: pakai pelindung mata, bersihkan meja, jepit benda kuat-kuat, jangan mengubah kecepatan umpan saat bekerja, dan turunkan meja sebelum bergerak di bawah benda.

Mesin gerinda (*grinder*) menajamkan alat dan menghaluskan logam dengan membuang bahan sedikit demi sedikit. Pakai pelindung mata walaupun mesin memiliki perisai, periksa

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

batu gerinda dari retak, jangan memaksa memasang batu pada poros, dan **jangan berdiri di garis putaran batu** bila batu pecah.

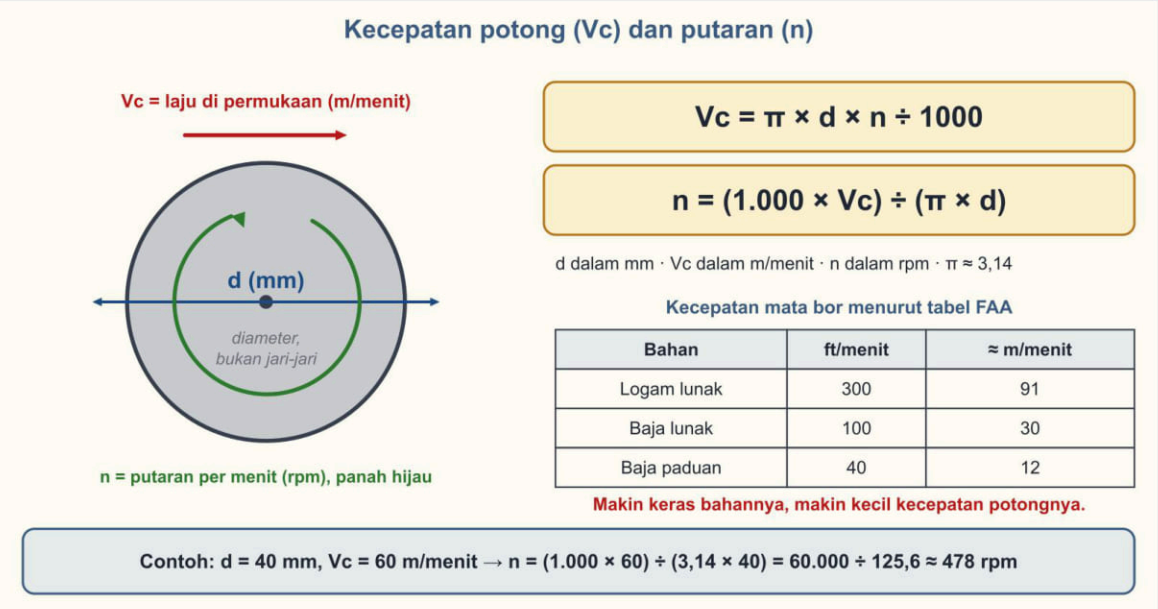
3. Kecepatan potong dan putaran

Kecepatan potong (*cutting speed*, simbol Vc) adalah laju titik di tepi benda atau mata bor yang bergesek dengan bahan, dinyatakan dalam meter per menit. Setiap pasangan bahan dan alat punya kecepatan potong yang baik. Bila terlalu cepat, alat cepat panas dan tumpul. Bila terlalu lambat, pekerjaan tidak efisien. **Makin keras bahannya, makin kecil kecepatan potongnya.**

Mesin tidak diatur dalam meter per menit, melainkan dalam **putaran per menit** (*revolutions per minute*, rpm, simbol n). Hubungannya dapat diturunkan dengan mudah. Satu putaran membawa titik di tepi menempuh keliling lingkaran, yaitu π × d. Dalam n putaran per menit, jarak tempuh = π × d × n. Karena d dalam milimeter dan Vc dalam meter, bagi dengan 1.000:

Vc = (π × d × n) ÷ 1.000, sehingga **n = (1.000 × Vc) ÷ (π × d)**.

Di sini **d adalah diameter** benda kerja (pada bubut) atau diameter mata bor (pada bor), **bukan jari-jari**. Memakai jari-jari membuat hasil dua kali terlalu besar.



Gambar 2.20 Hubungan kecepatan potong (Vc), diameter (d), dan putaran (n). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia; nilai ft/menit dari tabel kecepatan mata bor dalam FAA Aviation Maintenance Technician Handbook-General (domain publik).

Contoh hitungan pada Gambar 2.20: d = 40 mm dan Vc = 60 m/menit memberi n = (1.000 × 60) ÷ (3,14 × 40) = 60.000 ÷ 125,6 ≈ 478 rpm. Mesin biasanya hanya punya beberapa pilihan putaran. **Pilih putaran terdekat yang tidak melebihi hasil hitungan**, supaya mata bor atau pahat tidak cepat aus. Misalnya, bila mesin memiliki putaran 250, 355, 500, dan 710 rpm, pilih 355 rpm.

Handbook FAA memuat tabel kecepatan mata bor: sekitar 300 ft/menit untuk logam lunak, 100 ft/menit untuk baja lunak, dan 40 ft/menit untuk baja paduan. Dalam satuan metrik, 1 ft = 0,3048 m, sehingga angka itu kira-kira 91, 30, dan 12 m/menit. Tabel itu menunjukkan

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

prinsipnya: bahan yang lebih keras dibor lebih lambat. Pada soal, angka kecepatan potong selalu diberikan.

4. Dasar pengelasan

Pengelasan menyambung dua logam dengan **melelehkan tepinya** sehingga keduanya mengalir dan menyatu. Dua proses lain yang mirip tetapi berbeda: **mematri keras** (*brazing*) memanaskan logam hanya sampai melelehkan batang pengisi yang titik lelehnya lebih rendah, di atas sekitar 425 °C; **menyolder** serupa dengan suhu lebih rendah. Menurut AC 43.13-1B, hasil *brazing* tidak sekuat las, sehingga **tidak dipakai untuk perbaikan struktur pesawat**.

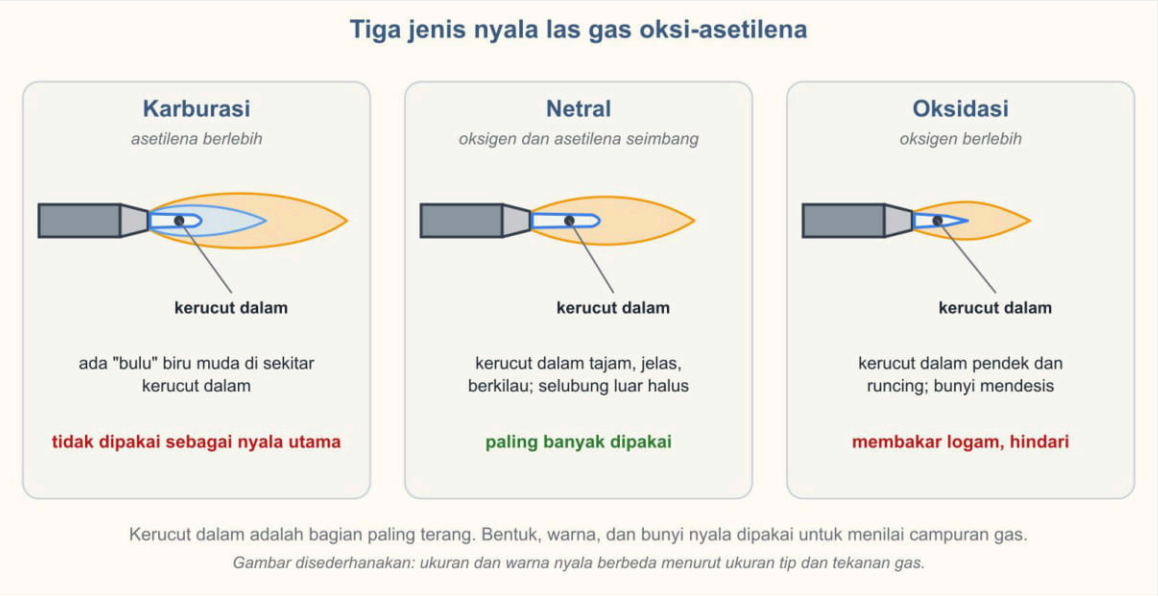
Empat proses las yang perlu kamu kenal:

- **Las gas** (*oxy-acetylene*): campuran asetilena dan oksigen menghasilkan nyala yang sangat panas (sekitar 3.480 °C menurut AC 43.13-1B). Batang pengisi dilelehkan ke kawah las.
- **SMAW** (*shielded metal arc welding*, las busur elektroda terbungkus, "las listrik biasa"): elektroda terbungkus **fluks** menimbulkan **terak** (*slag*) yang melapisi las dan harus dibuang.
- **GMAW** atau **MIG** (*gas metal arc welding*): kawat elektroda diumpankan terus dengan gas pelindung. Menurut AC 43.13-1B, proses ini lebih banyak dipakai untuk produksi dalam jumlah besar daripada perbaikan pesawat.
- **GTAW** atau **TIG** (*gas tungsten arc welding*): busur antara **elektroda tungsten yang tidak ikut meleleh** dan benda kerja, dengan gas mulia (argon atau helium) yang menyelimuti kawah las; batang pengisi ditambahkan dengan tangan lain. AC 43.13-1B menyebut TIG sebagai bentuk las busur yang **memenuhi sebagian besar kebutuhan perawatan pesawat**.

Las gas dapat dipakai untuk banyak logam, tetapi menurut AC 43.13-1B **bukan cara terbaik untuk baja tahan karat, magnesium, dan paduan aluminium** karena logam mudah teroksidasi, melengkung, dan kehilangan kelenturan. Bila memang dipakai, **fluks harus dibersihkan** setelah selesai, karena sisa fluks menyebabkan korosi.

Pada las gas, **jenis nyala** menentukan mutu las (Gambar 2.21). **Nyala netral** (oksigen dan asetilena seimbang) memiliki kerucut dalam yang tajam dan jelas, dan itu yang paling banyak dipakai. **Nyala karburasi** (asetilena berlebih) memiliki "bulu" di sekitar kerucut dalam. **Nyala oksidasi** (oksigen berlebih) memiliki kerucut dalam pendek dan runcing dengan bunyi mendesis, dan membakar logam. Bentuk, warna, dan bunyi nyala dipakai teknisi untuk menilai campuran gas.

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



Gambar 2.21 Nyala karburasi, netral, dan oksidasi pada las gas oksi-asetilena (ilustrasi disederhanakan). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gambar 2.22 menunjukkan juru las TIG beserta skema cara kerjanya.



Gambar 2.22 Juru las TIG dengan perlengkapan pelindung (foto) dan skema cara kerja las TIG (digambar sendiri). Sumber foto: U.S. Navy (Mass Communication Specialist 2nd Class Jason T. Poplin), domain publik, melalui Wikimedia Commons; diberi label Indonesia oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Mengapa TIG cocok untuk logam tipis? Busurnya halus dan dapat dikendalikan, **panas masukannya dapat dibuat rendah**, tidak menghasilkan **terak** atau fluks yang tersisa, dan gas pelindung mencegah oksigen merusak kawah las. Itu sebabnya pelat tipis baja tahan karat dan pipa knalpot biasanya dilas dengan TIG.

Arus las dipilih menurut logamnya. Menurut AC 43.13-1B, TIG pada **aluminium dan magnesium** memakai **arus bolak-balik (AC)**, sedangkan **baja, baja tahan karat, dan**

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

titanium memakai **arus searah (DC) polaritas lurus**. Pengelasan komponen pesawat hanya dilakukan oleh juru las yang memiliki **kualifikasi** untuk kelompok logam yang dilas; AC 43.13-1B menyebut empat kelompok: baja 4130, baja tahan karat, aluminium, dan titanium.

5. Distorsi, retak, dan *stop drill*

Logam memuai saat dipanaskan dan menyusut saat dingin. Pada pengelasan, pemanasan dan pendinginan yang tidak merata menimbulkan **distorsi** (melengkung atau berubah bentuk) dan tegangan sisa. Cara mengurangi distorsi: **menjaga panas masukan serendah mungkin**, **menjepit benda dengan jig**, mengelas titik-titik pengikat (*tack weld*) lebih dulu, mengatur urutan pengelasan agar panas tersebar, dan membiarkan benda dingin perlahan.

Retak pada logam bersifat berbahaya karena merambat bila komponen terus menerima beban berulang. Di **ujung retak** yang runcing, tegangan menumpuk, sehingga retak memanjang sedikit demi sedikit. Cara menahannya sementara adalah ***stop drill***: membuat **lubang kecil tepat di ujung retak** (Gambar 2.23). Ujung yang tadinya runcing menjadi bulat, sehingga tegangan menyebar dan retak tertahan. Menurut AC 43.13-1B, lubang kecil sekitar 3/32 atau 1/8 inci (sekitar 2,4 atau 3,2 mm) dibor di ujung-ujung retak pada komponen struktur; ukuran pastinya mengikuti manual.



Gambar 2.23 Retak tanpa dan dengan stop drill di ujungnya. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Tiga hal yang harus diingat tentang *stop drill*. Pertama, **lubang harus tepat di ujung retak yang sebenarnya**, yang bisa lebih jauh daripada yang terlihat mata; pemeriksaan dengan cairan penetran membantu menemukannya. Kedua, ***stop drill* hanya menahan perambatan**, bukan memperbaiki; perbaikan tetap mengikuti manual (misalnya penguat atau penggantian). Ketiga, **retak tidak boleh dilas begitu saja** tanpa menghilangkan retaknya dan tanpa prosedur: las atas retak yang masih merambat akan retak lagi.

Untuk perbaikan pipa, termasuk pipa knalpot, AC 43.13-1B menekankan agar perbaikan las

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

sama dengan las aslinya: kenali jenis logam, kenali proses las yang dipakai semula, lalu tentukan cara perbaikan terbaik. Bagian yang akan dilas dibersihkan, dipasang pada posisi tepat, dan setelah dilas hasilnya diperiksa.

6. Keselamatan kerja pemesinan dan pengelasan

- **Pelindung mata** untuk semua pekerjaan mesin. Rambut panjang diikat, lengan baju tidak menjuntai, dan tidak memakai perhiasan.
- **Benda dijepit, alat tidak diletakkan di atas mesin**, mesin dihentikan sebelum disetel atau diukur.
- **Pelindung las**: *handbook* AC 43.13-1B menyebut kaca penyaring hijau nomor 3 atau 4 untuk las gas, kaca nomor 9 sampai 12 dengan helm penutup wajah dan leher untuk las busur termasuk TIG, serta sarung tangan, lengan, celemek, dan sepatu bertali. Pakaian pelindung **harus bebas oli dan gemuk**, karena oli yang bertemu oksigen dapat terbakar hebat.
- **Area bebas bahan mudah terbakar**, dengan alat pemadam kebakaran yang sesuai. Percikan las dapat terbang sampai sekitar 35 kaki (±11 m).
- **Jangan mengelas tangki atau wadah yang pernah berisi bahan bakar** tanpa dibersihkan dan dibilas dengan gas lembam; ledakan dapat terjadi.
- **Tabung gas diikat** agar berdiri tegak; **jangan memeriksa kebocoran dengan api**, pakai larutan pendeteksi kebocoran.
- **Las pada pesawat dilakukan di luar bila mungkin.** Bila terpaksa di hanggar, menurut *handbook* FAA tangki bahan bakar tidak boleh dibuka, pengecatan dilarang, tidak ada pesawat dalam jarak 35 kaki, ada petugas jaga api, area dipasangi tali dan papan peringatan, dan **hanya juru las berkualifikasi** yang bekerja.

CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1: menghitung putaran bubut dan bor dari kecepatan potong

Pada 2026, Rini membubut selongsong baja dari batang Ø40 mm dan mengebor lubang Ø8 mm pada baja lunak. Menurut tabel bengkel latihan, kecepatan potong bubut 60 m/menit dan kecepatan potong bor 30 m/menit. Mesin bubut punya putaran 250, 355, 500, dan 710 rpm; mesin bor punya 600, 900, 1.200, dan 1.800 rpm. Tentukan putaran yang dipilih untuk masing-masing, dengan syarat tidak melebihi hasil hitungan. *(Kasus fiktif; angka menurut kartu kerja latihan, π = 3,14.)*

1. **Bubut.** n = (1.000 × Vc) ÷ (π × d) = (1.000 × 60) ÷ (3,14 × 40) = 60.000 ÷ 125,6 ≈ 478 rpm.
2. **Pilih putaran bubut.** Yang tidak melebihi 478 rpm: 250 dan 355. Dipilih **355 rpm** (terdekat).
3. **Bor.** n = (1.000 × 30) ÷ (3,14 × 8) = 30.000 ÷ 25,12 ≈ 1.194 rpm.
4. **Pilih putaran bor.** Yang tidak melebihi 1.194 rpm: 600 dan 900 (1.200 sedikit melebihi). Dipilih **900 rpm**.

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

Jawaban: bubut 355 rpm, bor 900 rpm. Cek akal sehat: mata bor kecil diputar lebih cepat (900 rpm) daripada benda besar di bubut (355 rpm), sesuai rumus karena n berbanding terbalik dengan diameter. Bila jari-jari dipakai sebagai pengganti diameter, hasilnya dua kali lipat, yaitu sekitar 955 rpm untuk bubut, jelas terlalu tinggi.

Contoh 2: memilih proses las dan jenis arus

Pada 2027, bengkel komponen yang disetujui menerima dua pekerjaan: (a) braket aluminium tipis 1,2 mm yang retak, dan (b) pipa baja tahan karat tipis pada sistem pembuangan yang retak 20 mm. Pada kedua pekerjaan, panas masukan harus rendah dan tidak boleh ada terak. Tentukan proses las dan jenis arus yang cocok. *(Kasus fiktif.)*

1. **Singkirkan proses yang tidak cocok.** SMAW menimbulkan terak dan terlalu panas untuk logam tipis. Las gas bukan cara terbaik untuk aluminium dan baja tahan karat, serta memerlukan fluks yang menimbulkan risiko korosi. *Brazing* tidak dipakai untuk perbaikan struktur.
2. **Pilih proses.** TIG: panas masukan dapat rendah, tanpa terak, dengan gas pelindung. MIG lebih cocok untuk produksi besar.
3. **Pilih arus untuk (a).** Aluminium memakai **arus bolak-balik (AC)** dengan gas argon.
4. **Pilih arus untuk (b).** Baja tahan karat memakai **arus searah (DC) polaritas lurus**; sisi dalam pipa juga dilindungi gas.

Jawaban: kedua pekerjaan memakai las TIG; (a) dengan AC, (b) dengan DC polaritas lurus, dan dikerjakan juru las yang berkualifikasi untuk logam itu. Cek akal sehat: pilihan memenuhi syarat soal (rendah panas, tanpa terak) dan sesuai kelompok logam.

Contoh 3: menentukan letak *stop drill*

Pada 2027, Sari menemukan retak pada flens rusuk aluminium. Dari tepi bebas, retak yang tampak panjangnya 42 mm. Pemeriksaan penetran menunjukkan ujung retak yang sebenarnya berada 44 mm dari tepi. Menurut kartu kerja latihan, *stop drill* memakai mata bor Ø3,2 mm (1/8 inci), dan pusat lubang ditempatkan 1 mm di depan ujung retak sebenarnya. Tentukan jarak pusat lubang dari tepi dan periksa apakah ujung retak berada di dalam lubang. *(Kasus fiktif; angka menurut kartu kerja latihan.)*

1. **Ujung retak sebenarnya.** 44 mm dari tepi (bukan 42 mm yang tampak).
2. **Pusat lubang.** 44 + 1 = 45 mm dari tepi.
3. **Jari-jari lubang.** 3,2 ÷ 2 = 1,6 mm. Lubang membentang dari 45 − 1,6 = 43,4 mm sampai 45 + 1,6 = 46,6 mm.
4. **Periksa.** Ujung retak di 44 mm berada di antara 43,4 dan 46,6 mm, jadi berada di dalam lubang.

Jawaban: pusat lubang 45 mm dari tepi, dan ujung retak berada di dalam lubang. Cek akal sehat: tepi lubang terjauh (46,6 mm) berada 2,6 mm di depan ujung retak (44 mm), sehingga masih ada ruang aman. Bila lubang dibor menurut ujung yang tampak (pusat 43 mm), lubang berakhir di 44,6 mm, dan ujung sebenarnya hanya 0,6 mm dari tepi lubang: ruang amannya hampir habis. Setelah itu, perbaikan tetap mengikuti manual.

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

❖ PETA KONSEP

Gambar 2.24 merangkum isi sub bab ini.



Gambar 2.24 Peta konsep dasar pemesinan dan pengelasan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Yang harus kamu ingat:

- **Bor:** benda dijepit; mata bor tajam, bahan keras diputar lambat dengan tekanan tetap dan cairan pemotong; bor kecil dulu.
- **Bubut:** benda berputar, pahat diam. **Frais:** pemotong berputar. Pelindung mata, benda dijepit, alat tidak di atas mesin.
- **n = (1.000 × Vc) ÷ (π × d)**, dengan **d diameter**. Pilih putaran terdekat yang tidak melebihi hasil.
- **TIG** (tungsten, gas mulia, tanpa terak, panas rendah) memenuhi sebagian besar kebutuhan perawatan; AC untuk aluminium, DC untuk baja dan baja tahan karat.
- **Brazing tidak untuk struktur.** Las gas bukan terbaik untuk baja tahan karat dan aluminium.
- **Retak:** *stop drill* di ujung retak sebenarnya, hanya menahan; perbaikan tetap menurut manual.
- **K3 las:** kaca penyaring, pakaian bebas oli, bebas bahan mudah terbakar, tabung diikat, hanya juru las berkualifikasi.

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

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal pemesinan dan pengelasan:

1. **Tulis bahan, ketebalan, dan syarat** yang disebut di soal (panas rendah, tanpa terak, bahan keras).
2. **Untuk hitungan, tulis rumus dan satuan** lebih dulu, lalu hitung dengan diameter.
3. **Cocokkan proses dengan syarat**: singkirkan proses yang menimbulkan terak, panas berlebih, atau bukan las.
4. **Periksa keselamatan**: pilihan yang menaikkan risiko (alat di atas mesin, tangan menghentikan chuck, api di dekat bahan bakar) hampir selalu salah.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Baja tahan karat dibor dengan putaran tinggi dan tekanan ringan** agar "tidak panas". Hasilnya bergesek, mengeras, dan mata bor tidak lagi memakan.
- **Putaran dihitung dengan jari-jari** sehingga hasil dua kali terlalu besar.
- **Putaran dibulatkan ke atas** padahal syaratnya tidak melebihi hasil hitungan.
- **Putaran diturunkan lagi "agar aman"** padahal putaran yang sudah tidak melebihi hasil adalah yang diminta.
- ***Brazing* atau patri dianggap sama dengan las** untuk perbaikan struktur.
- **SMAW dipilih karena "mudah dibawa"**, padahal terak dan panasnya tidak cocok untuk logam tipis.
- **Retak dilas langsung** tanpa *stop drill*, dan *stop drill* dianggap sudah memperbaiki.
- **Kacamata las saja dianggap cukup** padahal pakaian, sarung tangan, dan area kerja juga diatur.

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa menghitung putaran bubut untuk benda Ø30 mm dengan Vc = 45 m/menit sebagai n = (1.000 × 45) ÷ (3,14 × 15) ≈ 955 rpm, karena memakai jari-jari 15 mm. Yang tepat memakai diameter 30 mm: n = 45.000 ÷ 94,2 ≈ 478 rpm.

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut membahas cara mengebor baja tahan karat saat bor cepat panas dan dasar lubang mengilap keras. Pakai bagian 1 (mesin bor) dan perhatikan tiap unsur perbaikan, yaitu mata bor, putaran, tekanan, dan cairan.

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

►. Fajar, siswa magang di bengkel komponen, harus mengebor empat lubang Ø4,8 mm pada braket baja tahan karat (stainless steel) untuk dudukan kabel pada 2027. Sebelumnya ia terbiasa mengebor pelat aluminium dengan putaran tinggi tanpa cairan pendingin. Pada percobaan pertama, ujung mata bor cepat panas, dasar lubang tampak mengilap keras, dan bor tidak lagi memakan.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Perbaikan cara kerja yang paling tepat adalah ....

A. Menaikkan putaran, menekan ringan, dan meniupkan udara agar mata bor tetap dingin
B. Mempertahankan putaran, menekan sesekali, dan menunggu mata bor dingin tiap lubang
C. Mengasah bor, menurunkan putaran, menekan tetap, tetapi tanpa cairan agar bersih
D. Memakai bor lebih kecil, menekan tetap, lalu memperbesar lubang dengan kikir bulat
E. Mengasah bor, menurunkan putaran, menekan tetap, dan memakai cairan potong

Pembahasan **Kunci: E**

Konsep: Baja tahan karat dibor dengan putaran rendah, tekanan tetap agar mata bor terus memotong, mata bor tajam, dan cairan pemotong. Gesekan tanpa pemotongan menimbulkan pengerasan (work hardening) di dasar lubang.

Langkah:
1. Gejala: panas, dasar lubang mengilap keras → pengerasan karena gesekan.
2. Perbaikan: mata bor tajam, putaran rendah, tekanan tetap, cairan pemotong.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Putaran tinggi dan tekanan ringan justru membuat mata bor bergesek dan memperparah pengerasan.
• **B.** ✗ Jebakan: menekan sesekali membuat mata bor berputar tanpa memotong; dasar lubang makin keras.
• **C.** ✗ Jebakan: hampir lengkap, tetapi tanpa cairan pemotong mata bor tetap cepat panas dan pengerasan berlanjut.
• **D.** ✗ Kikir bulat tidak menghasilkan lubang presisi untuk dudukan kabel.
• **E.** ✓ Mencakup semua perbaikan: mata bor tajam, putaran rendah, tekanan tetap, cairan pemotong.

Jawaban: E.

✎ LATIHAN

Untuk tiap soal, tulis rumus atau syaratnya dulu, lalu singkirkan pilihan yang tidak memenuhi syarat.

1. Pada 2027, Nadia membubut bus (bushing) baja dari batang berdiameter 25 mm di bengkel pemesinan sekolah penerbangan. Tabel bengkel menganjurkan kecepatan potong (Vc) 24 m/menit untuk pahat HSS pada baja itu, dengan rumus $n = (1.000 \times Vc) \div (\pi \times d)$.

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

Mesin bubut hanya punya pilihan putaran 150, 230, 300, 420, dan 600 rpm. Instruktur meminta putaran terdekat yang tidak melebihi hasil hitungan.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Putaran yang dipilih Nadia adalah ....

A. 150 rpm
B. 230 rpm
C. 300 rpm
D. 420 rpm
E. 600 rpm

2. Pada 2027, bengkel komponen yang disetujui menerima pipa knalpot baja tahan karat setebal 0,8 mm yang retak sepanjang 15 mm. Data perbaikan pabrikan mengizinkan penyambungan dengan las, dengan syarat panas masukan rendah, tidak ada sisa terak atau fluks, dan sisi dalam pipa dilindungi gas pelindung (back purging). Kiki, siswa magang, diminta mengusulkan proses las sebelum juru las bersertifikat bekerja.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Usulan proses las yang paling tepat adalah ....

A. Las elektroda terbungkus (SMAW), karena peralatannya paling mudah dibawa
B. Las MIG kawat berinti fluks, karena pengelasannya cepat untuk retak pendek
C. Patri kuningan (brazing), karena suhunya rendah sehingga pipa tidak melengkung
D. Las TIG (GTAW) dengan gas argon, karena busurnya halus dan tanpa terak
E. Las oksi-asetilena dengan fluks, karena nyalanya dapat diatur sangat kecil

Kunci singkat: 1. C 2. D

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa rumus putaran memakai diameter dan bukan jari-jari?
- Mengapa *stop drill* tidak dianggap memperbaiki retak?
- **Yang harus kuingat:** bahan keras dibor lambat dengan tekanan tetap dan cairan; n = 1.000 × Vc ÷ (π × d); TIG paling cocok untuk logam tipis tanpa terak; *brazing* tidak untuk struktur; *stop drill* tepat di ujung retak sebenarnya dan hanya menahan perambatan.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 2.4: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.
next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktpu&node=SMKTPU-2.4

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

Sub bab 2.5 · Peralatan gambar teknik

SMKTPU-2.5

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi (elemen 2, teknik dasar proses perawatan) meminta kamu **mengenali macam dan fungsi peralatan gambar teknik** yang dipakai pada gambar manual perawatan pesawat. Levelnya pemahaman sampai aplikasi: kamu diminta memilih alat yang tepat untuk elemen gambar tertentu dan menghitung ukuran gambar pada skala tertentu.

Pola soal yang sering muncul: (1) **memilih alat** untuk elemen gambar: garis lurus, banyak lingkaran kecil, lingkaran besar, atau lengkung yang tidak beraturan seperti pipa melengkung; (2) **menghitung skala** dan membandingkannya dengan bidang gambar yang tersedia; (3) **menilai pernyataan** tentang cara memakai skala, jenis garis, atau sumbu isometrik.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menyebutkan ukuran kertas seri A, garis tepi, dan isi etiket gambar;
- memilih alat gambar yang tepat untuk elemen gambar tertentu;
- membedakan jenis dan tebal garis serta fungsinya;
- menghitung ukuran gambar pada skala tertentu, dan menggambar isometrik sederhana dengan sumbu 30°.

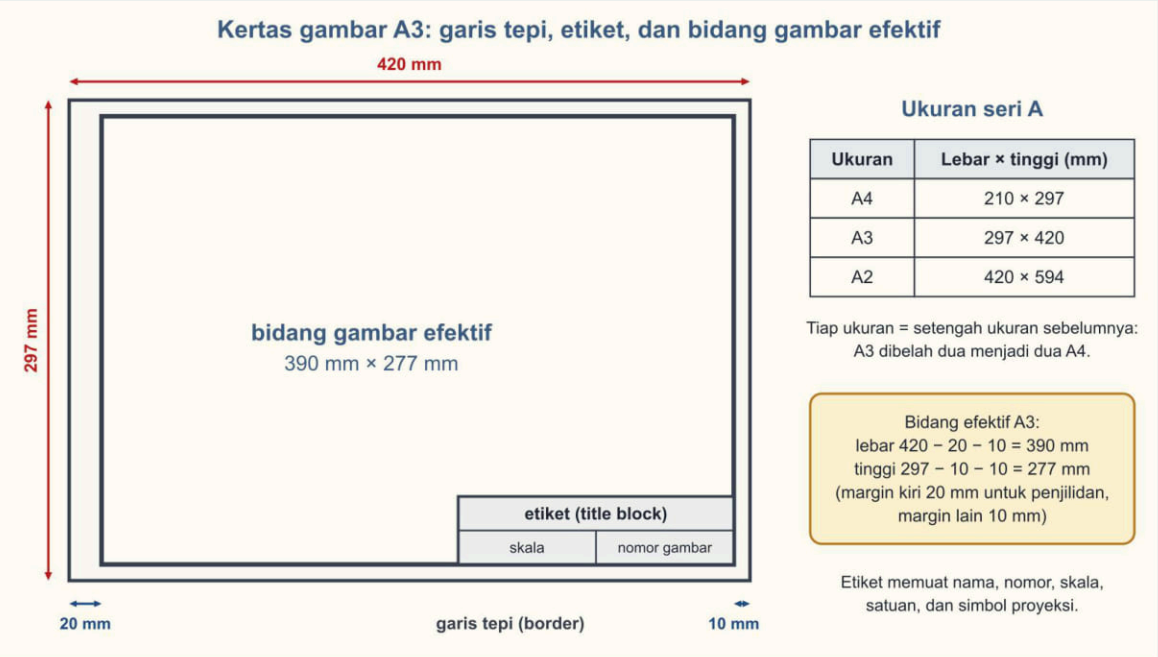
◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Gambar adalah **bahasa teknik**. Manual perawatan pesawat memakai gambar untuk menunjukkan bentuk komponen, letak lubang, dan ukuran. Teknisi harus dapat **membaca** gambar dan, bila perlu, **membuat sketsa atau gambar perbaikan** yang benar. Gambar yang dibuat dengan alat yang tepat dan aturan yang sama dapat dibaca oleh siapa pun, di mana pun. Karena itu gambar teknik memiliki standar internasional, antara lain dari ISO (*International Organization for Standardization*) dan ANSI (*American National Standards Institute*). Sub bab ini membahas alat dan aturan dasarnya. Sub bab 2.6 membahas cara membaca proyeksi.

1. Kertas gambar, garis tepi, dan etiket

Ukuran kertas gambar mengikuti **seri A**. Ukuran dasarnya A0 seluas 1 m^2, dan tiap ukuran berikutnya adalah **setengah** ukuran sebelumnya: A3 dibelah dua menjadi dua A4. Ukuran yang paling sering dipakai di kelas dan bengkel adalah A4 (210 mm × 297 mm) dan A3 (297 mm × 420 mm). Pada Gambar 2.25, kertas A3 diletakkan mendatar, 420 mm lebar dan 297 mm tinggi.

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



Gambar 2.25 Kertas gambar A3: garis tepi, etiket, dan bidang gambar efektif. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Gambar tidak dibuat sampai ke tepi kertas. Gambar diberi **garis tepi** (*border*) berupa garis tebal. Umumnya (menurut standar ISO) margin kiri 20 mm untuk penjilidan dan margin lain 10 mm. Daerah di dalam garis tepi disebut **bidang gambar efektif**. Untuk A3, lebarnya 420 − 20 − 10 = 390 mm dan tingginya 297 − 10 − 10 = 277 mm. Etiket memakan sebagian bidang itu, jadi ruang gambar yang sebenarnya sedikit lebih kecil. Ukuran margin di sekolah atau perusahaanmu dapat berbeda sedikit; ikuti ketentuan yang berlaku.

Di kanan bawah ada **etiket** (*title block*). Menurut *handbook* FAA, etiket memuat antara lain nomor gambar, nama komponen, skala, tanggal, nama perusahaan, dan nama pembuat, pemeriksa, serta penyetuju gambar. Nomor gambar ada di kotak nomor di sudut kanan bawah etiket agar gambar mudah diidentifikasi. Etiket juga memuat **simbol proyeksi** dan satuan ukuran (sub bab 2.6).

2. Alat gambar manual dan fungsinya

Pada gambar manual, kertas dipasang rata pada **papan gambar** dengan pita perekat. Gambar 2.26 menunjukkan alat yang dipakai.

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



Gambar 2.26 Peralatan gambar teknik manual dan fungsinya (ilustrasi disederhanakan). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

- **Penggaris T** (*T-square*) memiliki kepala yang menempel pada tepi papan dan batang yang digeser naik turun. Penggaris T menghasilkan **garis mendatar yang sejajar** dan menjadi alas tempat segitiga ditumpangkan.
- **Segitiga** (*set squares*) ada dua jenis: **segitiga 45°** (siku-siku sama kaki) dan **segitiga 30°–60°**. Diletakkan di atas penggaris T, keduanya menghasilkan **garis tegak** dan garis miring 45°, 30°, serta 60°. Dengan menggabungkan keduanya, kamu dapat membuat sudut kelipatan 15°, misalnya 15° dan 75°.
- **Jangka** (*compass*) menggambar **lingkaran dan busur**. Satu kaki berujung jarum diletakkan di titik pusat, dan kaki lain membawa pensil. Untuk lingkaran sangat kecil dipakai jangka pegas atau mal lingkaran.
- **Mal lingkaran** (*circle template*) adalah pelat berlubang bulat dengan berbagai diameter standar. Ia dipakai untuk **banyak lingkaran kecil yang seragam** dengan cepat, misalnya deretan lubang rivet. Lingkaran yang lebih besar daripada lubang terbesar pada mal digambar dengan jangka.
- **Kurva Prancis** (*French curve*) adalah pelat berbentuk lengkungan dengan kelengkungan yang berubah-ubah. Ia dipakai untuk **lengkung yang tidak beraturan**, yaitu yang bukan busur lingkaran dan bukan garis lurus, misalnya profil sayap atau pipa yang melengkung. Kurva Prancis tidak dipakai untuk garis lurus atau lingkaran.
- **Busur derajat** (*protractor*) mengukur dan membuat sudut yang bukan kelipatan 15°.
- **Skala segitiga** (*triangular scale*) adalah penggaris berpenampang segitiga dengan beberapa skala pada tiap sisinya (biasanya enam). Ia membantu menggambar dan membaca ukuran tanpa menghitung ulang tiap angka.
- **Pensil** dibedakan menurut kekerasan. Huruf **H** berarti keras (garis tipis dan terang), **B** berarti lunak (garis tebal dan gelap), dan **HB** di antara keduanya. Garis tipis dibuat

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

dengan pensil yang lebih keras, dan garis tebal dengan yang lebih lunak. **Penghapus** dan pelindung penghapus dipakai untuk mengoreksi tanpa merusak garis di dekatnya. Gambar yang akan diperbanyak sering dibuat pada kertas kalkir (kertas tembus cahaya).

Saat ini sebagian besar gambar dibuat dengan komputer (CAD), tetapi prinsip alat manual tetap diajarkan karena dasarnya sama: garis, lingkaran, lengkung, sudut, dan skala.

3. Jenis dan tebal garis

Setiap gambar tersusun dari garis, dan **jenis garis menentukan artinya**. Menurut *handbook* FAA, garis menandai batas, tepi, dan perpotongan permukaan, menunjukkan ukuran dan permukaan tersembunyi, serta menandai pusat. Kalau semua garis sama, gambar menjadi kumpulan garis yang tidak bermakna. Gambar 2.27 merangkum jenis garis yang paling sering dipakai.



Gambar 2.27 Jenis garis pada gambar teknik dan fungsinya, beserta penerapannya pada pelat berlubang. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

- **Garis tampak** (*visible line*, garis tebal kontinu) menggambar tepi dan sisi benda yang terlihat.
- **Garis tipis kontinu** dipakai untuk **garis ukuran**, **garis bantu**, dan **arsir** (garis miring pada potongan).
- **Garis tersembunyi** (*hidden line*, putus-putus) menggambar tepi yang tertutup benda sehingga tidak terlihat dari arah pandang.
- **Garis sumbu** (*center line*, titik-garis tipis) menandai pusat lubang, poros, atau garis simetri.
- **Garis potong** (garis rantai dengan ujung tebal) menandai letak bidang potong.
- **Garis patah** (zigzag atau gelombang tipis) menunjukkan bagian benda yang dipotong

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

dan tidak digambar seluruhnya.

Tebal garis memiliki tiga tingkat: tipis, sedang, dan tebal (menurut *handbook* FAA). Pada ISO, perbandingan garis tebal terhadap garis tipis kira-kira 2 : 1, misalnya 0,5 mm dan 0,25 mm. Garis tampak harus jelas lebih tebal daripada garis ukuran, karena garis tampak adalah bentuk benda itu sendiri.

4. Skala

Benda yang besar tidak muat bila digambar sebesar aslinya, dan benda yang sangat kecil sulit dilihat bila digambar sebesar aslinya. Karena itu gambar dibuat dengan **skala**, yaitu perbandingan ukuran **pada gambar** terhadap ukuran **benda sebenarnya**.

- **Skala 1:1** artinya ukuran gambar sama dengan ukuran asli.
- **Skala 1:n** (misalnya 1:2, 1:5, 1:10) adalah **pengecilan**. Ukuran gambar = ukuran benda ÷ n.
- **Skala n:1** (misalnya 2:1, 5:1) adalah **pembesaran**. Ukuran gambar = ukuran benda × n.

Pada Gambar 2.28, benda yang sama dengan lebar 60 mm digambar pada skala 1:2 (30 mm), 1:1 (60 mm), dan 2:1 (120 mm). Perhatikan bahwa **angka ukuran yang ditulis di gambar selalu ukuran benda sebenarnya** (60), bukan ukuran gambar. Karena itu skala **tidak mengubah angka ukuran**, hanya mengubah besar gambarnya.



Gambar 2.28 Benda yang sama pada skala 1:2, 1:1, dan 2:1; angka ukuran tetap 60. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Skala yang dianjurkan oleh ISO antara lain 1:2, 1:5, 1:10, 1:20, serta 2:1, 5:1, dan 10:1. **Memilih skala:** pakai skala terbesar yang masih **muat di bidang gambar efektif**. Hitung ukuran gambar pada beberapa skala, lalu pilih yang pertama cukup kecil. Jangan mengambil ukuran dari gambar dengan mistar. Menurut *handbook* FAA, hasil cetak dapat sedikit berubah ukurannya karena perbesaran atau pengecilan, sehingga **ukuran yang benar adalah angka yang tertulis di gambar**.

5. Gambar isometrik

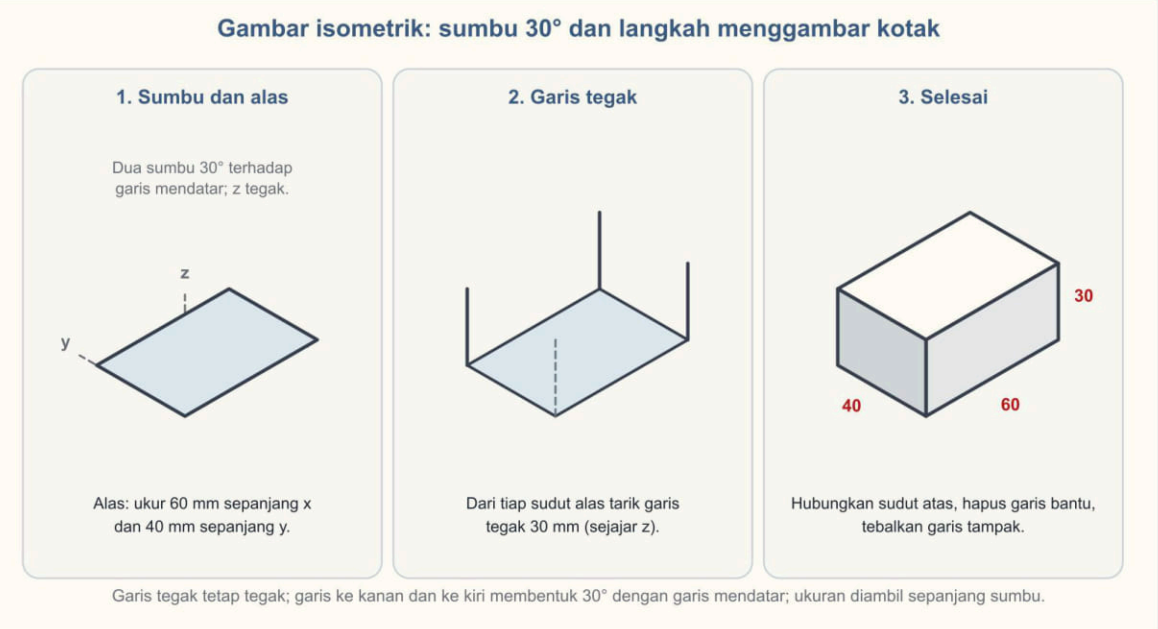
Gambar tampak (proyeksi ortogonal) menunjukkan tiap sisi benda secara terpisah. Untuk

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

menunjukkan bentuk tiga dimensi dalam satu gambar dipakai gambar **pictorial**, salah satunya **isometrik**. Menurut *handbook* FAA, garis pada gambar isometrik **sejajar dan berukuran seperti pada proyeksi ortogonal**, tidak seperti gambar perspektif yang garisnya menyempit ke kejauhan. Gambar isometrik dipakai dalam manual perawatan, misalnya untuk menunjukkan letak komponen.

Aturan isometrik (Gambar 2.29):

1. **Sumbu tegak** (z) digambar tegak lurus.
2. **Dua sumbu lain** (x dan y) membentuk **30° terhadap garis mendatar**, ke kanan dan ke kiri. Ketiga sumbu saling membentuk sudut 120°.
3. **Ukuran diambil sepanjang sumbu**, pada skala yang sama untuk ketiga sumbu.
4. Garis yang sejajar sumbu tetap sejajar sumbu itu.
5. Lingkaran pada gambar isometrik tampak sebagai **elips**.



Gambar 2.29 Langkah menggambar kotak 60 × 40 × 30 mm secara isometrik. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Kesalahan yang umum adalah memiringkan garis tegak atau memakai sudut 45° sebagai pengganti 30°. Garis tegak tetap tegak, dan garis tepi alas membentuk 30°.

6. Urutan menggambar

Gambar yang rapi dibuat dengan urutan yang tetap:

1. **Pasang kertas** rata pada papan, lalu gambar **garis tepi** dan **etiket**.
2. **Rencanakan letak**: hitung ukuran gambar pada skala yang dipilih dan sisakan jarak antar-pandangan untuk garis ukuran.
3. **Buat kerangka dengan garis tipis** (pensil lebih keras), yaitu bentuk dasar, garis sumbu, dan garis bantu.
4. **Gambarkan detail**: lubang, lengkung, dan potongan.

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

5. **Tebalkan garis tampak** dengan pensil lebih lunak, dan gambar garis tersembunyi.
6. **Beri garis ukuran dan angka ukuran**, lalu isi etiket.
7. **Periksa**: apakah ukuran lengkap, garis sesuai fungsinya, dan skala tertulis di etiket.

Merawat alat juga bagian dari mutu gambar: jaga ujung pensil tetap tajam, bersihkan segitiga dan penggaris dari debu pensil, dan jangan menjatuhkan alat berbentuk lengkung karena mudah retak.

CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1: memilih alat untuk lima elemen gambar

Pada 2026, Wulan menggambar pelat penutup pada kertas A3 dengan lima elemen: (a) garis mendatar sepanjang 300 mm, (b) garis miring 60° terhadap garis mendatar, (c) dua belas lingkaran Ø4 mm yang seragam, (d) satu lingkaran Ø90 mm, dan (e) tepi pelat yang melengkung bebas. Mal lingkaran yang tersedia memuat lingkaran sampai Ø20 mm. Pilih alat untuk tiap elemen. *(Kasus fiktif.)*

1. **(a) Garis mendatar:** penggaris T. Garisnya sejajar dengan garis mendatar lain.
2. **(b) Garis 60°:** segitiga 30°–60° yang diletakkan di atas penggaris T.
3. **(c) Dua belas lingkaran Ø4 mm:** mal lingkaran. Diameternya kecil, banyak, dan harus seragam; Ø4 mm termasuk dalam mal (maksimum Ø20 mm).
4. **(d) Lingkaran Ø90 mm:** jangka, karena Ø90 mm melebihi mal terbesar (Ø20 mm).
5. **(e) Tepi melengkung bebas:** kurva Prancis, karena lengkung itu bukan busur lingkaran dan bukan garis lurus.

Jawaban: penggaris T, segitiga 30°–60°, mal lingkaran, jangka, dan kurva Prancis. Cek akal sehat: tiap alat sesuai dengan sifat elemennya (lurus, sudut, kecil dan banyak, besar, bebas).

Contoh 2: memilih skala dan memeriksa bidang gambar efektif A3

Pada 2027, Yoga akan menggambar pandangan atas flap latih sepanjang 1.350 mm dan selebar 420 mm pada kertas A3. Menurut kartu kerja latihan, bidang gambar efektif 390 mm × 277 mm. Skala yang dianjurkan: 1:2, 1:5, 1:10. Tentukan skala terbesar yang muat. *(Kasus fiktif; angka menurut kartu kerja latihan.)*

1. **Skala 1:2.** Panjang gambar 1.350 ÷ 2 = 675 mm > 390 mm, tidak muat.
2. **Skala 1:5.** Panjang 1.350 ÷ 5 = 270 mm ≤ 390 mm; lebar 420 ÷ 5 = 84 mm ≤ 277 mm. Muat.
3. **Skala 1:10 juga muat**, tetapi lebih kecil (135 mm × 42 mm).
4. **Pilih yang terbesar yang muat:** 1:5.

Jawaban: skala 1:5, gambar berukuran 270 mm × 84 mm. Cek akal sehat: 270 mm menempati sekitar 70 persen lebar bidang efektif (270 ÷ 390 ≈ 0,69), sehingga masih ada ruang untuk garis ukuran dan etiket.

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

Contoh 3: menggambar isometrik kotak sambungan langkah demi langkah

Pada 2027, Zahra menggambar kotak sambungan berukuran 80 mm (lebar, sumbu x), 50 mm (dalam, sumbu y), dan 40 mm (tinggi, sumbu z) secara isometrik pada skala 1:2. Tentukan panjang garis yang diukur sepanjang sumbu, urutan menggambar, serta lebar dan tinggi gambar keseluruhan. *(Kasus fiktif.)*

1. **Panjang sepanjang sumbu (skala 1:2).** x: 80 ÷ 2 = 40 mm; y: 50 ÷ 2 = 25 mm; z: 40 ÷ 2 = 20 mm.
2. **Alas.** Dari titik sudut depan, tarik garis 40 mm ke kanan atas (30° dari mendatar) dan 25 mm ke kiri atas (30° dari mendatar); lengkapi jajar genjang.
3. **Tinggi.** Dari tiap sudut alas, tarik garis tegak 20 mm.
4. **Atap.** Hubungkan ujung atas garis tegak sehingga membentuk jajar genjang yang sama dengan alas.
5. **Tebalkan** garis tampak; hapus garis bantu.
6. **Lebar gambar** = (40 + 25) × cos 30° = 65 × 0,866 ≈ 56,3 mm.
7. **Tinggi gambar** = (40 + 25) × sin 30° + 20 = 65 × 0,5 + 20 = 32,5 + 20 = 52,5 mm.

Jawaban: garis sumbu 40, 25, dan 20 mm; ukuran gambar sekitar 56,3 mm × 52,5 mm. Cek akal sehat: gambar isometrik sedikit lebih lebar daripada tingginya karena dua sumbu mendatar menyumbang lebar sekitar 0,87 kali panjangnya, dan sudut 30° hanya menyumbang separuh panjangnya ke tinggi.

❖ PETA KONSEP

Gambar 2.30 merangkum isi sub bab ini.



Gambar 2.30 Peta konsep peralatan gambar teknik. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

Yang harus kamu ingat:

- **Kertas seri A:** A3 = 297 × 420 mm, A4 = 210 × 297 mm; gambar dibatasi **garis tepi**; **etiket** memuat nomor, nama, skala, tanggal, dan pembuat.
- **Alat:** penggaris T untuk garis mendatar; segitiga untuk garis tegak dan miring; jangka untuk lingkaran dan busur; **mal lingkaran** untuk banyak lingkaran kecil seragam; **kurva Prancis** untuk lengkung tak beraturan.
- **Garis:** tampak (tebal), ukuran dan bantu (tipis), tersembunyi (putus-putus), sumbu (titik-garis), potong, patah.
- **Skala:** ukuran gambar = ukuran benda ÷ n (pengecilan) atau × n (pembesaran); **angka ukuran tetap ukuran asli**.
- **Isometrik:** sumbu tegak, dua sumbu 30°, ukur sepanjang sumbu.
- Gambar dibuat dari **kerangka tipis ke garis tebal**.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal peralatan gambar teknik:

1. **Tulis sifat elemen gambar:** lurus atau lengkung, besar atau kecil, banyak atau satu, seragam atau tidak.
2. **Cocokkan dengan alat** yang dirancang untuk sifat itu, lalu periksa **ukuran terbesar yang tersedia** pada alat (mal lingkaran punya batas).
3. **Untuk skala, hitung ukuran gambar** pada tiap pilihan dan bandingkan dengan bidang efektif.
4. **Periksa tiap pernyataan** tentang garis, skala, atau isometrik; satu kata yang salah membuatnya salah.

Jebakan yang sering dipasang:

- ***French curve* dipakai untuk garis lurus atau lingkaran.** Alat ini untuk lengkung tak beraturan.
- **Jangka dipilih untuk banyak lingkaran kecil** padahal mal lingkaran lebih cepat dan seragam; sebaliknya mal dipakai untuk lingkaran yang lebih besar daripada lubang terbesarnya.
- **Skala diterapkan pada ukuran gambar, bukan ukuran benda.** Skala 1:5 membuat gambar 1.250 mm menjadi 250 mm, dan bukan 6.250 mm.
- **Angka ukuran diganti dengan ukuran gambar** setelah diskalakan; padahal angka tetap ukuran benda.
- **Garis tegak isometrik dimiringkan**, atau sudut 45° dipakai sebagai pengganti 30°.
- **Ukuran diambil dengan mistar dari gambar cetak** padahal hasil cetak dapat berubah ukuran.
- **Garis tersembunyi digambar tebal** atau garis tampak digambar tipis, sehingga bentuk benda tidak jelas.
- **Bidang gambar dianggap seluas kertas**, padahal margin dan etiket mengurangi ruangnya.

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa menjawab bahwa pandangan atas sebuah rib sepanjang 750 mm digambar pada skala 1:5 menjadi 750 × 5 = 3.750 mm sehingga "tidak mungkin muat". Yang tepat adalah 750 ÷ 5 = 150 mm, karena skala 1:5 adalah pengecilan: ukuran benda dibagi lima.

● BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut membahas pemilihan alat untuk lingkaran kecil seragam dan lingkaran besar pada gambar rib. Pakai bagian 2 (alat gambar) dan perhatikan batas ukuran mal lingkaran.

►. Pada 2027, Bayu menggambar ulang secara manual pelat rib model sayap di kertas A3. Pelat itu memiliki 3 lubang ringan (lightening hole) berdiameter 60 mm dan 40 lubang rivet berdiameter 3 mm. Mal lingkaran di bengkel hanya memuat lingkaran sampai Ø36 mm. Instruktur meminta semua lubang rivet seragam, garisnya rapi, dan gambar selesai

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

dalam satu jam pelajaran.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pemilihan alat yang paling tepat adalah ....

A. Mal lingkaran untuk 40 lubang rivet, jangka untuk 3 lubang ringan
B. Kurva Prancis (French curve) untuk semua lubang agar lengkungnya halus
C. Busur derajat untuk membagi lingkaran, lalu lubang digambar tangan
D. Jangka untuk 40 lubang rivet dan mal lingkaran untuk lubang ringan
E. Penggaris segitiga untuk segi delapan yang mendekati bentuk lingkaran

Pembahasan **Kunci: A**

Konsep: Mal lingkaran (circle template) cepat dan seragam untuk banyak lingkaran kecil berukuran standar; jangka dipakai untuk lingkaran besar atau berukuran khusus. French curve untuk lengkung tidak beraturan, busur derajat untuk mengukur sudut.

Langkah:
1. 40 lingkaran kecil seragam → mal lingkaran.
2. Lingkaran besar Ø60 mm (di luar ukuran mal yang tersedia, maks. Ø36 mm) → jangka.

Analisis setiap opsi:
- **A.** ✓ Cepat, seragam, dan sesuai ukuran setiap lubang.
- **B.** ✗ French curve untuk lengkung tidak beraturan, bukan lingkaran.
- **C.** ✗ Lingkaran tangan bebas tidak seragam dan tidak rapi.
- **D.** ✗ Jebakan: tertukar; jangka sulit dipakai untuk lingkaran 3 mm sebanyak 40 buah, sedangkan mal yang tersedia hanya sampai Ø36 mm.
- **E.** ✗ Segi delapan bukan lingkaran dan tidak sesuai gambar kerja.

Jawaban: A.

✎ LATIHAN

Untuk tiap soal, hitung ukuran gambar pada tiap pilihan skala, lalu bandingkan dengan bidang gambar yang tersedia.

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

1. Pada 2027, Rafi akan menggambar pandangan atas aileron sepanjang 1.800 mm dan selebar 300 mm pada kertas A3. Bidang gambar efektif di dalam garis tepi 390 mm × 270 mm. Ia memakai penggaris skala dan ingin gambarnya sebesar mungkin tetapi tetap muat di bidang gambar.
(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
Skala 1:5 membuat panjang aileron tergambar 360 mm sehingga masih muat di bidang gambar.	○	○
Pada skala 1:5, lebar aileron tergambar 60 mm.	○	○
Skala 1:2 lebih tepat karena gambar menjadi lebih besar dan detail rivet lebih jelas.	○	○

Kunci singkat: 1. 1B 2B 3S

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa kurva Prancis tidak dipakai untuk menggambar lingkaran?
- Mengapa angka ukuran pada gambar berskala 1:5 tetap ukuran benda sebenarnya?
- **Yang harus kuingat:** mal lingkaran untuk banyak lingkaran kecil seragam, jangka untuk lingkaran besar, kurva Prancis untuk lengkung bebas; skala 1:n membagi ukuran benda dengan n; isometrik memakai sumbu tegak dan dua sumbu 30°; garis tampak lebih tebal daripada garis ukuran.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 2.5: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktpu&node=SMKTPU-2.5

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

Sub bab 2.6 · Proyeksi pada gambar kerja pesawat

SMKTPU-2.6

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi (elemen 2, teknik dasar proses perawatan) meminta kamu **menelaah proyeksi pada gambar teknik manual perawatan pesawat**. Levelnya aplikasi sampai penalaran, dan soalnya sering berbentuk gambar: kamu diminta membayangkan benda tiga dimensi dari beberapa pandangan, lalu memilih pandangan yang benar atau menarik kesimpulan tentang letak bagian benda.

Pola soal yang sering muncul: (1) **memilih pandangan yang benar** (misalnya pandangan kanan) bila dua pandangan lain diberikan, termasuk **garis putus-putus** untuk lubang yang tertutup; (2) **membaca letak** alur atau lubang pada benda dari gambar yang memakai **proyeksi sudut ketiga atau sudut pertama**, dan mengetahui bahwa susunannya bertolak belakang; (3) **menurunkan pandangan depan** dari gambar isometrik; (4) **membaca ukuran** dari gambar kerja pelat atau blok.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menyebutkan pandangan depan, atas, dan samping, serta ukuran apa yang tampak pada masing-masing;
- membedakan susunan pandangan pada proyeksi sudut ketiga dan sudut pertama beserta simbolnya;
- menggambar atau memilih pandangan yang benar dengan garis tampak dan garis tersembunyi, serta membaca potongan;
- menurunkan pandangan dari gambar isometrik dan membaca ukuran pada gambar kerja.

Educational Institutions

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

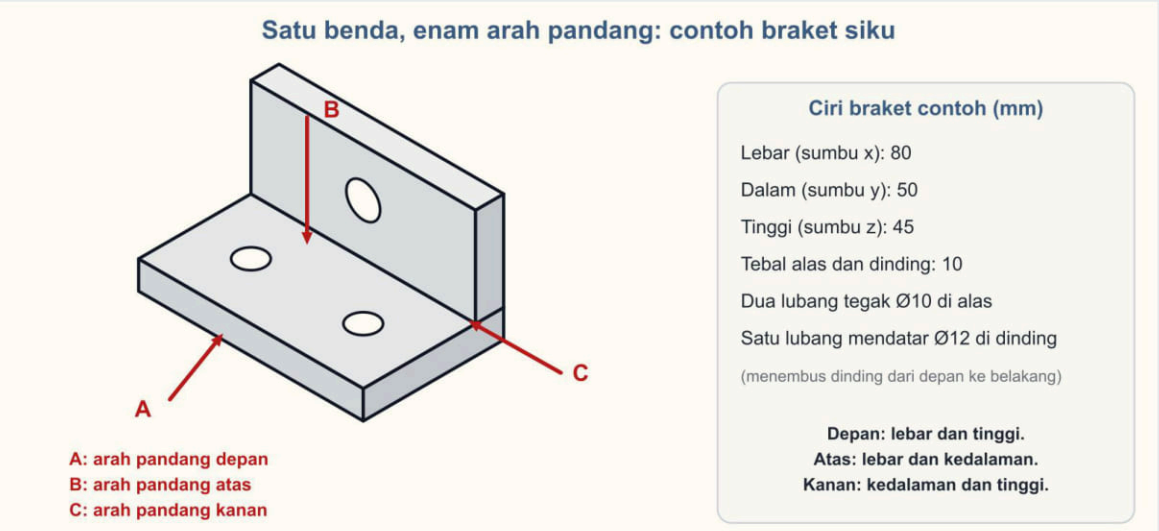
Satu foto atau satu gambar perspektif tidak cukup untuk membuat komponen. Pada foto, sisi belakang tidak terlihat, ukuran tidak dapat dibaca, dan lubang di sisi tersembunyi tidak diketahui. Karena itu **gambar kerja** (*working drawing*) menggambarkan benda lewat **beberapa pandangan** yang masing-masing menunjukkan bentuk sebenarnya pada satu arah. Sistem inilah yang disebut **proyeksi ortogonal** (*orthographic projection*): benda dipandang tegak lurus dari satu arah, tanpa perspektif. Menurut *handbook* FAA, proyeksi ortogonal memperlihatkan bentuk dan ukuran sebenarnya dari semua bagian benda yang rumit, dan ia dipakai pada gambar pesawat.

1. Pandangan: depan, atas, dan samping

Bayangkan benda diletakkan di dalam **kotak kaca**. Pandang benda dari depan, dari atas, dari

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

kanan, dari kiri, dari bawah, dan dari belakang. Pada tiap sisi kotak, "bayangan" benda tampak sebagai gambar. Bila kotak itu dibuka dan sisinya direbahkan, terbentuk enam pandangan. *Handbook* FAA menyebut bahwa semua benda memiliki enam sisi dan enam pandangan, tetapi **jarang perlu menggambar keenamnya**. Yang digambar hanya pandangan yang diperlukan agar bentuk benda jelas, yaitu **satu, dua, atau tiga pandangan**, dengan **pandangan depan sebagai pandangan utama**.



Gambar 2.31 Braket siku sebagai contoh benda, dengan arah pandang depan (A), atas (B), dan kanan (C). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

Tiga pandangan utama menunjukkan tiga ukuran (Gambar 2.31):

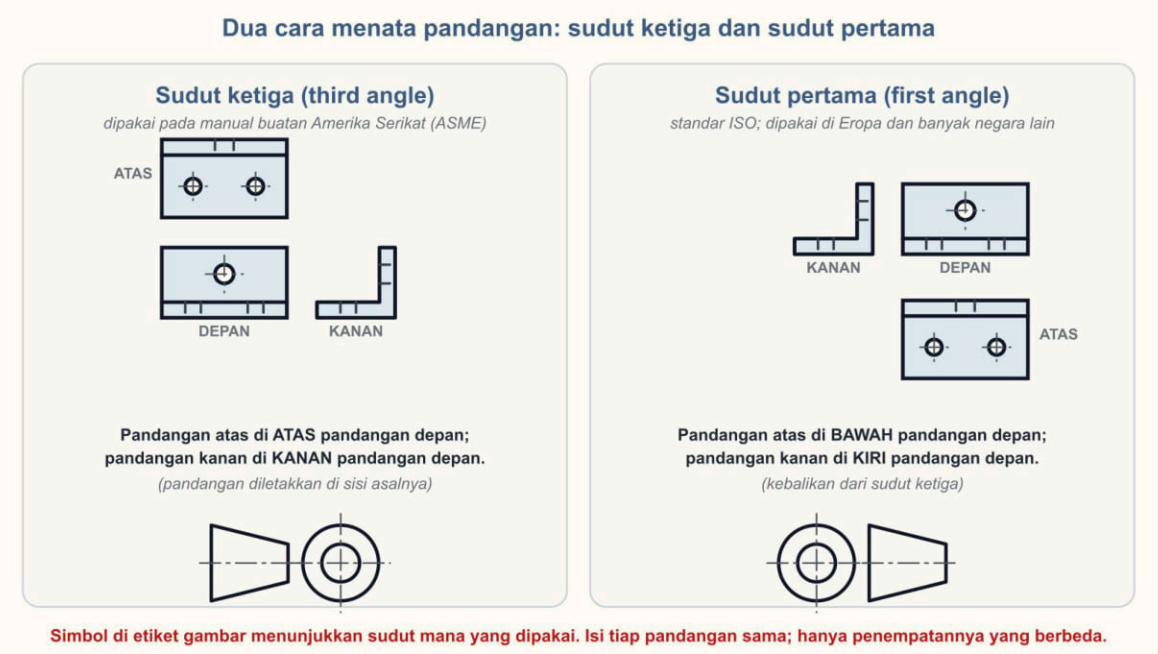
- **Pandangan depan** (*front view*) menunjukkan **lebar dan tinggi**.
- **Pandangan atas** (*top view*) menunjukkan **lebar dan kedalaman**.
- **Pandangan kanan** (*right side view*) menunjukkan **kedalaman dan tinggi**. Pandangan kiri menunjukkan hal yang sama dari sisi sebaliknya.

Perhatikan bahwa **setiap ukuran muncul di dua pandangan**: lebar di pandangan depan dan atas, tinggi di pandangan depan dan samping, kedalaman di pandangan atas dan samping. Fakta ini menjadi alat pemeriksa yang sangat berguna. Bila ukuran yang sama berbeda di dua pandangan, ada pandangan yang salah.

Pandangan depan dipilih dari arah yang **paling menunjukkan bentuk khas benda**. Benda yang bentuknya seragam, misalnya pelat, shim, atau paking, cukup digambar dengan **satu pandangan** dan **catatan tebal**. Benda bulat, kotak, atau silinder juga sering cukup dengan satu pandangan bila semua ukuran dapat ditulis. Benda yang simetris dapat digambar setengah pandangan untuk menghemat ruang.

2. Sudut ketiga dan sudut pertama

Ada dua cara menata pandangan di atas kertas, dan **keduanya benar**. Perbedaannya hanya pada **letak** pandangan, bukan pada isi pandangan (Gambar 2.32).



Gambar 2.32 Susunan pandangan dan simbol proyeksi sudut ketiga (kiri) dan sudut pertama (kanan). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Proyeksi sudut ketiga (*third angle*) dipakai pada gambar buatan Amerika Serikat dan sesuai dengan penjelasan di *handbook* FAA. Bidang proyeksi diletakkan **di antara pengamat dan benda**, seperti kaca. Akibatnya **setiap pandangan diletakkan di sisi asalnya**: pandangan atas di **atas** pandangan depan, pandangan kanan di **kanan** pandangan depan, pandangan kiri di **kiri** pandangan depan.

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

Proyeksi sudut pertama (*first angle*) adalah standar ISO dan dipakai di Eropa serta banyak negara lain. Benda berada **di antara pengamat dan bidang proyeksi**, sehingga susunannya **berkebalikan**: pandangan atas di **bawah** pandangan depan, pandangan kanan di **kiri** pandangan depan, pandangan kiri di kanan. Buku gambar teknik di SMK umumnya memperkenalkan keduanya.

Simbol proyeksi di etiket menunjukkan sudut mana yang dipakai. Simbol itu menggambarkan sebuah kerucut terpotong dan dua lingkaran (pandangan ujungnya). Pada **sudut ketiga**, kerucut di kiri dan lingkaran di kanan. Pada **sudut pertama**, lingkaran di kiri dan kerucut di kanan. Bila simbolnya tidak ada, teknisi mencari catatan di etiket. Salah membaca sudut menukar kiri dengan kanan dan atas dengan bawah, sehingga lubang atau alur dibaca di sisi yang salah.

Ada satu aturan praktis tentang **sisi yang berdekatan** dengan pandangan depan, dan ini sering menjadi inti soal. Pada pandangan atas dan samping, sisi yang paling dekat dengan pandangan depan adalah:

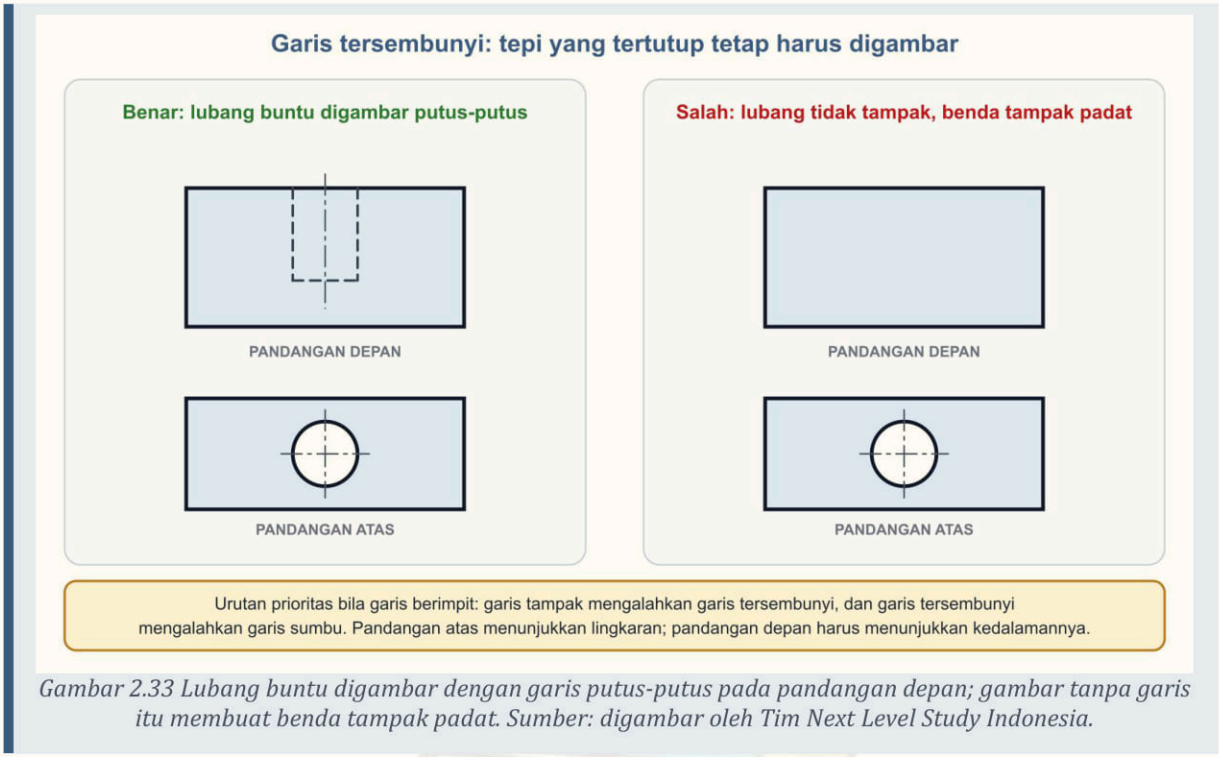
- **sisi depan benda** pada sudut ketiga;
- **sisi belakang benda** pada sudut pertama.

Misalnya pada sudut ketiga, tepi bawah pandangan atas dan tepi kiri pandangan kanan adalah sisi depan benda, sebab keduanya berdekatan dengan pandangan depan. Pada sudut pertama, tepi atas pandangan atas dan tepi kanan pandangan kanan (yang kini berada di kiri pandangan depan) justru sisi belakang benda.

3. Garis tersembunyi

Ketika benda dipandang dari satu arah, sebagian tepinya tertutup oleh bagian benda lain. Tepi yang tertutup ini tetap harus digambar, dengan **garis tersembunyi** (*hidden line*), yaitu garis putus-putus yang lebih tipis daripada garis tampak. Garis tersembunyi memberi tahu pembaca bahwa di balik permukaan ada lubang, alur, atau tonjolan yang tidak terlihat (Gambar 2.33).

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



Gambar 2.33 Lubang buntu digambar dengan garis putus-putus pada pandangan depan; gambar tanpa garis itu membuat benda tampak padat. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

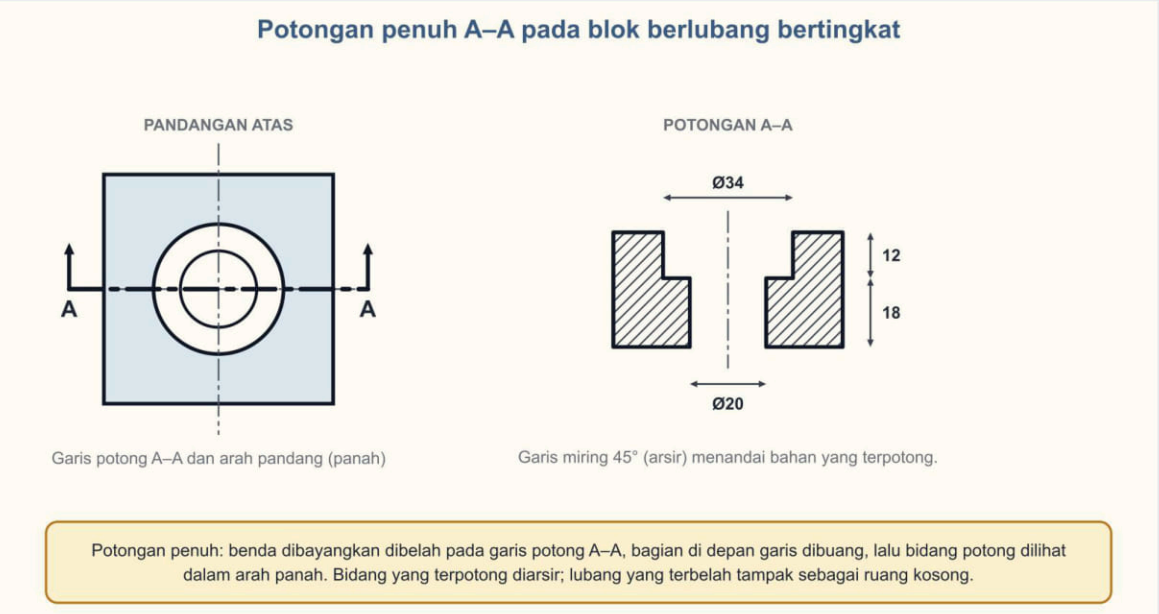
Aturan pentingnya:

1. **Lubang bundar** tampak sebagai **lingkaran** bila dilihat searah sumbunya, tetapi sebagai **dua garis putus-putus sejajar** bila dilihat dari samping. Jarak kedua garis sama dengan diameter lubang.
2. **Lubang tembus** (menembus seluruh benda) memiliki garis putus-putus yang membentang sepanjang tebal benda. **Lubang buntu** (tidak menembus) memiliki garis putus-putus sampai kedalamannya saja.
3. **Garis sumbu** (titik-garis tipis) ditarik melalui pusat lubang.
4. Bila beberapa garis berimpit, yang **ditampilkan hanya satu menurut prioritas**: garis tampak mengalahkan garis tersembunyi, dan garis tersembunyi mengalahkan garis sumbu.
5. Garis tersembunyi dipakai seperlunya agar gambar tetap terbaca, tetapi **tidak boleh menghilangkan** lubang atau alur penting.

Pada soal memilih pandangan, garis tersembunyi sering menjadi pembeda antar-pilihan: dua gambar yang bentuknya sama tetapi hanya satu yang memiliki garis putus-putus pada tempat yang benar.

4. Potongan

Kadang bentuk bagian dalam benda sulit dibaca bila hanya digambar dengan garis putus-putus yang banyak. Untuk itu dipakai **potongan** (*section view*): benda dibayangkan **dibelah** pada bidang tertentu, bagian depannya dibuang, dan bidang belahan digambar (Gambar 2.34).



Gambar 2.34 Potongan penuh A–A pada blok dengan lubang bertingkat (angka latihan fiktif). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

Ketentuan umumnya:

- **Garis potong** (garis rantai dengan ujung tebal) ditarik pada pandangan lain untuk menunjukkan letak bidang belahan. **Panah** pada ujungnya menunjukkan arah pandang, dan huruf (misalnya A–A) memberi nama potongan.
- **Bidang yang terpotong** diberi **arsir**, yaitu garis tipis miring (umumnya 45°) yang sejajar dan berjarak sama. Arsir hanya ada pada bahan yang terkena pisau potong, tidak pada ruang kosong.
- Ruang kosong (misalnya lubang yang terbelah) tampak **tanpa arsir**.
- Pada potongan, bagian dalam sudah terlihat sehingga **garis tersembunyi biasanya tidak perlu** lagi.

Menurut *handbook* FAA, ada beberapa jenis potongan: **potongan penuh** (benda dibelah seluruhnya), **potongan setengah** (*half section*: satu sisi dipotong, sisi lain tetap tampak luar), **potongan putar** (*revolved section*), dan **potongan lepas** (*removed section*). Garis arsir pada gambar menunjukkan permukaan yang terbuka, dan *handbook* menyebut garis arsir umumnya tipis dan penuh. Pada pelajaran ini cukup dikuasai potongan penuh.

5. Dari isometrik ke ortogonal, dan sebaliknya

Banyak soal memberi **gambar isometrik** dan meminta pandangan ortogonal. Isometrik menunjukkan tiga sisi dalam satu gambar (sub bab 2.5), sehingga membantu membayangkan benda. Langkah menurunkan pandangan (Gambar 2.35):

1. **Tentukan arah pandang depan**. Ini biasanya ditunjukkan dengan panah, atau dipilih sisi yang paling khas bentuknya.
2. **Gambar pandangan depan**: lebar dan tinggi. **Tinggi diambil dari sumbu tegak**, lebar dari sumbu yang mengarah ke kanan.
3. **Tarik garis proyeksi tegak** ke atas (sudut ketiga) lalu gambar pandangan atas dengan lebar yang sama dan kedalaman benda.
4. **Tarik garis proyeksi mendatar** ke kanan lalu gambar pandangan kanan dengan tinggi yang sama dan kedalaman benda.
5. **Periksa** bahwa tiap ukuran sama pada dua pandangan, dan tambahkan garis tersembunyi bagi tepi yang tertutup.

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



Gambar 2.35 Menurunkan pandangan depan, atas, dan kanan dari gambar isometrik benda bertangga. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Kesalahan yang sering terjadi: (1) **mengambil tinggi dari pandangan yang salah**, misalnya mengira tinggi bagian bertangga dapat dibaca dari pandangan atas; (2) **terbalik kiri-kanan**, karena arah pandang tidak dicek; (3) **lupa tepi yang terlihat** pada pandangan samping, misalnya garis di mana dua bidang bertemu pada ketinggian berbeda.

Arah sebaliknya, dari tiga pandangan ke bentuk benda, dilakukan dengan menggabungkan informasi: pandangan depan memberi bentuk dan tinggi, pandangan atas memberi letak lubang dan kedalaman, dan pandangan samping memastikan tebal. Pada soal pilihan, bandingkan setiap pilihan dengan **tiga pemeriksaan**: **bentuk luar** (apakah siluetnya benar), **arah** (apakah sisi depan benda ada di sisi yang benar menurut sudut proyeksi), dan **garis tersembunyi** (apakah lubang digambar pada tempat dan ketinggian yang benar).

6. Membaca gambar kerja

Gambar kerja adalah gambar yang memuat semua informasi untuk membuat atau memeriksa komponen (Gambar 2.36). Cara membacanya berurutan:

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



Gambar 2.36 Gambar kerja pelat dudukan lengkap dengan garis ukuran dan etiket (angka latihan fiktif). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

1. **Baca etiket** (*title block*) lebih dulu: nama komponen, nomor gambar, **skala**, **satuan**, bahan, dan **simbol proyeksi**. Menurut *handbook* FAA, etiket juga memuat tanggal dan nama pembuat serta pemeriksa. Nomor gambar mengidentifikasi gambar dan kadang dilengkapi nomor setrip (*dash number*) untuk membedakan komponen kiri dan kanan.
2. **Pastikan sudut proyeksi** dari simbol di etiket.
3. **Cari pandangan depan** dan hubungkan pandangan lain dengan benar.
4. **Baca angka ukuran**. Garis ukuran adalah garis tipis dengan panah di kedua ujung; **garis bantu** menghubungkan tepi benda ke garis ukuran. Tanda **Ø** menyatakan diameter, dan "4 × Ø6" berarti empat lubang berdiameter 6. **Jangan mengukur gambar dengan mistar**; baca angkanya.
5. **Periksa catatan**: jenis lubang (tembus atau buntu), toleransi umum, bahan, dan perlakuan permukaan.

Pada gambar, ukuran dapat disertai **toleransi**, yaitu selisih yang diperbolehkan. Menurut *handbook* FAA, tanda plus menunjukkan penyimpangan maksimum dan tanda minus penyimpangan minimum, sehingga jumlah keduanya adalah toleransi. Toleransi umum untuk seluruh gambar biasanya ditulis di etiket. Gambar juga memiliki **blok revisi** yang mencatat perubahan: ia memuat tanda revisi, tanggal, sifat perubahan, dan pembuat perubahan. Gambar pesawat besar memakai sistem **stasiun** untuk menunjukkan letak, misalnya stasiun badan pesawat (*fuselage station*) 185 berarti 185 inci dari titik acuan (*datum*).

Pelat, braket, dan blok dudukan adalah bentuk yang paling sering muncul. **Pelat** tipis cukup dengan satu pandangan dan catatan tebal. **Braket** memerlukan dua atau tiga pandangan untuk menunjukkan tekukan dan lubang. **Blok dudukan** sering memerlukan garis

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

tersembunyi atau potongan untuk lubang bertingkat.

▣ CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1: menggambar tiga pandangan dengan garis tersembunyi

Pada 2026, Nanda menerima gambar isometrik sebuah blok pengisi berukuran 60 mm (lebar) × 40 mm (kedalaman) × 30 mm (tinggi) dengan lubang tembus Ø10 mm yang menembus dari depan ke belakang, tepat di tengah sisi depan (pusat 30 mm dari tepi kiri dan 15 mm dari bawah). Tentukan isi tiga pandangan menurut proyeksi sudut ketiga, termasuk garis tersembunyi. *(Kasus fiktif.)*

1. **Pandangan depan** (lebar dan tinggi): persegi panjang 60 × 30 mm. Lubang searah pandangan, jadi tampak sebagai **lingkaran Ø10** dengan pusat di 30 mm dari kiri dan 15 mm dari bawah.
2. **Pandangan atas** (lebar dan kedalaman), di atas pandangan depan: persegi panjang 60 × 40 mm. Lubang di dalam benda dan tidak terlihat dari atas, sehingga digambar dengan **dua garis putus-putus** pada jarak 5 mm di kiri dan kanan garis tengah: pada 30 − 5 = 25 mm dan 30 + 5 = 35 mm dari tepi kiri, membentang sepanjang kedalaman 40 mm.
3. **Pandangan kanan** (kedalaman dan tinggi), di kanan pandangan depan: persegi panjang 40 × 30 mm. Lubang tampak sebagai **dua garis putus-putus mendatar** pada ketinggian 15 − 5 = 10 mm dan 15 + 5 = 20 mm dari bawah, membentang sepanjang kedalaman 40 mm.
4. **Garis sumbu** (titik-garis tipis) melalui pusat lingkaran dan sepanjang kedua pasang garis putus-putus.

Jawaban: tiga pandangan seperti di atas. Cek akal sehat: lebar 60 mm tampak di pandangan depan dan atas; tinggi 30 mm di pandangan depan dan kanan; kedalaman 40 mm di pandangan atas dan kanan. Lubang tembus tampak sebagai garis putus-putus **di sepanjang seluruh kedalaman**, bukan hanya sebagian.

Contoh 2: menentukan sisi benda pada proyeksi sudut pertama

Pada 2027, Oki membaca gambar kerja komponen dengan etiket yang memuat simbol proyeksi sudut pertama (lingkaran di kiri, kerucut di kanan). Di sebelah kiri pandangan depan ada pandangan yang menunjukkan tiga lubang baut berderet. Di bawah pandangan depan ada pandangan yang menunjukkan takik di tepi yang berdekatan dengan pandangan depan. Tentukan pandangan apa yang berada di kiri dan di bawah, dan di sisi benda mana lubang dan takik berada. *(Kasus fiktif.)*

1. **Baca simbol.** Lingkaran di kiri dan kerucut di kanan menunjukkan **sudut pertama**.
2. **Pandangan di kiri pandangan depan.** Pada sudut pertama, pandangan kanan diletakkan di kiri pandangan depan. Jadi pandangan itu adalah **pandangan kanan**, dan tiga lubang baut berada di **sisi kanan** benda.
3. **Pandangan di bawah pandangan depan.** Pada sudut pertama, pandangan atas diletakkan di bawah pandangan depan. Jadi pandangan itu adalah **pandangan atas**.

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

4. **Sisi yang berdekatan dengan pandangan depan.** Pada sudut pertama, sisi itu adalah **sisi belakang** benda. Jadi takik berada di **sisi belakang** benda.

Jawaban: lubang baut di sisi kanan; takik di sisi belakang. Cek akal sehat: bila memakai kebiasaan sudut ketiga, lubang akan ditempatkan di sisi kiri dan takik di sisi depan, kedua-duanya berkebalikan dari yang benar.

Contoh 3: membaca ukuran pada gambar kerja pelat

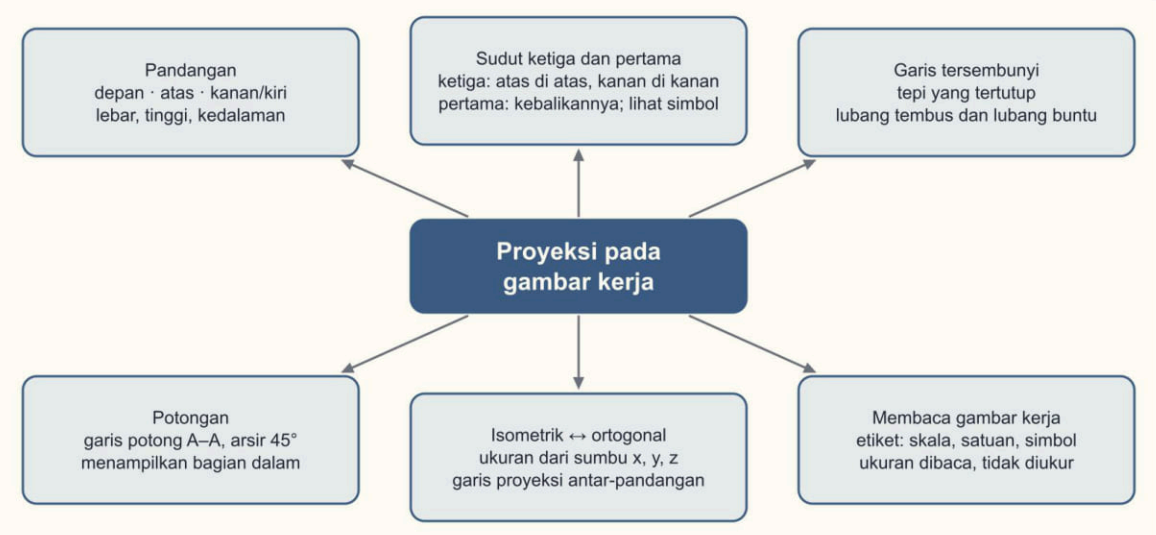
Pada 2027, Putri membaca gambar kerja pelat dudukan berukuran 150 mm × 90 mm dengan tebal 6 mm. Ada empat lubang tembus Ø8 di sudut, masing-masing pusatnya 20 mm dari tepi terdekat. Pandangan samping memperlihatkan garis putus-putus. Hitung jarak antar-pusat lubang secara mendatar dan tegak serta jarak diagonal, lalu jelaskan arti garis putus-putus. *(Kasus fiktif; angka menurut kartu kerja latihan.)*

1. **Jarak mendatar.** 150 − 20 − 20 = 110 mm.
2. **Jarak tegak.** 90 − 20 − 20 = 50 mm.
3. **Diagonal.** $\sqrt{(110^2 + 50^2)} = \sqrt{(12.100 + 2.500)} = \sqrt{14.600} \approx 120{,}8$ mm.
4. **Garis putus-putus.** Pada pandangan samping, lubang tembus tampak sebagai garis putus-putus sepanjang tebal 6 mm; tiap lubang memberi dua garis dengan jarak 8 mm.

Jawaban: 110 mm, 50 mm, dan sekitar 120,8 mm; garis putus-putus berarti lubang tembus yang tertutup dari samping. Cek akal sehat: diagonal harus lebih panjang daripada sisi terpanjang (110 mm) dan lebih pendek daripada jumlah kedua sisi (110 + 50 = 160 mm); 120,8 mm memenuhinya. Kedua diagonal harus sama, dan hal itu dapat dipakai untuk memeriksa bahwa pola lubang berbentuk persegi panjang.

❖ PETA KONSEP

Gambar 2.37 merangkum isi sub bab ini.



Gambar 2.37 Peta konsep proyeksi pada gambar kerja pesawat. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

Yang harus kamu ingat:

- **Pandangan depan** memberi lebar dan tinggi; **atas** lebar dan kedalaman; **samping** kedalaman dan tinggi. Tiap ukuran muncul di dua pandangan.
- **Sudut ketiga:** atas di atas, kanan di kanan; sisi yang dekat pandangan depan = sisi **depan** benda. **Sudut pertama:** atas di bawah, kanan di kiri; sisi yang dekat pandangan depan = sisi **belakang**. Simbol di etiket menentukan.
- **Garis tersembunyi** (putus-putus) menggambar lubang atau tepi yang tertutup; lubang tembus sepanjang tebal, lubang buntu sampai kedalamannya.
- **Potongan:** garis potong dengan panah, bidang terpotong diarsir 45°, ruang kosong tanpa arsir.
- **Isometrik ke ortogonal:** pilih arah depan, tinggi dari sumbu tegak, periksa ukuran yang sama di dua pandangan.
- **Gambar kerja:** baca etiket (skala, satuan, simbol), baca angka ukuran, jangan mengukur gambar.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal proyeksi:

1. **Tentukan sudut proyeksi** dari simbol atau keterangan di soal. Tulis aturan susunannya.
2. **Beri nama tiap pandangan** yang diberikan (depan, atas, kanan) menurut letaknya.
3. **Cari ciri khas** yang dapat dipakai untuk menyaring pilihan: siluet, sisi lubang, dan garis tersembunyi.
4. **Periksa tiap pilihan dengan tiga pemeriksaan**: bentuk luar, arah (kiri atau kanan, depan atau belakang), dan garis tersembunyi. Satu pemeriksaan yang gagal cukup untuk menolak pilihan.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Sudut pertama dan ketiga tertukar.** Pembaca memakai kebiasaannya, bukan simbol di etiket.
- **Pilihan tercermin.** Bentuk dan garis benar, tetapi bagian tegak berada di sisi yang salah.
- **Garis tersembunyi digambar sebagai garis tampak**, atau tidak digambar sama sekali.
- **Lubang tembus dan lubang buntu tertukar**: garis putus-putus sepanjang tebal atau sampai kedalamannya saja.
- **Tinggi diambil dari pandangan yang salah**, terutama pada benda bertangga.
- **Sisi yang berdekatan dengan pandangan depan** dibaca sebagai sisi depan pada sudut pertama.
- **Gambar diukur dengan mistar** dan hasilnya dianggap ukuran benda.
- **Arsir dipasang pada ruang kosong** atau garis potong dianggap garis sumbu.

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa melihat gambar dengan simbol sudut ketiga dan pandangan di atas pandangan depan memperlihatkan alur pada tepi bawah. Ia menjawab bahwa alur berada di sisi belakang benda "karena tepi bawah pandangan atas dekat dengan bagian bawah". Yang tepat adalah sisi depan: pada sudut ketiga, tepi pandangan atas yang berdekatan dengan pandangan depan (tepi bawahnya) adalah sisi depan benda.

• BEDAH SOAL PREDIKSI

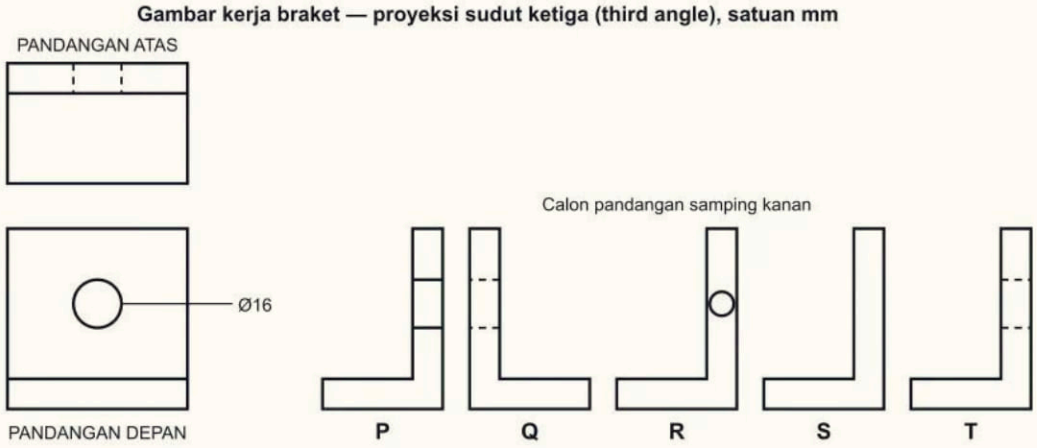
Soal berikut meminta pandangan samping kanan yang benar pada proyeksi sudut ketiga, dengan garis putus-putus untuk lubang tembus. Pakai bagian 2 (sudut ketiga), bagian 3 (garis tersembunyi), dan aturan sisi yang berdekatan dengan pandangan depan.

►. Bengkel komponen sekolah penerbangan akan membuat braket pengganti dari pelat aluminium pada 2027. Gambar kerja memuat pandangan atas dan pandangan depan, tetapi pandangan samping kanannya rusak terkena tumpahan oli. Sebelum menandai benda kerja, Salsa diminta memilih satu dari lima calon pandangan samping kanan yang digambar ulang oleh rekan-rekannya.

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

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

Pandangan samping kanan yang benar adalah ....



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

Pembahasan **Kunci: E**

Konsep: Proyeksi sudut ketiga: pandangan atas di atas pandangan depan dan pandangan kanan di kanan pandangan depan; sisi benda yang dekat dengan pandangan depan adalah sisi depan benda. Tepi yang tidak terlihat dari arah pandang digambar dengan garis putus-putus.

Langkah:

1. Pandangan atas: garis lebar di sisi atas gambar (belakang benda) → bagian tegak ada di belakang, kaki dasar di depan.
2. Pada pandangan kanan sudut ketiga, sisi depan benda ada di kiri (dekat pandangan depan) → kaki dasar ke kiri, bagian tegak di kanan.
3. Lubang Ø16 menembus bagian tegak dari depan ke belakang → dari kanan tidak terlihat → dua garis putus-putus mendatar selebar tebal bagian tegak.
4. Gambar T memenuhi semuanya.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: bentuk dan letak benar, tetapi tepi lubang yang tersembunyi digambar dengan garis tampak.
- **B.** ✗ Jebakan: tercermin; bagian tegak di kiri adalah susunan bila sisi depan dianggap menjauhi pandangan depan.
- **C.** ✗ Jebakan: lubang digambar sebagai lingkaran, padahal sumbu lubang searah pandangan depan, bukan pandangan kanan.
- **D.** ✗ Jebakan: bentuk benar, tetapi lubang yang tersembunyi tidak digambar sama sekali.
- **E.** ✓ Bentuk, arah, dan garis tersembunyi lubang semuanya benar.

Jawaban: E.

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

✎ LATIHAN

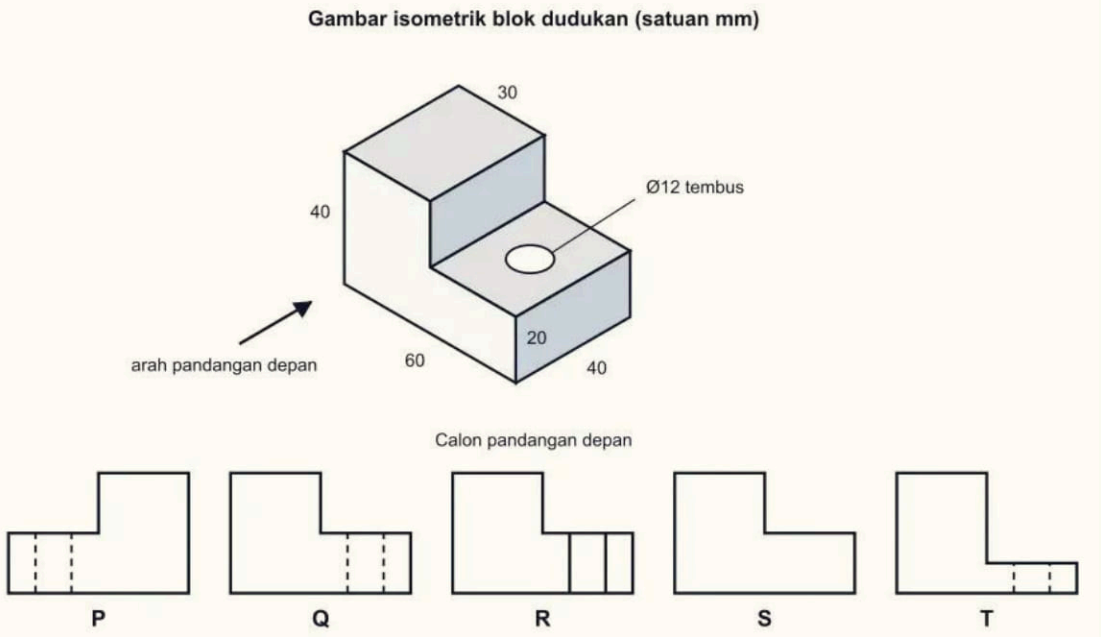
Untuk tiap soal, tulis dulu sudut proyeksinya dan beri nama tiap pandangan, lalu periksa pilihan dengan tiga pemeriksaan: bentuk luar, arah, dan garis tersembunyi.

1. Rangga, siswa magang, membaca gambar kerja pelat dudukan antena buatan pabrikan pesawat dari Amerika Serikat pada 2027. Kepala gambar memakai simbol proyeksi sudut ketiga. Di sebelah kiri pandangan depan terdapat pandangan yang memperlihatkan alur (slot) sepanjang 30 mm, dan di atas pandangan depan terdapat pandangan yang memperlihatkan dua lubang baut. Di sekolah Rangga terbiasa memakai proyeksi sudut pertama (Eropa).
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Kesimpulan Rangga yang tepat adalah ....

A. Alur ada di sisi kanan benda, lubang baut ada di sisi bawah benda
B. Alur ada di sisi kanan benda, lubang baut ada di sisi atas benda
C. Alur ada di sisi kiri benda, lubang baut ada di sisi bawah benda
D. Alur ada di sisi belakang benda, lubang baut di sisi atas benda
E. Alur ada di sisi kiri benda, lubang baut ada di sisi atas benda

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

2. Pada 2027, Nabila, siswa magang di bengkel komponen, diminta membuat gambar kerja blok dudukan dari sebuah gambar isometrik. Lubang Ø12 menembus tegak dari permukaan anak tangga sampai dasar blok. Sebelum menggambar ulang dengan rapi, ia membandingkan lima sketsa pandangan depan buatan teman-temannya.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pandangan depan yang benar adalah ....



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

Kunci singkat: 1. E 2. B

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

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa pandangan atas di bawah pandangan depan menunjukkan sudut pertama dan bukan sudut ketiga?
- Mengapa lubang tembus tampak sebagai garis putus-putus pada pandangan samping?
- **Yang harus kuingat:** depan = lebar dan tinggi; atas = lebar dan kedalaman; samping = kedalaman dan tinggi; sudut ketiga menaruh pandangan di sisi asalnya, sudut pertama berkebalikan; sisi yang dekat pandangan depan = depan (sudut ketiga) atau belakang (sudut pertama); garis tersembunyi menggambarkan tepi yang tertutup; potongan memakai arsir 45°; ukuran dibaca, bukan diukur.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 2.6: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktpu&node=SMKTPU-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

SMKTPU-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-smktpu&node=SMKTPU-KB2

1. Pada 2027, Wulan akan memasang *safety wire* (kawat pengaman) pada tiga baut berkepala heks yang bersebelahan dengan metode pilin ganda. Ia ingin kawat terpilin rapat dan rata dengan satu alat sambil menjaga tarikan kawat. Tersedia tang kombinasi biasa, *safety wire pliers*, tang pemotong samping, tang hidung jarum, dan kunci pas.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Alat yang paling tepat adalah ....

A. Tang kombinasi biasa, karena dapat menjepit dan memutar kawat sekaligus
B. Safety wire pliers, karena dapat menjepit, memilin, dan menarik kawat secara terkendali
C. Tang pemotong samping, karena ujungnya tipis dan dapat memilin kawat dengan rapat
D. Tang hidung jarum, karena ujungnya runcing sehingga pilinan menjadi sangat halus
E. Kunci pas, karena kawat dapat dililitkan pada gagangnya agar pilinan seragam

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

2. Pada 2027, Rafi berlatih memasang rivet pejal berkepala bundar pada panel aluminium di bengkel struktur memakai *rivet gun* pneumatik. Rekannya, Sinta, memegang *bucking bar* di sisi dalam panel. Panel sudah diklem dengan beberapa *cleco* dan semua lubang sudah dibersihkan dari gerigi (*deburr*).
(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. Mengatur tekanan udara rivet gun sesuai petunjuk dan mencobanya lebih dulu pada potongan bekas

☐ B. Menekankan rivet gun pada kepala rivet dalam posisi miring agar rivet tidak mudah lepas

☐ C. Sinta menahan bucking bar lurus dan tegak lurus pada ujung rivet sebelum rivet gun ditembakkan

☐ D. Melepas semua cleco sebelum rivet pertama dipasang agar panel mudah digeser selama bekerja

☐ E. Memakai pelindung telinga dan kacamata pengaman karena rivet gun menimbulkan bising dan serpihan

3. Pada 2027, Gilang memakai bor pneumatik yang dihubungkan ke selang udara bertekanan untuk membuat lubang pada braket di bengkel. Setelah selesai, ia akan mengganti mata bor. Rekannya bercanda mengarahkan ujung selang udara ke Gilang untuk meniup debu dari bajunya, dan Gilang melihat bahwa salah satu kopling selang tampak longgar serta ada retakan kecil pada selangnya.
(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
Mata bor boleh diganti selagi alat masih tersambung ke udara selama pemicunya tidak ditekan.	○	○
Udara bertekanan tidak boleh diarahkan ke tubuh atau pakaian karena dapat menembus kulit dan melukai.	○	○
Selang yang retak dan kopling yang longgar harus diganti atau diperbaiki sebelum alat dipakai kembali.	○	○

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

4. Pada 2027, Fikri harus melepas satu rivet pejal berkepala bundar yang terpasang miring pada kulit aluminium pesawat latih tanpa memperbesar lubang dan tanpa merusak kulit. Tersedia penitik (center punch), mata bor, *pin punch*, palu, pahat datar, dan tang. *(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)* Urutan pelepasan yang paling tepat adalah ....

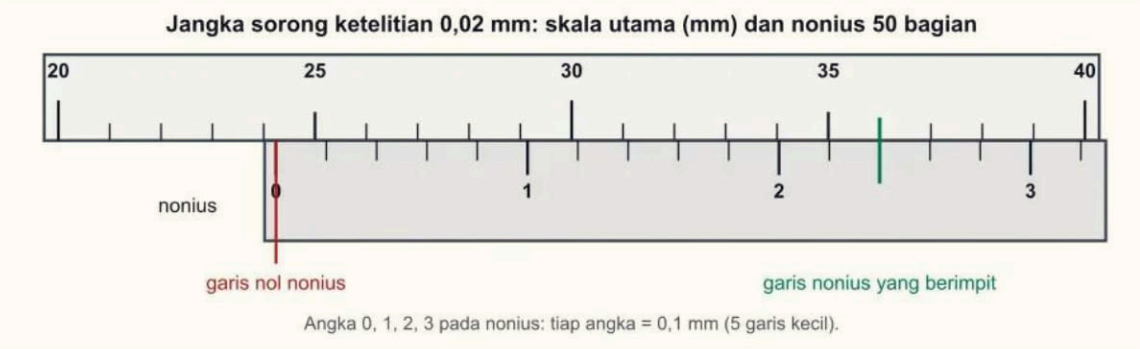
A. Memahat kepala rivet langsung dengan pahat datar sampai terlepas, lalu menarik batangnya keluar dengan tang biasa
B. Membor seluruh panjang batang rivet hingga menembus pelat kedua lalu menarik sisa batangnya keluar dengan tang
C. Mengetuk kepala rivet dengan palu dari atas sampai batangnya melorot masuk ke dalam kedua pelat yang disambung
D. Membuat ceruk di tengah kepala, membor sedalam kepala saja, mematahkan kepala, lalu mengetuk batang keluar
E. Membor ceruk di tengah kepala, lalu mengetuk kepala rivet dengan pahat sampai seluruh rivet terlepas dari pelat

5. Pada 2027, Andri harus melonggarkan beberapa baut berkepala heks yang sudah kencang dan sedikit berkarat pada braket mesin pesawat latih. Ruang kerjanya cukup lapang sehingga alat apa pun dapat masuk. Tersedia kunci ring, kunci pas terbuka, kunci inggris (adjustable), tang kunci (locking pliers), dan tang biasa. *(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)* Alat yang paling tepat untuk melonggarkan baut itu adalah ....

A. Kunci ring atau sok yang ukurannya pas dan melingkupi seluruh kepala baut
B. Kunci pas terbuka seukuran kepala baut yang hanya mengait dua sisinya
C. Kunci inggris yang rahangnya dirapatkan sekencang mungkin pada kepala baut
D. Tang kunci yang menjepit kepala baut dari samping agar tidak mudah tergelincir
E. Tang biasa yang mencengkeram kepala baut lalu diputar memakai kedua tangan

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

6. Pada 2027, Dewa mengukur diameter luar sebuah bus dengan jangka sorong berketelitian 0,02 mm. Gambar memperlihatkan penunjukannya: garis nol nonius berada di antara garis 24 dan 25 pada skala utama, dan garis nonius ke-12 (dihitung dari garis nol, antara angka 2 dan angka 3 pada nonius) berimpit dengan sebuah garis pada skala utama.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Diameter bus yang terbaca adalah ....



A. 24,12 mm
B. 24,60 mm
C. 24,24 mm
D. 36,00 mm
E. 24,00 mm

7. Pada 2027, Tari mengukur tebal piringan rem dengan mikrometer luar 0–25 mm. Batas minimum menurut manual 11,50 mm. Mikrometer itu terakhir dikalibrasi enam bulan lalu, sedangkan jadwal kalibrasi mikrometer di bengkelnya setiap tiga bulan.

Titik ukur	1	2	3	4
Tebal (mm)	11,62	11,58	11,47	11,60

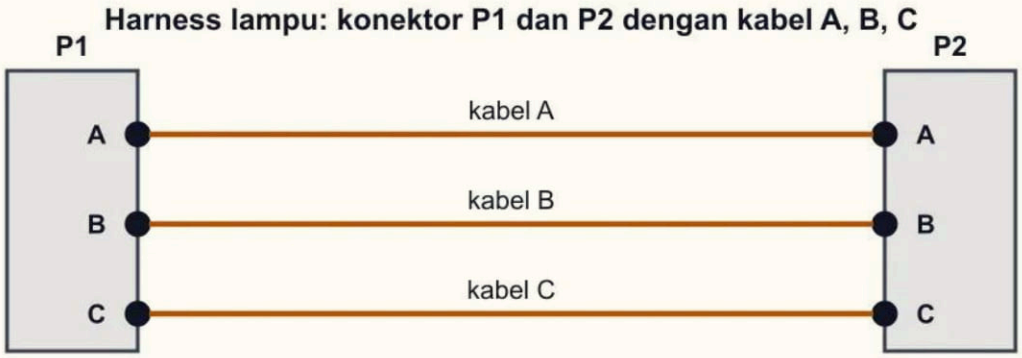
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pernyataan yang tepat adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Titik 3 di bawah batas, sehingga piringan tidak memenuhi walau rata-ratanya di atas batas
☐ B. Rata-rata keempat titik 11,57 mm berada di atas batas, sehingga piringan dinyatakan memenuhi syarat
☐ C. Kalibrasi lewat jadwal, sehingga hasil ukur belum boleh dipakai sebelum alat dikalibrasi ulang
☐ D. Titik 3 diukur ulang dengan alat yang terkalibrasi untuk memastikan hasilnya
☐ E. Titik 3 boleh diabaikan karena ketiga titik lainnya berada di atas batas minimum manual

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

8. Pada 2027, Lutfi memeriksa harness lampu navigasi pesawat latih dengan ohmmeter. Gambar memperlihatkan susunan harness antara konektor P1 dan P2 beserta lima hasil pengukurannya. Kabel A, B, dan C seharusnya terpisah satu sama lain dan tidak terhubung ke badan pesawat.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Kesimpulan yang paling tepat adalah ....



Hasil ukur ohmmeter (OL = tak terhingga, tidak kontinu):

1. P1-A ke P2-A: 0,3 Ω
2. P1-B ke P2-B: OL
3. P1-C ke P2-C: 0,4 Ω
4. P1-A ke P1-C (P2 dilepas): 0,2 Ω
5. P1-B ke badan pesawat: OL

A. Kabel B putus, sedangkan kabel A dan C baik dan terpisah
B. Kabel A putus, sedangkan kabel B dan C baik dan terpisah
C. Kabel B hubung singkat ke badan pesawat, sedangkan A dan C baik
D. Kabel C putus, dan kabel A saling terhubung dengan kabel B
E. Kabel B putus, serta kabel A dan C saling hubung singkat

9. Pada 2027, Reza memeriksa kebengkokan poros starter pesawat latih dengan *dial indicator* berketelitian 0,01 mm yang ujung sentuhnya menempel pada permukaan poros. Poros diputar satu putaran penuh dan penunjukan dicatat tiap seperempat putaran. Manual menetapkan *runout* total (selisih penunjukan terbesar dan terkecil) paling besar 0,12 mm.

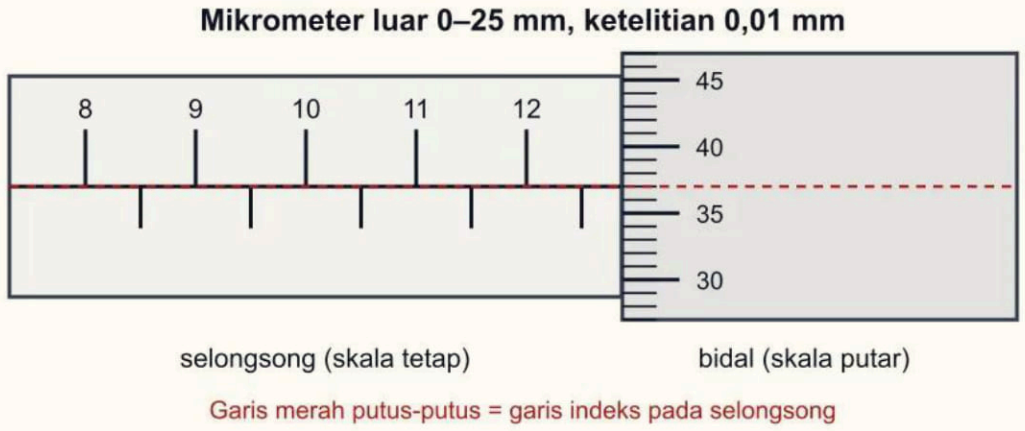
Posisi poros	0°	90°	180°	270°	360°
Penunjukan (mm)	+0,03	+0,07	−0,02	−0,06	+0,03

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. *Runout* total 0,13 mm, melebihi batas 0,12 mm, sehingga poros tidak memenuhi
B. *Runout* total 0,07 mm karena penunjukan terbesar saja yang dihitung, sehingga poros memenuhi
C. *Runout* total 0,065 mm karena hanya setengah selisihnya yang berlaku, sehingga poros memenuhi
D. *Runout* total 0,00 mm karena penunjukan 0° dan 360° sama, sehingga poros lurus sempurna
E. *Runout* total 0,01 mm dari selisih +0,03 dan +0,02, sehingga poros memenuhi

10. Pada 2027, Joni mengukur tebal sebuah pelat dengan mikrometer luar 0–25 mm berketelitian 0,01 mm. Gambar memperlihatkan penunjukan mikrometer saat rahangnya menjepit pelat itu: pada selongsong terlihat garis angka 12 dan garis setengah milimeter di sebelah kanannya, sedangkan garis indeks selongsong berada di antara garis 35 dan 40 pada bidal.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tebal pelat yang terbaca adalah ....



A. 12,37 mm
B. 13,37 mm
C. 12,57 mm
D. 12,50 mm
E. 12,87 mm

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

11. Pada 2027, Dewi ingin mengetahui besar arus yang mengalir ke lampu navigasi pesawat latih bertegangan 28 V DC. Lampu tersambung seri dengan saklar dan *circuit breaker* (CB), dan rangkaian dapat diputus pada sambungan di dekat lampu. Dewi memegang sebuah multimeter digital.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Cara pengukuran yang paling tepat adalah ....

A. Memilih fungsi arus lalu menyambung multimeter paralel dengan lampu tanpa memutus rangkaian
B. Memilih fungsi tegangan lalu menyambung multimeter seri dengan lampu pada sambungan yang diputus
C. Memutus rangkaian pada sambungan itu, memilih fungsi arus, lalu menyambung multimeter seri dengan lampu
D. Memilih fungsi hambatan lalu menyambung multimeter pada kedua kaki lampu saat saklar menyala
E. Memilih fungsi arus lalu menempelkan kedua probe pada kutub baterai sambil saklar dimatikan

12. Pada 2027, instruktur memperkenalkan pengelasan gas oksi-asetilen kepada siswa magang di bengkel sekolah penerbangan. Ia menyalakan obor dan menunjukkan tiga jenis nyala: nyala netral, nyala dengan asetilen berlebih (karburasi), dan nyala dengan oksigen berlebih (oksidasi). Tabung gas berada di troli di samping meja las.
(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
Nyala netral memiliki perbandingan oksigen dan asetilen yang kira-kira seimbang dan dipakai untuk sebagian besar pengelasan baja.	○	○
Nyala dengan asetilen berlebih adalah nyala terpanas sehingga paling cocok untuk mengelas baja lunak.	○	○
Tabung gas disimpan dalam keadaan tegak dan terikat pada troli agar tidak jatuh.	○	○

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

13. Pada 2027, instruktur bengkel pemesinan sekolah penerbangan menjelaskan dasar proses pemesinan kepada siswa magang sebelum mereka mengerjakan bus, pelat penutup, dan braket pesawat latih.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pernyataan yang tepat tentang proses pemesinan adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Bubut dipakai membuat benda berbentuk silinder dengan benda kerja yang diputar pada spindel

☐ B. Frais memotong dengan pahat yang berputar sementara benda kerja dijepit dan digerakkan

☐ C. Gerinda tangan boleh dipakai tanpa pelindung roda asalkan operatornya berpengalaman

☐ D. Mata bor tumpul menghasilkan lubang lebih halus karena bergesekan lebih lama dengan bahan

☐ E. Putaran mata bor diperkecil pada bahan yang lebih keras agar mata bor tidak cepat aus

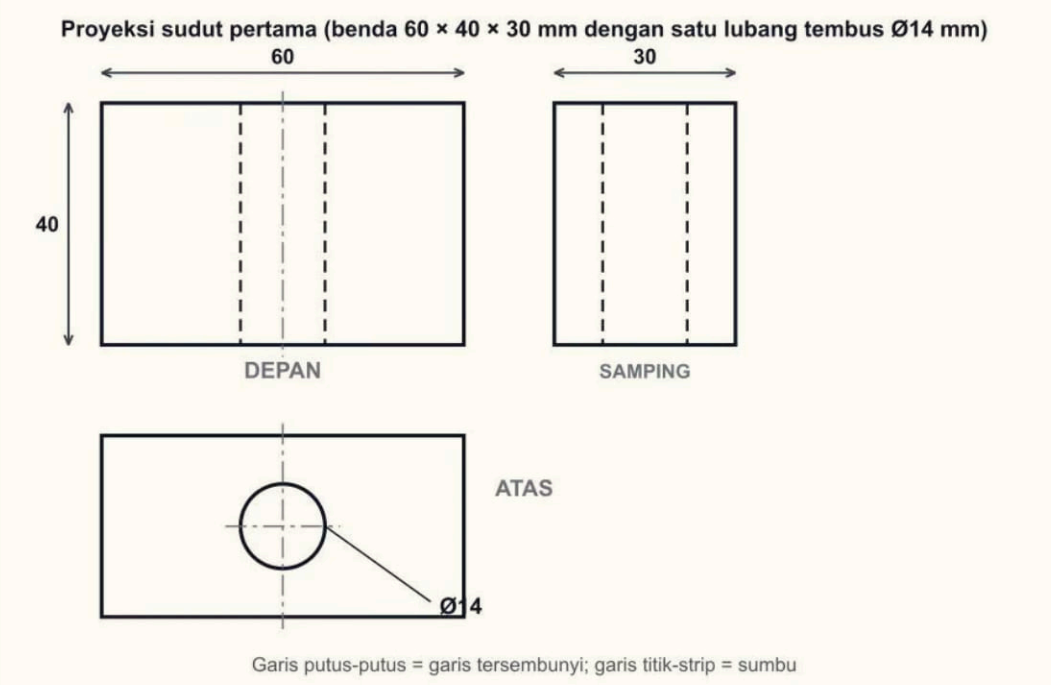
14. Pada 2027, Nabila menyiapkan gambar potongan penuh A–A dari sebuah blok dudukan dengan satu lubang tembus dan satu lubang buta (tidak tembus). Ia memeriksa aturan penggambaran sebelum diserahkan kepada pembimbing.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Garis potong A–A pada pandangan biasa menunjukkan letak bidang potong dan arah pandang pada pandangan potongan.	○	○
Garis tersembunyi pada bagian yang sudah dipotong umumnya tidak perlu digambar lagi karena bagian dalamnya sudah terlihat.	○	○
Ruang kosong lubang pada pandangan potongan diarsir seperti bagian bahan agar gambar tampak penuh.	○	○

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

15. Pada 2027, Nabila membaca gambar kerja sebuah blok dudukan buatan bengkel sekolah penerbangan. Gambar memperlihatkan tiga pandangan dengan proyeksi sudut pertama. Seluruh ukuran dalam milimeter, dan lubang dibor tembus dari atas ke bawah tepat di tengah benda (sumbu lubang berada di tengah lebar 60 mm).
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pandangan yang menampilkan lubang sebagai lingkaran penuh dan jarak dari tepi kiri benda ke tepi kiri lubang adalah ....



A. Pandangan depan; 23 mm
B. Pandangan atas; 23 mm
C. Pandangan atas; 30 mm
D. Pandangan samping; 23 mm
E. Pandangan depan; 46 mm

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

16. Pada 2027, Rina menggambar tampak depan sebuah braket dengan tangan di atas kertas A3. Ia harus membuat banyak garis horizontal yang sejajar dan garis tegak lurus yang rapi dengan cepat. Tersedia *French curve*, jangka, penggaris T beserta sepasang segitiga siku-siku, busur derajat, dan *triangular scale*.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Alat yang paling tepat untuk pekerjaan itu adalah ....

A. *French curve*, karena pinggirnya yang melengkung memudahkan menarik garis lurus
B. Jangka, karena dapat menarik garis lurus panjang dengan menggeser kakinya
C. Penggaris T dan sepasang segitiga, karena menghasilkan garis sejajar dan tegak lurus
D. Busur derajat, karena tepinya yang lurus cocok dipakai untuk garis mendatar panjang
E. *Triangular scale*, karena skalanya yang bertingkat dipakai untuk menarik garis tegak

17. Pada 2027, Bayu akan menggambar tampak samping sebuah panel berukuran 840 mm × 300 mm pada kertas A4 yang diposisikan memanjang. Bidang gambar efektif di dalam garis tepi berukuran 277 mm × 180 mm. *Triangular scale* miliknya memuat skala 1:1, 1:2, 1:4, 1:5, dan 1:10. Bayu ingin gambar sebesar mungkin tetapi tetap muat penuh.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Skala yang paling tepat adalah ....

A. 1:4
B. 1:2
C. 1:5
D. 1:10
E. 1:1

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

18. Pada 2027, Beni memeriksa lampu pendaratan yang tidak menyala dengan multimeter. Ia ingin mengukur hambatan filamen lampu yang masih terpasang pada rangkaian 28 V dengan saklar pada posisi ON.
(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 fungsi ohm dengan saklar tetap ON agar lampu tetap terhubung ke baterai selama pengukuran
☐ B. Mematikan saklar dan memutus sumber daya sebelum memakai fungsi ohm pada rangkaian itu
☐ C. Melepas lampu dari soketnya atau memutus satu ujungnya agar hambatan lampu tidak terbaca bersama jalur lain
☐ D. Memakai probe pada kutub lampu tanpa memperhatikan selector karena probe menentukan fungsi alat
☐ E. Memilih rentang ohm yang sesuai dan menyentuhkan kedua probe lebih dulu untuk memeriksa angka nol alat

19. Pada 2027, Ayu dan Beni akan mengelas braket baja dengan las gas di bengkel yang juga memiliki mesin bubut yang sedang dipakai rekan lain. Tabung oksigen dan asetilen berada di troli, dan di dekat meja las ada kaleng pelarut serta tumpukan kain lap.
(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. Menyambungkan selang oksigen dan asetilen secara bergantian karena kopling keduanya dibuat sama
☐ B. Memakai kacamata atau helm las dengan filter yang sesuai serta pakaian pelindung
☐ C. Menjauhkan pelarut dan kain lap dari area las sebelum obor dinyalakan
☐ D. Mengikat tabung gas tegak pada troli dan menutup katupnya setelah pekerjaan selesai
☐ E. Memakai sarung tangan kain longgar saat mengoperasikan mesin bubut agar tangan terlindung

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

20. Pada 2027, Cahya menggambar isometrik sebuah kotak sambungan listrik berukuran panjang 90 mm, lebar 60 mm, dan tinggi 45 mm dengan skala 1:3. Ia menarik sumbu isometrik pada kertas: garis tegak lurus vertikal, dan dua garis lainnya miring 30° terhadap garis horizontal. Pada gambar isometrik, ukuran sepanjang sumbu isometrik digambar menurut skala yang dipakai.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Garis yang benar untuk sisi panjang 90 mm yang mengarah ke kanan-atas adalah ....

A. Panjang 90 mm pada sudut 30° terhadap horizontal
B. Panjang 30 mm pada sudut 45° terhadap horizontal
C. Panjang 30 mm pada sudut 60° terhadap horizontal
D. Panjang 20 mm pada sudut 30° terhadap horizontal
E. Panjang 30 mm pada sudut 30° terhadap horizontal

21. Pada 2027, Yoga menggambar pelat rib model sayap yang memiliki dua lubang yang tidak terlihat dari arah pandang tertentu. Ia menyiapkan beberapa jenis garis untuk gambar kerjanya dan meminta rekannya memeriksa pemakaiannya.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pemakaian garis yang benar adalah .... (Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Garis ukur digambar tebal kontinu agar angka ukurnya terlihat jelas
☐ B. Garis tepi benda yang terlihat digambar tebal kontinu
☐ C. Garis bantu ukuran digambar putus-putus tebal agar tidak tertukar dengan garis benda
☐ D. Sumbu lubang digambar garis titik-strip tipis
☐ E. Bagian lubang yang tidak terlihat dari arah pandang digambar putus-putus tipis

22. Pada 2027, sebuah bengkel komponen menerima gambar kerja pelat dudukan antena buatan pabrikan di Amerika Serikat. Gambar itu memakai proyeksi sudut ketiga, sedangkan bengkel terbiasa memakai proyeksi sudut pertama. Dua teknisi magang berselisih tentang cara membaca gambar tersebut.
(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 proyeksi sudut ketiga, pandangan atas diletakkan di atas pandangan depan
☐ B. Simbol proyeksi di kepala gambar tidak perlu dilihat karena susunan pandangan selalu sama
☐ C. Garis tersembunyi digambar tebal kontinu agar bagian dalam benda terlihat jelas
☐ D. Pada proyeksi sudut pertama, pandangan samping kiri diletakkan di sebelah kanan pandangan depan
☐ E. Gambar sudut ketiga yang dibaca sebagai sudut pertama dapat membuat atas dan bawah benda tertukar

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

23. Pada 2027, sebuah lampu navigasi pesawat latih bekerja pada tegangan 28 V dan memiliki hambatan filamen 14 Ω saat menyala. Dewi ingin memastikan rating *circuit breaker* (CB) yang terpasang cukup untuk lampu itu.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Arus yang mengalir pada lampu adalah ....

A. 0,5 A
B. 2 A
C. 14 A
D. 28 A
E. 392 A

24. Pada 2027, Nadia akan membubut batang baja lunak berdiameter 25 mm untuk membuat bus di bengkel pemesinan sekolah penerbangan. Pahat yang dipakai adalah pahat HSS. Tabel bengkel (angka latihan) memuat kecepatan potong, dan rumus putaran spindel N = (1.000 × Vc) ÷ (π × D) dengan N dalam putaran per menit (rpm), Vc dalam m/menit, dan D dalam mm. Gunakan π ≈ 3,14.

Bahan	Kecepatan potong Vc (m/menit)
Aluminium	60
Baja lunak	30
Baja tahan karat	15

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Putaran spindel yang paling mendekati adalah ....

A. 191 rpm
B. 764 rpm
C. 478 rpm
D. 382 rpm
E. 1.200 rpm

25. Pada 2027, Rangga, siswa magang, membaca gambar kerja pelat dudukan dengan pandangan potongan A–A. Pada pandangan itu ada bidang yang diarsir dengan garis tipis miring 45° yang rapat dan sejajar. Rangga bertanya kepada pembimbingnya tentang arti arsiran itu.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Arti arsiran tersebut adalah ....

A. Bagian benda yang berlubang tembus dari satu sisi ke sisi lain
B. Garis ukur yang menunjukkan tebal benda pada pandangan potongan
C. Bagian benda yang tertutup dan tidak terlihat dari arah pandang
D. Bidang bahan yang terpotong oleh bidang potong A–A
E. Permukaan benda yang berulir dan harus dikerjakan dengan tap

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 2.1 · Hand tools dan power tools	1, 2, 3, 4, 5	___ / 5	Ulangi hlm. 77
Sub bab 2.2 · Alat ukur mekanik	6, 7, 9, 10	___ / 4	Ulangi hlm. 93
Sub bab 2.3 · Alat ukur listrik dasar	8, 11, 18, 23	___ / 4	Ulangi hlm. 107
Sub bab 2.4 · Dasar pemesinan dan pengelasan	12, 13, 19, 24	___ / 4	Ulangi hlm. 121
Sub bab 2.5 · Peralatan gambar teknik	16, 17, 20, 21	___ / 4	Ulangi hlm. 134
Sub bab 2.6 · Proyeksi pada gambar kerja pesawat	14, 15, 22, 25	___ / 4	Ulangi hlm. 146

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.)

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

Bab 3 · Theory of Flight, Struktur, dan Tenaga Pendorong

SMKTPU-B3

Setelah mempelajari bab ini, kamu dapat:

- mengorelasikan prinsip Bernoulli dan aerodinamika dengan gaya-gaya yang bekerja pada pesawat
- menjelaskan fungsi flight control surfaces dan arah geraknya
- menganalisis jenis konstruksi dan bagian struktur pesawat
- menjelaskan hukum Newton, kekekalan energi, serta prinsip kerja piston engine dan gas turbine engine

Peta bab

Sub bab	Judul
3.1	Prinsip Bernoulli dan aerodinamika
3.2	Gaya-gaya pada pesawat
3.3	Flight control surfaces
3.4	Jenis konstruksi dan bagian struktur pesawat
3.5	Hukum Newton, kekekalan energi, dan tenaga pendorong
3.6	Piston engine
3.7	Gas turbine engine

Bab 3 di LMS

Buka seluruh latihan bab ini di LMS.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktpu&node=SMKTPU-B3

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

Sub bab 3.1 · Prinsip Bernoulli dan aerodinamika

SMKTPU-3.1

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu **menjelaskan dan menerapkan prinsip Bernoulli** pada aliran udara di sekitar pesawat. Levelnya pemahaman dan penalaran: kamu diminta menafsirkan data, bukan menghafal rumus.

Pola soal yang sering muncul: (1) **data tekanan di beberapa titik** di sekitar model sayap, lalu kamu menyimpulkan di mana udara paling cepat dan mengapa sayap menghasilkan gaya angkat; (2) **tabung venturi**: isapan untuk instrumen giroskop dan pembentukan es di karburator; (3) **pernyataan Benar/Salah** tentang kecepatan udara di atas dan di bawah sayap, termasuk alasan yang dipakai.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- membedakan tekanan statis dan tekanan dinamis, serta memakai persamaan kontinuitas dan persamaan Bernoulli untuk hitungan sederhana;
- menjelaskan mengapa tabung venturi menimbulkan isapan dan bagaimana es karburator terbentuk;
- menjelaskan gaya angkat sayap dengan dua sudut pandang yang saling melengkapi, yaitu selisih tekanan (Bernoulli) dan pembelokan aliran (Newton);
- menolak penjelasan keliru "udara di atas dan di bawah sayap harus tiba bersamaan".

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Sayap pesawat, tabung venturi di karburator, dan alat ukur kecepatan udara tampak berbeda. Namun ketiganya bekerja dengan aturan yang sama: **bagaimana tekanan dan kecepatan udara saling berkaitan**. Siapa pun yang bekerja di hanggar penerbangan akan bertemu dengan aturan ini, entah saat memeriksa karburator yang membeku atau saat memahami mengapa sayap yang bersih sangat penting. Mari kita bangun pengertiannya selangkah demi selangkah.

1. Udara adalah fluida

Fluida adalah zat yang dapat mengalir. Air dan udara sama-sama fluida. Udara memang tidak terlihat, tetapi ia **punya massa**. Banyaknya massa dalam satu meter kubik udara disebut **rapat udara** (*air density*), dilambangkan ρ (dibaca "rho") dan bersatuan kg/m^3.

Pada permukaan laut dalam keadaan standar (suhu 15 °C), rapat udara kira-kira $1{,}225\ \text{kg/m}^3$. Artinya, satu kamar berukuran 3 m × 4 m × 2,5 m berisi sekitar 37 kg udara. Rapat udara **berkurang** bila pesawat naik ke tempat yang lebih tinggi, dan juga berkurang bila udara lebih panas. Pada ketinggian 3.000 m rapat udara standar tinggal sekitar

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

$0{,}91\ \mathrm{kg/m^3}$. Catat hal ini; di sub bab 3.2 kamu akan melihat bahwa gaya angkat ikut turun ketika rapat udara turun.

2. Tekanan statis

Tekanan adalah gaya yang bekerja pada setiap satuan luas permukaan:

$$P = \frac{F}{A}$$

Satuan SI-nya pascal (Pa), yaitu newton per meter persegi. Karena angkanya besar, dipakai kilopascal (kPa): 1 kPa = 1.000 Pa. Di manual pesawat kamu juga akan melihat psi (*pound per square inch*). Tekanan udara standar di permukaan laut adalah sekitar 101,3 kPa, sama dengan 14,7 psi, dan 1 psi kira-kira 6,9 kPa.

Tekanan statis (*static pressure*) adalah tekanan udara yang dirasakan oleh sesuatu yang **ikut bergerak bersama udara**, atau oleh permukaan yang sejajar dengan arah aliran. Bayangkan sebuah balon kecil yang melayang terbawa angin: tekanan di dalam lingkungan balon itulah tekanan statis. Alat ukur tekanan statis pesawat adalah lubang kecil di sisi badan atau di sisi tabung pitot. Lubangnya tegak lurus arah aliran, sehingga aliran tidak "menabraknya".

3. Tekanan dinamis

Udara yang bergerak membawa energi gerak. Bila aliran itu dihentikan, energinya berubah menjadi tekanan tambahan. Tekanan tambahan ini disebut **tekanan dinamis** (*dynamic pressure*):

$$q = \frac{1}{2}\rho v^2$$

dengan q tekanan dinamis (Pa), ρ rapat udara (kg/m³), dan v kecepatan udara (m/s). Perhatikan bahwa kecepatan **dikuadratkan**. Jika kecepatan dua kali lipat, tekanan dinamis menjadi empat kali lipat. Sebagai gambaran: pada $v = 50\ \mathrm{m/s}$ (180 km/jam, sekitar 97 knot) dan $\rho = 1{,}225\ \mathrm{kg/m^3}$, tekanan dinamis sekitar 1.531 Pa. Pada $v = 100\ \mathrm{m/s}$ nilainya 6.125 Pa.

Tekanan dinamis dipakai langsung di pesawat. **Tabung pitot** (*pitot tube*) menghadap lurus ke depan sehingga udara berhenti di mulutnya. Di titik henti itu tekanannya adalah tekanan statis ditambah tekanan dinamis. Penunjuk kecepatan udara (*airspeed indicator*) mengukur **selisih** antara tekanan di tabung pitot dan tekanan statis, yaitu tepat q, lalu menampilkannya sebagai kecepatan. Karena itu tabung pitot yang tertutup serangga atau penutup yang lupa dilepas membuat penunjukan kecepatan menjadi salah.

4. Kontinuitas: aliran sempit berarti aliran cepat

Bayangkan selang taman. Ketika ujung selang kamu tekan dengan ibu jari sehingga lubangnya menyempit, air menyembur lebih cepat. Banyaknya air yang keluar per detik tetap sama, tetapi karena lubangnya kecil, air harus lebih cepat. Itulah **persamaan kontinuitas** (kekekalan massa):

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

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

dengan A luas penampang saluran dan v kecepatan aliran. Untuk udara pada kecepatan rendah (di bawah sekitar 100 m/s), kerapatan udara hampir tidak berubah, sehingga rumus sederhana ini cukup. Contoh: sebuah saluran seluas $0{,}020\ \text{m}^2$ dialiri udara $5\ \text{m/s}$ lalu menyempit menjadi $0{,}005\ \text{m}^2$. Kecepatan di bagian sempit menjadi $v_2 = \dfrac{0{,}020 \times 5}{0{,}005} = 20\ \text{m/s}$. Luas turun empat kali, kecepatan naik empat kali.

5. Persamaan Bernoulli

Daniel Bernoulli, ilmuwan Swiss abad ke-18, menemukan hubungan antara tekanan dan kecepatan fluida. Hubungan ini adalah **kekekalan energi** untuk fluida. Setiap bagian udara membawa dua jenis energi: energi karena tekanannya dan energi karena geraknya. Bila udara mengalir tanpa ada mesin yang menambah energi dan tanpa gesekan yang berarti, jumlah kedua energi itu tetap **sepanjang satu garis arus** (*streamline*), yaitu lintasan yang diikuti sebutir udara:

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 = \text{konstan}$$

Artinya, **tekanan statis ditambah tekanan dinamis tetap sama**. Jika kecepatan naik, tekanan statis harus turun. Jika kecepatan turun, tekanan statis naik. Itulah inti prinsip Bernoulli.

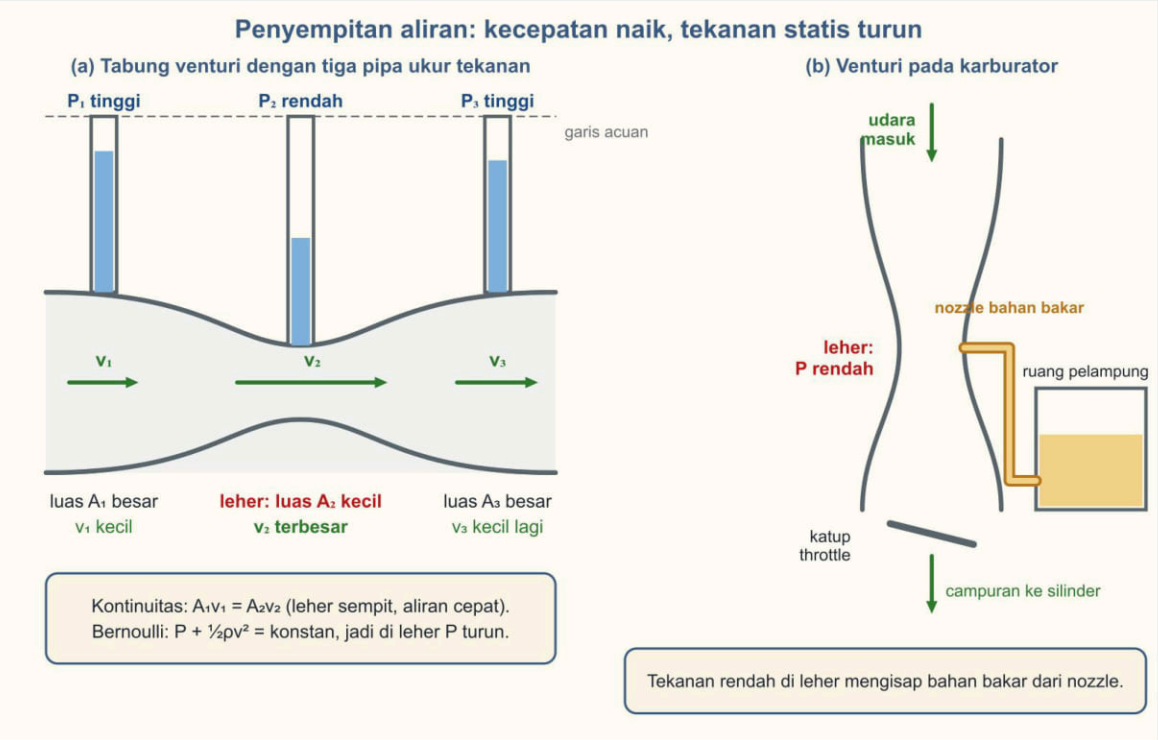
Mengapa begitu? Ketika udara mengalir dari saluran lebar ke saluran sempit, udara di belakang mendorong lebih kuat daripada udara di depan. Dorongan yang tak seimbang itulah yang **mempercepat** udara. Jadi tekanan dan kecepatan berubah bersama-sama; yang satu bukan "penyebab" yang lain. Satu syarat penting: persamaan ini membandingkan titik-titik pada **garis arus yang sama** dan hanya berlaku bila tidak ada mesin atau baling-baling di antara kedua titik.

Satu titik istimewa adalah **titik stagnasi** (*stagnation point*), yaitu titik tempat udara berhenti ($v = 0$). Di titik ini seluruh tekanan dinamis berubah menjadi tekanan, sehingga tekanannya paling tinggi di sepanjang garis arus itu. Pada sayap, titik stagnasi berada di dekat ujung depan (*leading edge*). Mulut tabung pitot juga merupakan titik stagnasi.

6. Tabung venturi

Venturi adalah saluran yang menyempit di tengah lalu melebar kembali. Bagian tersempitnya disebut leher (*throat*). Gambar 3.1 (a) menunjukkan tiga pipa kaca tegak yang dihubungkan ke tabung. Tinggi cairan di tiap pipa menunjukkan tekanan statis di tempat itu.

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



Gambar 3.1 Tabung venturi (a) dan venturi pada karburator (b): di leher, kecepatan naik dan tekanan turun. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Ikuti alurnya. Di bagian lebar, udara lambat dan tekanan tinggi. Di leher, luas penampang kecil, jadi menurut kontinuitas udara cepat; menurut Bernoulli tekanannya paling rendah. Setelah leher saluran melebar lagi, udara melambat, dan tekanan **naik kembali** mendekati nilai semula (sedikit lebih rendah karena ada kehilangan akibat gesekan). Tekanan rendah di leher inilah yang dimanfaatkan sebagai **isapan**.

7. Venturi pada pesawat: girosko dan karburator

Isapan untuk instrumen girosko. Beberapa instrumen penerbangan memakai roda putar kecil (girosko) yang diputar oleh aliran udara yang diisap. Pada pesawat latih yang lebih tua, isapan itu berasal dari tabung venturi yang dipasang di luar badan pesawat. Saat pesawat terbang, udara melewati tabung dan menurunkan tekanan di leher. Saluran dari instrumen dihubungkan **ke leher**. Bila saluran dipindah ke bagian yang lebar, isapannya hampir hilang. Saat pesawat diam dan mesin mati, tidak ada aliran sehingga tidak ada isapan. Banyak pesawat sekarang memakai pompa vakum atau girosko listrik, tetapi prinsipnya tetap sering ditanyakan.

Karburator. Karburator adalah alat yang mencampur bahan bakar dengan udara pada mesin piston tertentu. Udara masuk melalui venturi (Gambar 3.1 b). Di leher, tekanan turun sehingga bahan bakar dari ruang pelampung (*float chamber*) **terisap** keluar lewat lubang kecil (*nozzle*) dan menyatu dengan aliran udara. Semakin cepat udara mengalir, semakin besar isapannya dan semakin banyak bahan bakar yang keluar, sehingga perbandingan campuran terjaga. Katup *throttle* di bawah venturi mengatur banyak campuran yang masuk ke silinder dan dengan itu mengatur daya.

Es karburator. Yang menarik, karburator bisa **membeku** walaupun suhu udara luar jauh di

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

atas 0 °C. Ada tiga penyebab pendinginan di dalam karburator. Pertama, bensin yang berubah dari cair menjadi uap menyerap banyak panas dari udara (seperti alkohol yang terasa dingin di kulit). Kedua, udara yang tekanannya turun di venturi mengembang dan menjadi lebih dingin. Ketiga, di sekitar katup *throttle* yang hampir tertutup tekanan turun lagi. Total penurunan suhunya dapat mencapai puluhan derajat Celsius. Bila udara lembap, uap airnya mengembun lalu membeku di dinding venturi dan di katup *throttle*. Es itu mempersempit saluran, campuran berkurang, putaran mesin turun, dan mesin dapat berhenti.

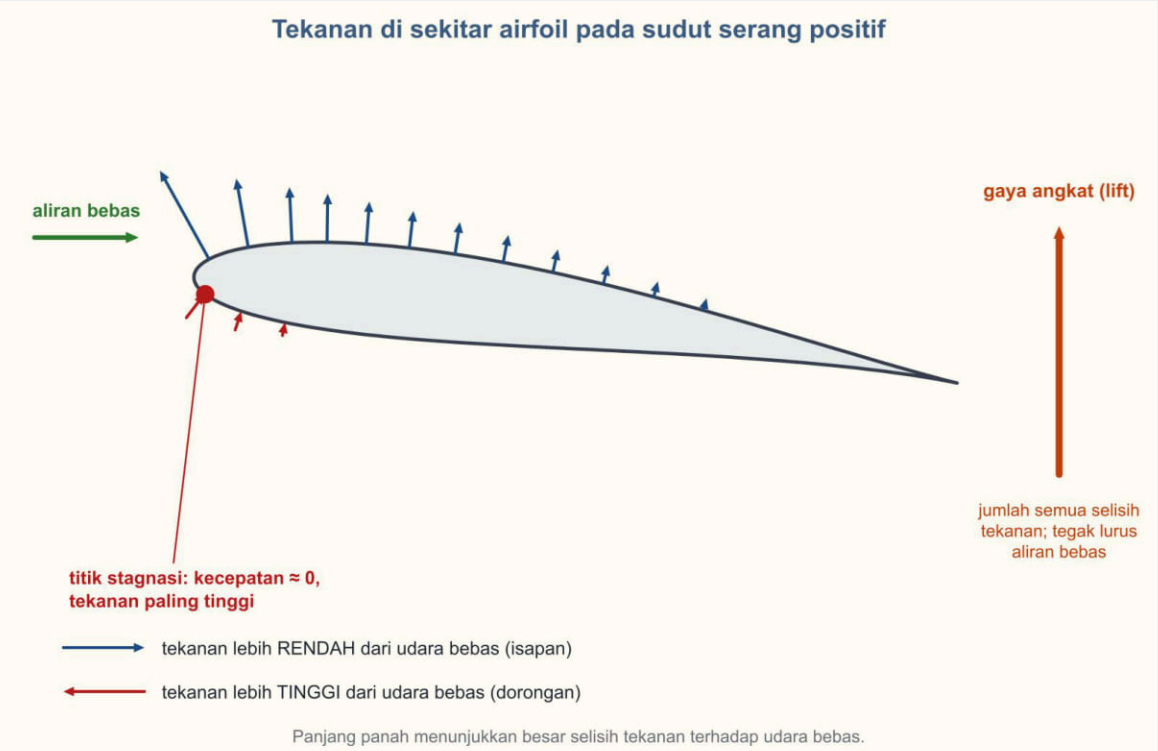
Menurut buku panduan penerbang, es karburator paling sering terjadi bila suhu luar di bawah sekitar 21 °C dan udara sangat lembap, terutama pada daya rendah. Es dapat terbentuk juga pada suhu luar yang lebih tinggi, karena pendinginan di dalam karburator berlangsung mendadak. Pemanas karburator (*carburetor heat*) mengalirkan udara hangat yang melelehkan es. Karena udara hangat lebih renggang, campuran menjadi sedikit lebih kaya dan daya sempat turun sebentar sebelum pulih. Pekerjaan teknisi di sini adalah memeriksa kontrol pemanas dan katup udara hangat berfungsi sesuai manual.

8. Aliran udara di sekitar sayap

Potongan melintang sayap disebut ***airfoil***. Bentuknya melengkung di atas dan lebih datar di bawah, dengan ujung depan (*leading edge*) yang membulat dan ujung belakang (*trailing edge*) yang runcing. Sudut antara garis tengah profil (*chord*) dan arah aliran udara disebut **sudut serang** (*angle of attack*); sub bab 3.2 membahasnya lebih dalam.

Pada sudut serang positif, udara yang mengenai sayap terbelah di titik stagnasi dekat ujung depan. Sebagian mengalir di atas dan sebagian di bawah. Udara di bagian atas harus mengikuti lengkung permukaan sayap; garis arusnya **merapat** dan udara **bergerak lebih cepat**. Menurut Bernoulli, tekanan statis di atas menjadi **lebih rendah** daripada tekanan udara bebas. Di bawah sayap, udara lebih lambat, dan pada sudut serang yang cukup besar tekanannya **lebih tinggi** daripada tekanan udara bebas.

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

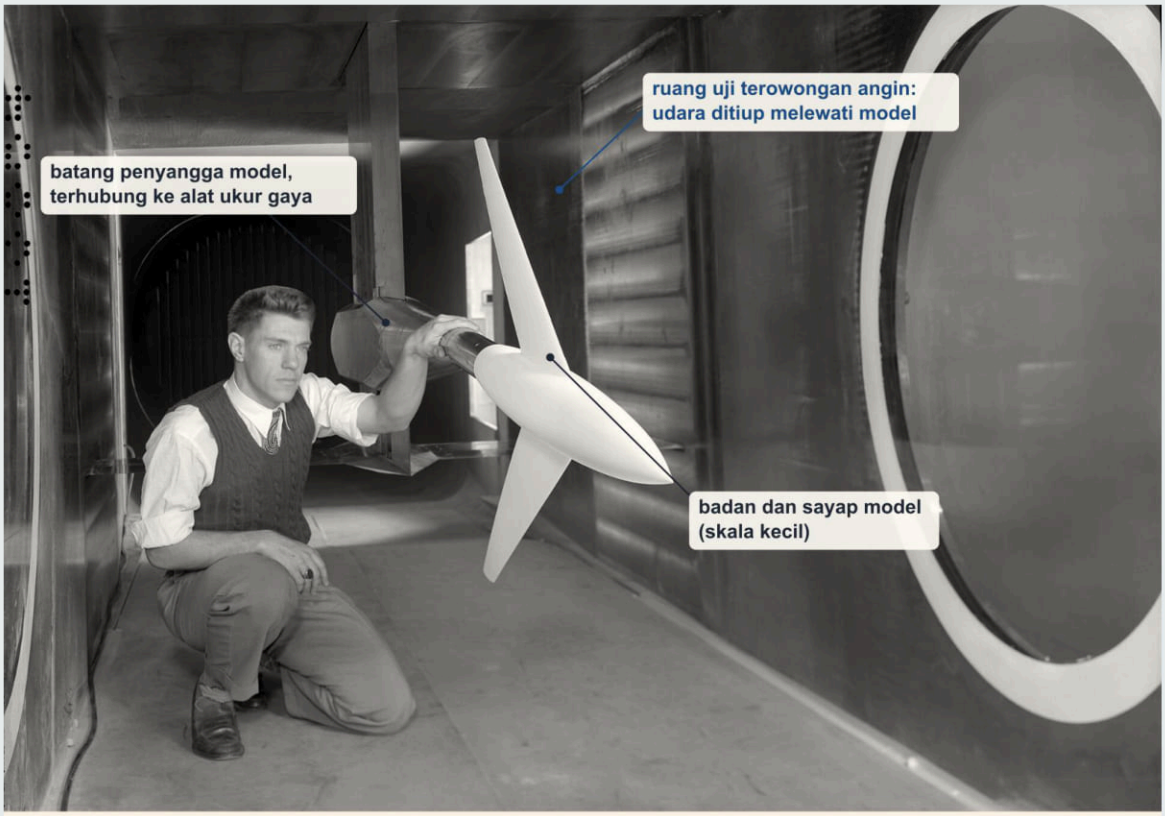


Gambar 3.2 Distribusi tekanan di sekitar airfoil pada sudut serang positif: isapan di permukaan atas, dorongan di bawah, dan titik stagnasi di dekat ujung depan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia; bentuk aliran dihitung dengan model aliran ideal.

Gambar 3.2 memperlihatkan hasilnya. Panah biru yang menjauhi permukaan menandai tekanan **lebih rendah** daripada udara bebas. Panah merah yang menuju permukaan menandai tekanan **lebih tinggi**. Perhatikan bahwa isapan di permukaan atas umumnya paling besar di dekat ujung depan dan mengecil ke arah belakang. Selisih tekanan di semua titik permukaan, bila dijumlahkan, menghasilkan satu gaya yang mengarah ke atas, yaitu **gaya angkat** (*lift*). Gaya angkat selalu tegak lurus terhadap arah aliran udara bebas.

Bagaimana para ahli mengetahui hal ini? Mereka meletakkan model sayap di **terowongan angin** (*wind tunnel*): sebuah lorong tempat udara ditiup dengan kecepatan yang diatur sementara alat ukur dipasang pada model (Gambar 3.3).

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



Gaya dan tekanan pada model diukur, lalu dipakai untuk menghitung gaya angkat.
Keterangan berbahasa Indonesia ditambahkan oleh Tim Next Level Study Indonesia.

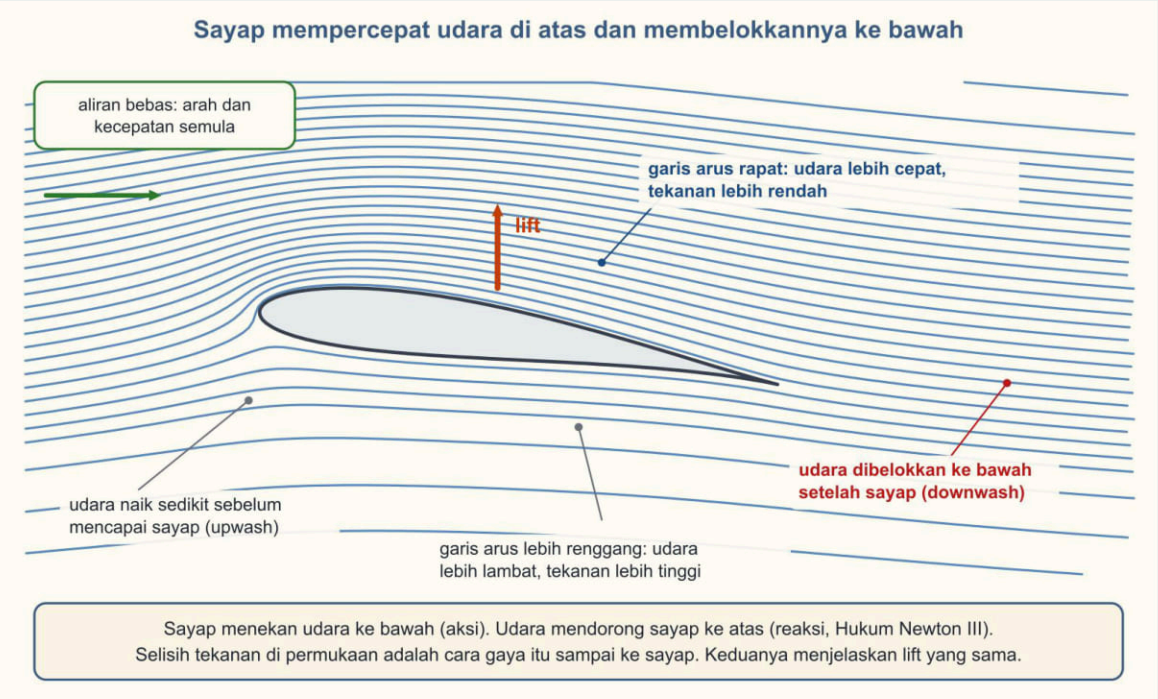
Gambar 3.3 Model pesawat bersayap sapu belakang dipasang pada batang penyangga di ruang uji sebuah terowongan angin. Foto lama milik NASA. Sumber: NASA Ames Research Center / NASA, domain publik (Wikimedia Commons); diubah: keterangan berbahasa Indonesia ditambahkan.

Pada pengujian seperti ini dipasang lubang kecil di permukaan model yang dihubungkan ke alat ukur tekanan. Hasilnya selalu sejalan dengan prinsip Bernoulli: titik yang tekanannya paling rendah adalah titik tempat udara paling cepat, dan titik yang tekanannya paling tinggi (sama dengan atau mendekati tekanan stagnasi) adalah titik tempat udara hampir berhenti.

9. Pembelokan aliran: sudut pandang Newton

Penjelasan lain tentang gaya angkat memakai hukum Newton. Perhatikan Gambar 3.4: udara yang mendekati sayap naik sedikit (*upwash*), lalu setelah melewati sayap ia **dibelokkan ke bawah** (*downwash*). Sayap mengubah arah gerak udara, yaitu mengubah momentum udaranya. Menurut Hukum Newton III, bila sayap mendorong udara ke bawah, udara mendorong sayap ke atas dengan gaya yang sama besar. Gaya reaksi itulah gaya angkat.

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



Gambar 3.4 Garis arus di sekitar sayap pada sudut serang 8°: garis arus merapat di atas, udara dibelokkan ke bawah di belakang sayap. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia; garis arus dihitung dengan model aliran ideal.

Apakah penjelasan tekanan (Bernoulli) dan penjelasan pembelokan (Newton) bertentangan? **Tidak.** Keduanya benar dan menjelaskan hal yang sama dari dua sisi. Sayap membelokkan aliran, dan pembelokan itu mengubah kecepatan udara di sekitar sayap. Perubahan kecepatan itu menimbulkan selisih tekanan di permukaan. Selisih tekanan itu cara gaya angkat disalurkan ke sayap. Bernoulli berasal dari kekekalan energi, sedangkan hukum Newton berasal dari kekekalan momentum; sayap harus memenuhi keduanya sekaligus. Para peneliti penerbangan juga menegaskan bahwa kedua pandangan itu benar.

Satu hal yang perlu diluruskan: sayap **tidak** mengangkat pesawat hanya karena bagian bawahnya "memantulkan" udara seperti batu pipih yang melompat di air. Permukaan atas ikut membelokkan udara, dan sebagian besar gaya angkat pada sudut serang normal justru berasal dari isapan di permukaan atas.

10. Mitos: udara atas dan bawah "harus tiba bersamaan"

Banyak buku dan video menjelaskan gaya angkat begini: "Jalan di atas sayap lebih panjang. Dua bagian udara yang berpisah di ujung depan harus tiba **bersamaan** di ujung belakang. Karena jalannya lebih panjang, udara atas harus lebih cepat, sehingga tekanannya lebih rendah." Penjelasan ini **salah**, walaupun terdengar masuk akal. Alasannya:

1. **Tidak ada hukum yang memaksa udara tiba bersamaan.** Dua bagian udara yang berpisah di depan sayap tidak bertemu lagi di belakang. Dalam pengukuran, udara di atas justru tiba **lebih dulu** daripada udara di bawah.
2. **Sayap yang bagian atas dan bawahnya sama panjang tetap mengangkat.** Sayap simetris dan pesawat kertas bersayap datar dapat terbang. Pesawat akrobatik juga dapat

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

terbang **terbalik**, ketika lengkung atasnya justru menghadap ke bawah.

3. **Hitungan dengan alasan itu memberi gaya angkat yang jauh terlalu kecil.** Kecepatan udara di atas sayap yang sebenarnya jauh lebih tinggi daripada yang diramalkan penjelasan waktu tempuh sama.

Perhatikan bagian mana yang salah. Pernyataan "udara di atas sayap lebih cepat, sehingga tekanannya lebih rendah" **benar**. Yang salah hanyalah **alasan** mengapa udara di atas lebih cepat. Udara di atas lebih cepat karena sayap membelokkan dan menyempitkan aliran, bukan karena ia harus "mengejar" waktu. Ketika kamu membaca pernyataan Benar/Salah, periksa dua hal: hasilnya benar, dan alasannya benar.

11. Batas berlakunya persamaan Bernoulli

Persamaan Bernoulli dipakai dengan syarat. **Pertama**, perbandingan dilakukan pada garis arus yang sama; tidak boleh membandingkan udara di depan baling-baling dengan udara di belakangnya, karena baling-baling menambah energi. **Kedua**, gesekan diabaikan, jadi hasilnya hanya perkiraan di dekat permukaan yang kasar atau saat aliran terlepas (*separation*). **Ketiga**, untuk kecepatan di bawah sekitar 100 m/s udara boleh dianggap tak mampat; pada kecepatan lebih tinggi udara menjadi mampat dan rumusnya perlu koreksi. Untuk soal TKA, kecepatan yang dipakai selalu dalam batas ini.

CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1: penurunan tekanan di leher venturi

Wulan, siswa SMK, memeriksa venturi pada alat praktik di bengkel sekolah pada 2026. Saluran masuk venturi seluas $0{,}0016\ \text{m}^2$ dan leher seluas $0{,}0004\ \text{m}^2$. Udara masuk dengan kecepatan $30\ \text{m/s}$ pada tekanan $101{,}3\ \text{kPa}$. Menurut kartu kerja latihan, pakai $\rho = 1{,}2\ \text{kg/m}^3$. Hitunglah kecepatan di leher dan tekanannya. *(Kasus fiktif.)*

1. **Cari kecepatan di leher** dengan kontinuitas: $v_2 = \dfrac{A_1 v_1}{A_2} = \dfrac{0{,}0016 \times 30}{0{,}0004} = 120\ \text{m/s}$.
2. **Pakai Bernoulli** untuk dua titik pada garis arus yang sama: $P_1 + \tfrac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \tfrac{1}{2}\rho v_2^2$, sehingga $P_1 - P_2 = \tfrac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2)$.
3. **Hitung selisih tekanan:** $\tfrac{1}{2} \times 1{,}2 \times (120^2 - 30^2) = 0{,}6 \times (14.400 - 900) = 0{,}6 \times 13.500 = 8.100\ \text{Pa} = 8{,}1\ \text{kPa}$.
4. **Hitung tekanan di leher:** $P_2 = 101{,}3 - 8{,}1 = 93{,}2\ \text{kPa}$.

Jawaban: kecepatan di leher $120\ \text{m/s}$ dan tekanan $93{,}2\ \text{kPa}$, jadi tekanan di leher turun $8{,}1\ \text{kPa}$. Cek akal: luas turun empat kali, kecepatan naik empat kali, dan tekanan turun, sesuai arah yang dijelaskan. Selisih 8,1 kPa jauh lebih kecil daripada 101,3 kPa, jadi tidak ada tekanan yang menjadi negatif.

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

Contoh 2: membandingkan tekanan atas dan bawah sayap

Pesawat latih milik sekolah penerbangan terbang dengan kecepatan $60\ \text{m/s}$ pada 2027 di dekat permukaan laut. Tekanan udara bebas $101{,}3\ \text{kPa}$ dan pakai $\rho = 1{,}2\ \text{kg/m}^3$. Pada satu titik permukaan atas sayap, kecepatan udara setempat terukur $72\ \text{m/s}$; pada satu titik permukaan bawah, $54\ \text{m/s}$. Tentukan tekanan di kedua titik dan perkirakan gaya angkat bila selisih itu dianggap sama di seluruh sayap seluas $8\ \text{m}^2$. *(Kasus fiktif.)*

1. **Tulis hubungan** antara udara bebas (v_0, P_0) dan titik setempat: $P = P_0 + \tfrac{1}{2}\rho(v_0^2 - v^2)$.
2. **Titik atas:**
   $P_{\text{atas}} = 101.300 + 0{,}6 \times (60^2 - 72^2) = 101.300 + 0{,}6 \times (3.600 - 5.184) = 101.300 - 950 \approx 100.$
   .
3. **Titik bawah:**
   $P_{\text{bawah}} = 101.300 + 0{,}6 \times (3.600 - 2.916) = 101.300 + 410 \approx 101.710\ \text{Pa} = 101{,}71\ \text{kPa}$
   .
4. **Selisih tekanan:** $101{,}71 - 100{,}35 = 1{,}36\ \text{kPa} = 1.360\ \text{Pa}$.
5. **Perkiraan gaya:** $F = \Delta P \times A = 1.360 \times 8 \approx 10.900\ \text{N}$, kira-kira $10{,}9\ \text{kN}$.

Jawaban: tekanan atas $\approx 100{,}35\ \text{kPa}$, tekanan bawah $\approx 101{,}71\ \text{kPa}$, dan gaya angkat perkiraan $\approx 10{,}9\ \text{kN}$. Cek akal: 10,9 kN setara berat benda bermassa sekitar 1.100 kg, wajar untuk pesawat latih kecil. Hitungan ini hanya perkiraan karena selisih tekanan sebenarnya berbeda di tiap titik sayap. Perhatikan juga bahwa tekanan atas lebih rendah, tekanan bawah lebih tinggi, dan keduanya diukur terhadap udara bebas.

Contoh 3: menjelaskan es karburator pada hari lembap

Pada 2026 sebuah pesawat latih bermesin piston berkarburator menunggu giliran lepas landas di landasan pacu sambil gerimis. Suhu udara luar 12 °C dan udara sangat lembap. Mesin berputar pada daya rendah, lalu putaran turun perlahan dan mesin bergetar. Pilot menyalakan pemanas karburator, dan beberapa saat kemudian putaran pulih. Kakak kelas Taufik bertanya, "Bukankah suhunya jauh di atas titik beku?" Jelaskan. *(Kasus fiktif.)*

1. **Cari penyebab pendinginan di dalam karburator:** bensin menguap, udara mengembang di venturi, dan katup *throttle* hampir tertutup. Menurut kartu kerja latihan, total penurunan suhu di dalam karburator diperkirakan 20 °C.
2. **Hitung suhu di dalam karburator:** $12^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = -8^\circ\text{C}$. Suhu ini di bawah titik beku air.
3. **Hubungkan dengan udara lembap:** uap air di udara mengembun dan membeku pada dinding venturi dan katup *throttle*, sehingga saluran menyempit dan campuran berkurang.
4. **Jelaskan pemulihan:** pemanas karburator mengalirkan udara hangat yang melelehkan es, jadi aliran udara dan campuran kembali normal.
5. **Simpulkan:** suhu di dalam karburator lebih rendah jauh daripada suhu luar, sehingga es dapat terbentuk walaupun suhu luar 12 °C.

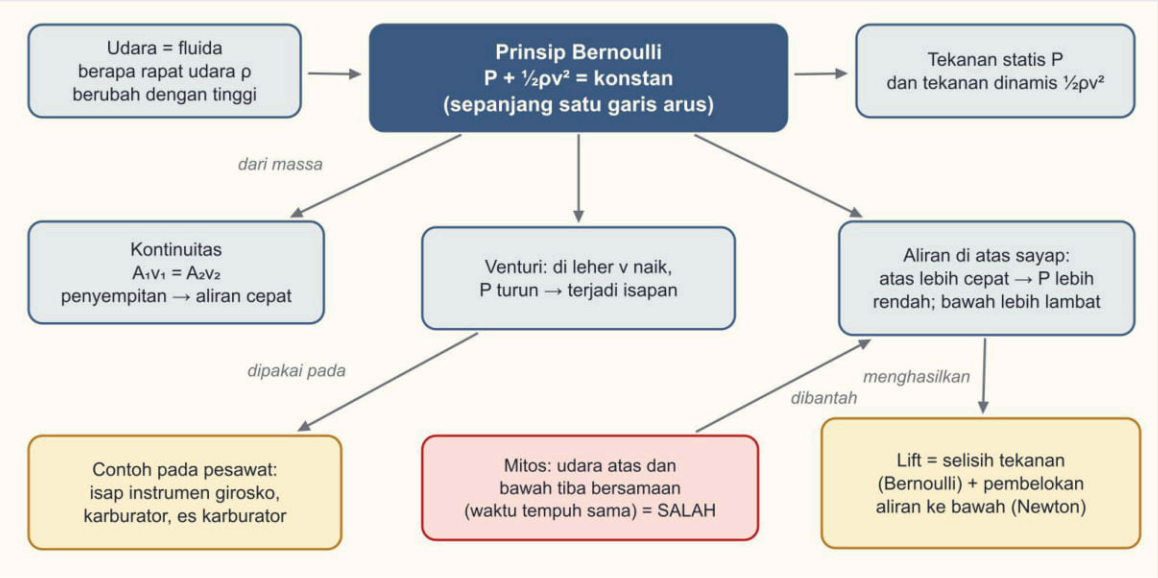
Jawaban: es terbentuk karena suhu di dalam karburator turun jauh di bawah suhu luar, bukan karena suhu luar di bawah 0 °C. Cek akal: andai suhu luar 30 °C, suhu di dalam karburator masih

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

sekitar 10 °C sehingga es tidak terbentuk; karena itu risikonya paling besar pada suhu luar sedang dengan udara lembap.

❖ PETA KONSEP

Gambar 3.5 merangkum isi sub bab ini.



Gambar 3.5 Peta konsep prinsip Bernoulli dan aerodinamika. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Yang harus kamu ingat:

- Tekanan dinamis $q = \frac{1}{2}\rho v^2$; Bernoulli: $P + \frac{1}{2}\rho v^2$ **tetap sepanjang satu garis arus**. Kecepatan naik, tekanan statis turun, dan sebaliknya.
- **Kontinuitas:** $A_1 v_1 = A_2 v_2$. Saluran sempit membuat aliran cepat.
- **Venturi:** di leher udara paling cepat dan tekanan paling rendah, sehingga timbul isapan (girosko, karburator).
- **Es karburator** terbentuk karena pendinginan di dalam karburator, dan dapat terjadi pada suhu luar di atas 0 °C bila udara lembap.
- Di sayap, udara atas lebih cepat dan tekanannya lebih rendah; gaya angkat = selisih tekanan **dan** pembelokan aliran ke bawah (Newton), dua sudut pandang untuk gaya yang sama.
- **Waktu tempuh sama itu salah**: hasil "atas lebih cepat" benar, tetapi alasannya salah.

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

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal Bernoulli dan aliran udara:

1. **Tentukan dua titik yang dibandingkan** dan pastikan keduanya berada pada aliran yang sama (tanpa baling-baling di antaranya).
2. **Bandingkan kecepatannya.** Kecepatan lebih besar berarti tekanan statis lebih kecil. Dari tabel tekanan, titik dengan tekanan terendah adalah titik dengan udara tercepat.
3. **Untuk hitungan,** samakan satuan ke SI (m/s, Pa, m^2), cari kecepatan baru dengan kontinuitas, lalu hitung tekanan dengan Bernoulli.
4. **Periksa alasannya.** Alasan "waktu tempuh sama" atau "jalan lebih panjang" menandakan pernyataan salah.

Jebakan yang sering dipasang:

- **"Cepat berarti tekanan tinggi"**: terbalik. Tekanan statis turun saat kecepatan naik.
- **Titik tekanan tertinggi dianggap titik tercepat**: titik tekanan tertinggi (titik stagnasi) justru kecepatannya hampir nol.
- **Alasan waktu tempuh sama** dipakai untuk menjelaskan gaya angkat.
- **Gaya angkat hanya dianggap berasal dari tekanan bawah** atau hanya "bantingan" udara ke bawah; padahal isapan di atas ikut sangat berperan.
- **Karburator tidak mungkin membeku saat suhu luar di atas 0 °C**: salah, karena suhu di dalam karburator jauh lebih rendah.
- **Isapan venturi dianggap ada saat pesawat diam**, atau saluran instrumen dipasang di bagian lebar. Isapan hanya ada di leher dan hanya bila ada aliran.
- **Satuan tidak disamakan**: kPa dengan Pa, atau km/jam dengan m/s.

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa menjawab bahwa tekanan di titik tengah permukaan atas sayap paling tinggi karena "udara di sana bergerak paling cepat". Yang benar, titik tempat udara paling cepat adalah titik yang tekanannya paling **rendah**.

● BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut meminta kamu membaca tekanan di titik-titik sekitar model sayap. Pakai bagian 5 dan 8: tekanan terendah berarti kecepatan tertinggi, dan titik tekanan tertinggi adalah titik stagnasi.

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

►. Di laboratorium sekolah penerbangan pada 2027, siswa menguji model sayap di terowongan angin pada sudut serang kecil. Lubang-lubang tekanan pada model dihubungkan ke manometer, dan tekanan udara bebas di depan model 101,30 kPa. Hasil pembacaan tekanan statis disajikan pada tabel.

Titik	Letak	Tekanan (kPa)
P1	permukaan atas, dekat leading edge	100,92
P2	permukaan atas, bagian tengah	101,05
P3	permukaan bawah, bagian tengah	101,36
P4	tepat di ujung leading edge	101,42

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

Kesimpulan yang tepat dari data tersebut adalah ....

A. Aliran tercepat di P1, dan lift timbul karena tekanan atas lebih rendah dari bawah
B. Aliran tercepat di P4, karena tekanan di titik itu paling tinggi di antara semua titik
C. Aliran di P3 lebih cepat dari udara bebas, karena tekanannya di atas 101,30 kPa
D. Aliran tercepat di P2, karena bagian tengah permukaan atas paling tebal lengkungnya
E. Lift timbul terutama karena P4 lebih tinggi, sehingga udara mendorong sayap ke atas

Pembahasan **Kunci: A**

Konsep: Prinsip Bernoulli: pada aliran yang sama, kenaikan kecepatan diikuti penurunan tekanan statis. Di ujung leading edge ada titik stagnasi (kecepatan ≈ 0, tekanan tertinggi). Lift timbul dari selisih tekanan bawah (lebih tinggi) dan atas (lebih rendah).

Langkah:

1. Tekanan terendah P1 (100,92 kPa) → aliran tercepat di P1.
2. Tekanan atas (P1, P2) < tekanan bawah (P3) → resultan gaya ke atas (lift).
3. P4 tertinggi → titik stagnasi, aliran paling lambat.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✓ Sesuai data dan prinsip Bernoulli.
• **B.** ✗ Jebakan: hubungan dibalik; tekanan tertinggi justru menunjukkan aliran paling lambat (titik stagnasi).
• **C.** ✗ Jebakan: tekanan di atas tekanan udara bebas berarti aliran lebih lambat, bukan lebih cepat.
• **D.** ✗ Jebakan: alasan bentuk tampak masuk akal, tetapi data menunjukkan tekanan P2 lebih tinggi dari P1, jadi P2 bukan yang tercepat.
• **E.** ✗ Tekanan stagnasi di ujung depan mendorong ke belakang (menambah drag), bukan sumber utama lift.

Jawaban: A.

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

✎ LATIHAN

Untuk tiap soal, tentukan dulu titik atau bagian mana yang kecepatannya paling besar, lalu hubungkan dengan tekanannya.

1. Pesawat latih tua milik sekolah penerbangan memakai tabung venturi di sisi luar badan pesawat untuk menghasilkan isapan (vakum) bagi instrumen giroskop. Pada 2027, Wina, siswa SMK, mempelajari cara kerjanya: tabung menyempit di bagian tengah (throat), dan saluran ke instrumen dihubungkan ke bagian tersempit 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
Udara di bagian tersempit tabung mengalir lebih cepat sehingga tekanannya lebih rendah dan menimbulkan isapan.	○	○
Bila saluran instrumen dipindah ke mulut tabung yang lebar, isapan ke instrumen menjadi lebih kuat.	○	○
Saat pesawat diam dengan mesin mati, tabung venturi tidak menghasilkan isapan karena tidak ada aliran udara.	○	○

2. Pada pagi yang lembap di 2027 (suhu udara 20 °C, kelembapan 85%), pilot pesawat latih bermesin piston berkarburator melaporkan putaran mesin perlahan turun saat terbang dengan daya rendah, lalu pulih setelah carburetor heat dinyalakan. Siswa SMK diminta menjelaskan kejadian itu dengan prinsip Bernoulli pada venturi karburator.
(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. Udara dipercepat di venturi sehingga tekanannya turun, dan tekanan rendah itu mengisap bahan bakar dari nozzle.
☐ B. Es tidak mungkin terbentuk karena suhu udara luar 20 °C jauh di atas titik beku air.
☐ C. Daya rendah mengurangi risiko es karena katup throttle hampir tertutup sehingga udara yang lewat sedikit.
☐ D. Suhu di venturi dapat turun jauh di bawah suhu luar karena tekanan turun dan bahan bakar menguap.
☐ E. Carburetor heat memulihkan putaran karena udara panas lebih rapat sehingga daya mesin naik.

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

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

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa tekanan di leher venturi lebih rendah daripada di bagian yang lebar?
- Mengapa "udara atas dan bawah harus tiba bersamaan" bukan penjelasan yang benar tentang gaya angkat?
- **Yang harus kuingat:** $P + \frac{1}{2}\rho v^2$ tetap pada satu garis arus; kecepatan naik, tekanan statis turun; titik stagnasi bertekanan tertinggi; gaya angkat = selisih tekanan sekaligus pembelokan aliran; es karburator dapat terbentuk di atas 0 °C.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 3.1: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktpu&node=SMKTPU-3.1

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

Sub bab 3.2 · Gaya-gaya pada pesawat

SMKTPU-3.2

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu **menjelaskan gaya-gaya yang bekerja pada pesawat**: gaya angkat, berat, gaya dorong, dan hambatan. Levelnya pemahaman dan penalaran: kamu diminta menilai bagaimana gaya-gaya itu berubah ketika keadaan terbang berubah.

Pola soal yang sering muncul: (1) **pernyataan Benar/Salah tentang empat gaya** pada pesawat yang terbang datar, termasuk akibat es yang menempel di ujung depan sayap; (2) **muatan bertambah**: apa yang harus berubah agar pesawat tetap terbang datar dengan kecepatan yang sama; (3) **sudut serang dan stall**: kapan sayap kehilangan gaya angkat.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menyebut arah dan penyebab empat gaya pada pesawat, serta syarat keseimbangannya saat terbang datar dan saat menanjak mantap;
- menunjukkan bagian-bagian *airfoil* dan menjelaskan sudut serang;
- menjelaskan faktor yang mengubah gaya angkat dan hambatan, yaitu kecepatan, rapat udara, luas sayap, sudut serang, serta es;
- menjelaskan *stall* dan mengapa pesawat bermuatan lebih berat atau bersayap berlapis es lebih cepat mengalami stall.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Pesawat latih yang beratnya lebih dari satu ton dapat melayang di udara karena hanya empat gaya yang saling bekerja. Teknisi yang memahami keempat gaya itu akan mengerti mengapa sayap harus bersih, mengapa muatan harus ditimbang, dan mengapa permukaan kendali harus dipasang tepat. Mari kita mulai dari gambaran besarnya.

1. Empat gaya pada pesawat

Pada pesawat yang sedang terbang bekerja empat gaya (Gambar 3.6). Dua gaya mengarah ke atas dan ke bawah, dua gaya lagi mengarah ke depan dan ke belakang.

- **Gaya angkat** (*lift*) dihasilkan oleh sayap. Arahnya **tegak lurus terhadap arah aliran udara**, kira-kira ke atas.
- **Berat** (*weight*) adalah tarikan bumi pada seluruh massa pesawat, penumpang, muatan, dan bahan bakar. Arahnya ke pusat bumi dan bekerja melalui **pusat gravitasi** (*center of gravity*, CG), titik tempat seluruh berat dianggap terpusat.
- **Gaya dorong** (*thrust*) dihasilkan oleh mesin dan baling-baling atau mesin jet. Arahnya ke depan, kira-kira searah gerak pesawat.
- **Hambatan** (*drag*) adalah gaya yang menahan gerak pesawat di udara. Arahnya **sejajar**

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

dengan aliran udara dan berlawanan dengan gerak, jadi ke belakang.



Gambar 3.6 Empat gaya pada pesawat yang terbang datar dengan kecepatan tetap; semuanya digambar dari pusat gravitasi. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Hukum Newton I berkata bahwa benda bergerak lurus dengan kecepatan tetap bila **resultan gayanya nol**. Karena itu, pada terbang **datar dengan kecepatan tetap** berlaku dua pasangan keseimbangan:

$$\text{Lift} = \text{Weight} \qquad \text{dan} \qquad \text{Thrust} = \text{Drag}$$

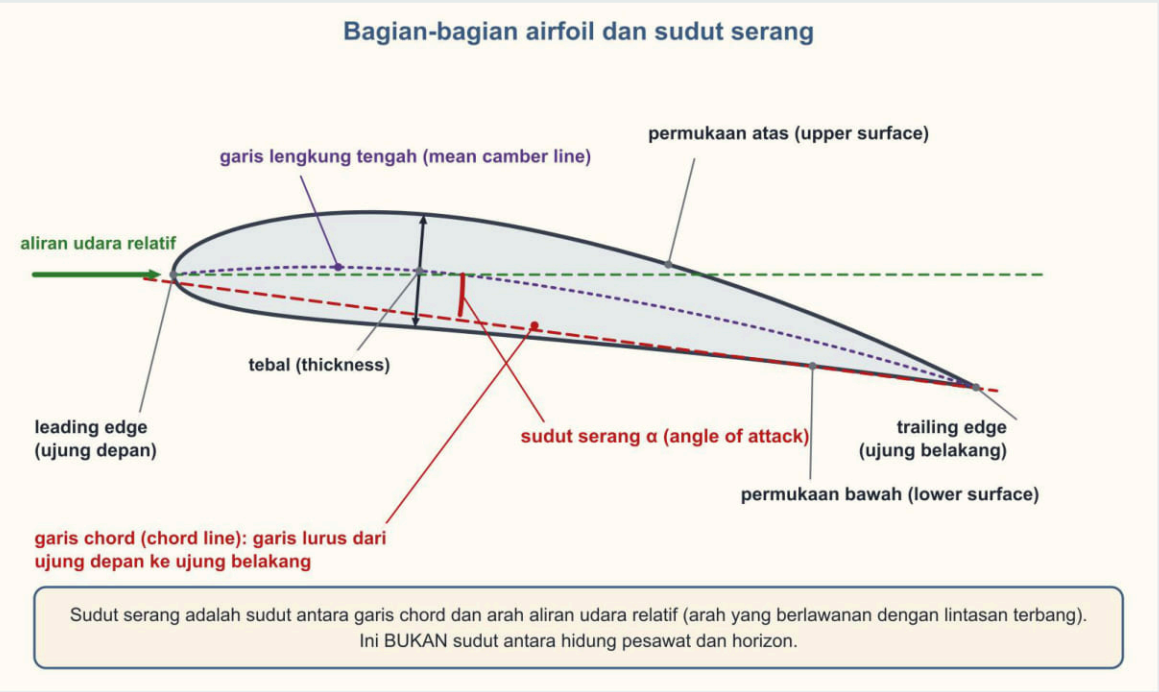
Perhatikan bahwa kedua pasangan itu terpisah. Gaya angkat tidak melawan hambatan, dan gaya dorong tidak melawan berat. Bila salah satu pasangan tidak seimbang, Hukum Newton II berlaku: $F = ma$. Jika Lift lebih besar daripada Weight, pesawat dipercepat ke atas. Jika Thrust lebih besar daripada Drag, pesawat bertambah cepat. Jika Thrust lebih kecil daripada Drag, pesawat melambat. Karena itu **menambah daya saat terbang datar tidak menambah gaya angkat secara langsung**; yang pertama berubah adalah kecepatan, dan kecepatan inilah yang kemudian mengubah gaya angkat.

Hati-hati dengan kalimat "gaya angkat selalu sama dengan berat". Itu **hanya benar saat terbang datar tanpa percepatan vertikal**. Pada saat lepas landas, menanjak, atau berbelok, hubungannya berbeda; bagian 6 membahasnya.

2. Bagian-bagian *airfoil*

Gaya angkat dibuat oleh sayap. Bila sayap dipotong melintang dari depan ke belakang, bentuk potongannya disebut ***airfoil*** (profil sayap). Gambar 3.7 menunjukkan bagian-bagiannya.

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



Gambar 3.7 Bagian-bagian airfoil beserta sudut serang. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia; bentuk profil dihitung dari rumus profil standar.

- ***Leading edge*** (ujung depan) adalah tepi depan yang membulat, tempat udara pertama kali mengenai sayap.
- ***Trailing edge*** (ujung belakang) adalah tepi belakang yang runcing, tempat udara meninggalkan sayap.
- **Garis *chord*** (*chord line*) adalah garis lurus dari ujung depan ke ujung belakang. Panjangnya disebut panjang *chord*.
- **Garis lengkung tengah** (*mean camber line*) adalah garis yang berada tepat di tengah antara permukaan atas dan permukaan bawah. Jika garis ini melengkung, profil dikatakan memiliki ***camber*** (lengkung). Profil simetris memiliki garis lengkung tengah yang lurus, sama dengan garis *chord*.
- **Permukaan atas** dan **permukaan bawah** adalah dua sisi profil; **tebal** (*thickness*) adalah jarak antara keduanya.
- **Aliran udara relatif** (*relative wind*) adalah arah udara yang mengenai sayap, selalu **berlawanan dengan lintasan terbang**. Bila pesawat terbang ke depan dan sedikit naik, aliran udara relatif datang dari depan dan sedikit dari bawah.

Sudut serang (*angle of attack*, ditulis α) adalah sudut antara garis *chord* dan aliran udara relatif. Perhatikan bahwa sudut serang bukan sudut antara hidung pesawat dan horizon, dan bukan juga sudut tanjak. Pada pesawat yang menanjak, hidung bisa menunjuk 15° di atas horizon sedangkan sudut serangnya hanya 5° (Gambar 3.9 menunjukkan hal ini). Sudut serang ditentukan oleh arah gerak pesawat terhadap udara dan oleh arah sayap, jadi pilot mengubahnya lewat gerak elevator yang mengubah arah hidung.

3. Dari apa gaya angkat dan hambatan bergantung

Sub bab 3.1 menjelaskan bagaimana tekanan dan pembelokan aliran menghasilkan gaya

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

angkat. Besarnya gaya itu dapat dihitung dengan rumus:

$$L = C_L \cdot \frac{1}{2}\rho v^2 \cdot S$$

dengan L gaya angkat (N), ρ rapat udara (kg/m^3), v kecepatan pesawat terhadap udara (m/s), S luas sayap (m^2), dan C_L **koefisien gaya angkat**, yaitu angka tanpa satuan yang bergantung pada bentuk profil dan sudut serang. Hambatan dihitung dengan rumus yang bentuknya sama, $D = C_D \cdot \frac{1}{2}\rho v^2 S$, dengan C_D koefisien hambatan. Dari rumus ini diperoleh empat faktor yang dapat mengubah gaya angkat:

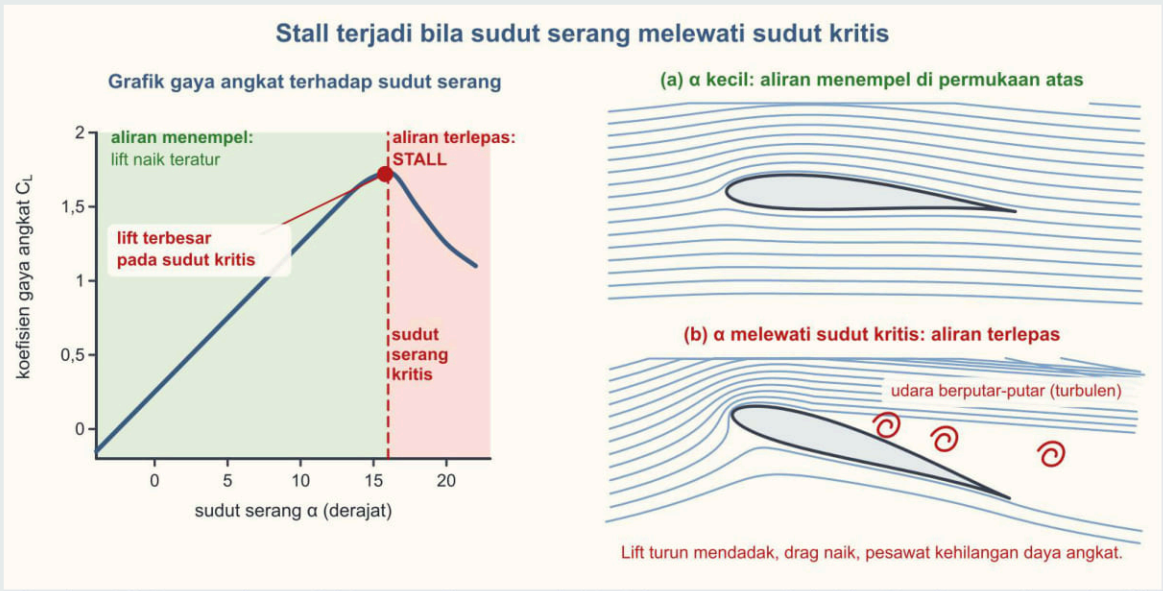
1. **Kecepatan.** Gaya angkat sebanding dengan **kuadrat** kecepatan. Kecepatan dua kali lipat membuat gaya angkat empat kali lipat bila faktor lain tetap.
2. **Rapat udara.** Udara yang lebih renggang menghasilkan gaya angkat lebih kecil. Rapat udara turun pada tempat yang tinggi dan pada hari yang panas.
3. **Luas sayap.** Sayap yang lebih lebar memberi gaya angkat lebih besar. Penurunan *flap* tertentu menambah luas dan lengkung sayap (sub bab 3.3).
4. **Sudut serang** (lewat C_L). Hingga batas tertentu, C_L naik hampir sebanding dengan sudut serang.

Hambatan terdiri atas dua bagian utama. **Hambatan parasit** (*parasite drag*) berasal dari bentuk badan pesawat, gesekan udara pada kulit, dan sambungan; ia **naik** bila kecepatan naik. **Hambatan induksi** (*induced drag*) adalah harga yang harus dibayar untuk menghasilkan gaya angkat; ia **naik** bila sudut serang naik dan karena itu terasa besar saat pesawat terbang lambat dengan sudut serang besar. Jumlah keduanya menentukan gaya dorong yang dibutuhkan.

4. Sudut serang kritis dan *stall*

Bila sudut serang dinaikkan, C_L naik dan gaya angkat bertambah. Namun kenaikan ini ada batasnya (Gambar 3.8). Pada sudut serang kecil, udara mengalir **menempel** di permukaan atas sayap. Pada sudut serang yang cukup besar, udara tidak sanggup lagi mengikuti lengkung permukaan atas dan **terlepas** darinya (*flow separation*), meninggalkan daerah berpusar di belakang. Sudut serang tempat kejadian itu mulai berlangsung disebut **sudut serang kritis** (*critical angle of attack*). Untuk banyak profil sayap nilainya sekitar 15° sampai 18°, tetapi nilai pastinya bergantung pada profil dan dituliskan dalam data pesawat.

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



Gambar 3.8 Gaya angkat naik hingga sudut serang kritis, lalu turun mendadak ketika aliran terlepas (stall). Bentuk kurva hanyalah contoh; angka bergantung pada profil. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia; garis arus dihitung dengan model aliran ideal dan bagian aliran terlepas disketsa.

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

Ketika aliran terlepas, gaya angkat turun mendadak dan hambatan naik tajam. Keadaan ini disebut ***stall***. Beberapa hal tentang *stall* yang sering disalahpahami:

- ***Stall* bukan berarti mesin mati.** Stall adalah keadaan **aerodinamika sayap**, dan dapat terjadi saat mesin berdaya penuh.
- ***Stall* terjadi karena sudut serang melewati sudut kritis**, bukan karena kecepatan tertentu saja. Pesawat dapat stall pada kecepatan tinggi bila sudut serangnya besar, misalnya saat ditarik keras dalam belokan.
- Pada terbang datar, kecepatan terendah yang masih mungkin ialah saat sayap berada di sudut kritis. Kecepatan itu disebut **kecepatan stall**, dan nilainya berubah menurut berat dan keadaan sayap (dibahas di bawah).
- **Cara keluar dari stall** adalah **menurunkan sudut serang** dengan menurunkan hidung, sehingga aliran menempel kembali, baru kemudian menambah daya dan menarik pesawat keluar secara halus. Menarik hidung lebih tinggi justru memperparah.

Dari mana kecepatan stall berasal? Saat terbang datar gaya angkat sama dengan berat. Pada $C_{L,maks}$, yaitu C_L terbesar yang mungkin, berlaku $\frac{1}{2}\rho v^2 S\, C_{L,maks} = W$. Bila diselesaikan untuk v, diperoleh

$$v_{stall} = \sqrt{\frac{2W}{\rho\, S\, C_{L,maks}}}$$

Rumus ini menunjukkan tiga hal. Pesawat yang lebih **berat** memiliki kecepatan stall lebih tinggi; kenaikan berat 21 % menaikkan kecepatan stall sekitar 10 %, karena $\sqrt{1{,}21} = 1{,}1$. Udara yang **renggang** (tinggi, panas) menaikkan kecepatan stall terhadap udara. Dan sayap dengan $C_{L,maks}$ yang **lebih besar**, misalnya dengan *flap* diturunkan, memiliki kecepatan stall yang lebih rendah.

Banyak pesawat memasang alat **peringatan stall** (*stall warning*) yang berbunyi sebelum sudut kritis tercapai. Teknisi menguji alat ini sesuai manual.

5. Faktor yang menggeser gaya: kecepatan, rapat udara, muatan, dan es

Sekarang kita gabungkan rumusnya dengan keadaan nyata di hanggar dan landasan.

Kecepatan berubah. Pada terbang datar berat tetap, gaya angkat harus tetap sama dengan berat. Bila kecepatan bertambah, v^2 bertambah, sehingga C_L yang diperlukan harus **turun**, artinya sudut serang diturunkan. Itulah sebabnya pada kecepatan tinggi hidung pesawat tampak lebih rendah daripada saat terbang lambat. Sebaliknya, terbang lambat membutuhkan sudut serang besar, dekat dengan sudut kritis.

Rapat udara berubah. Di bandara yang tinggi atau pada hari yang sangat panas, ρ lebih kecil. Agar gaya angkat tetap sama, pesawat butuh kecepatan lebih tinggi atau sudut serang lebih besar. Akibatnya jarak lepas landas menjadi lebih panjang, apalagi karena daya mesin juga ikut turun.

Muatan bertambah. Berat naik, sehingga gaya angkat yang diperlukan naik. Bila kecepatan dipertahankan, sudut serang harus **naik**. Sudut serang yang naik membuat hambatan

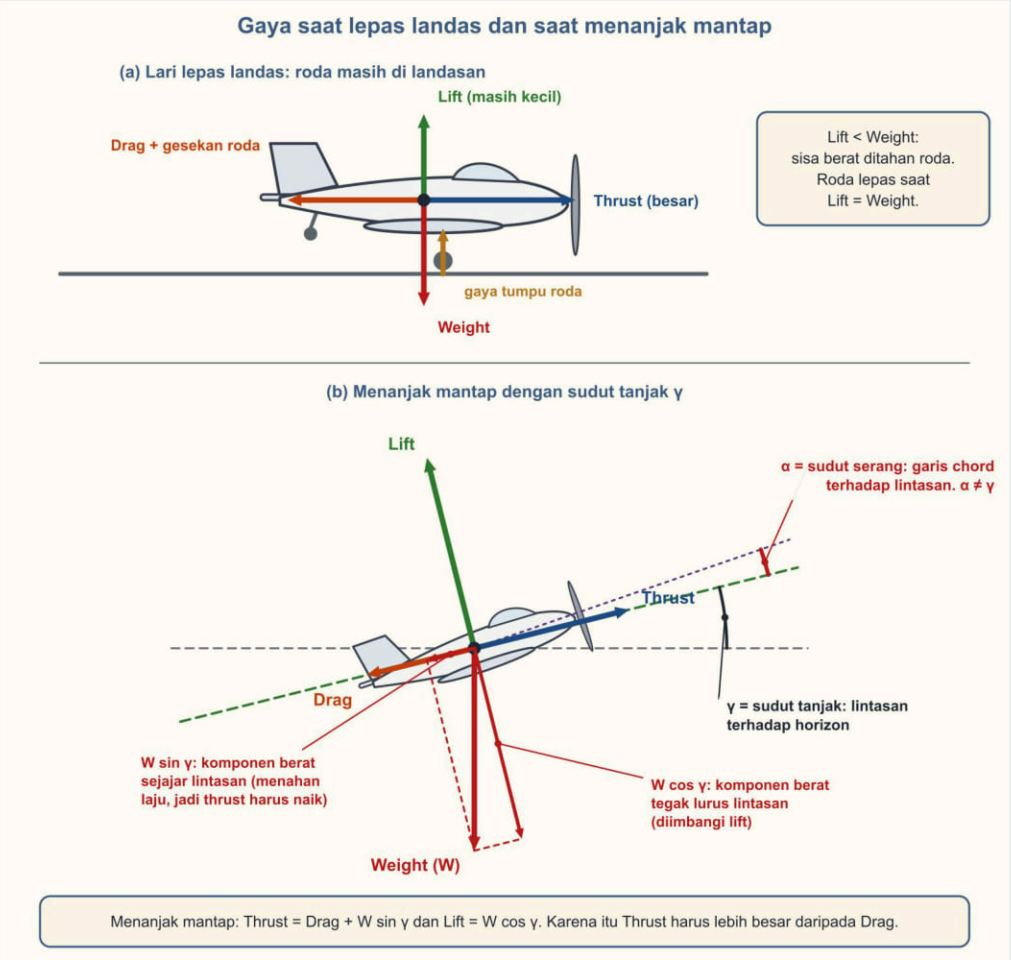
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

induksi naik, sehingga gaya dorong yang diperlukan juga naik. Kecepatan stall pun ikut naik. Karena itu muatan harus ditimbang dan tidak boleh melebihi batas berat dalam manual pesawat.

Es atau embun beku pada sayap. Ini sering diremehkan. Es, salju, atau embun beku yang menempel di ujung depan sayap melakukan tiga hal. (1) Ia **mengubah bentuk profil dan membuat permukaan kasar**, sehingga aliran udara terlepas lebih awal; akibatnya $C_{L,maks}$ **turun**, sayap stall pada sudut serang dan kecepatan yang lebih rendah dari biasanya. (2) Ia **menambah hambatan**. (3) Ia menambah berat, tetapi **pengaruh berat ini kecil** dibandingkan dua pengaruh pertama. Contoh terselesaikan 3 menunjukkan perbandingannya dengan angka. Karena itu pesawat harus dibersihkan dari es sebelum terbang, dan sistem pencegah es (misalnya pemanas dan selubung karet pada ujung depan sayap) harus diperiksa berfungsi sesuai manual.

6. Pesawat lepas landas dan menanjak

Gambar 3.9 menunjukkan dua keadaan yang sering ditanyakan.



Gambar 3.9 Gaya saat pesawat lari lepas landas (a) dan saat menanjak mantap (b). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Saat lari lepas landas pesawat masih di landasan. Gaya dorong jauh lebih besar daripada hambatan sehingga pesawat bertambah cepat. Gaya angkat naik seiring kecepatan, tetapi

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

masih lebih kecil daripada berat; selisihnya ditahan oleh roda. Ketika kecepatan cukup, gaya angkat menjadi sama dengan berat, roda lepas, dan pilot menaikkan sudut serang untuk meneruskan naik.

Saat menanjak mantap (kecepatan dan sudut tanjak tetap) arah lintasan miring dengan sudut tanjak γ (dibaca "gamma") terhadap horizon. Gaya-gaya diuraikan **sejajar dan tegak lurus lintasan**. Berat tetap mengarah ke bawah, sehingga ia punya dua komponen: $W\cos\gamma$ tegak lurus lintasan dan $W\sin\gamma$ sejajar lintasan, ke belakang. Keseimbangannya:

$$\text{Lift} = W\cos\gamma \qquad \text{dan} \qquad \text{Thrust} = \text{Drag} + W\sin\gamma$$

Karena $\cos\gamma$ sedikit lebih kecil daripada 1, gaya angkat saat menanjak **sedikit lebih kecil** daripada berat. Dan karena ada $W\sin\gamma$, gaya dorong **harus lebih besar** daripada hambatan. Itulah mengapa pesawat memerlukan daya lebih besar untuk menanjak. Pada sudut tanjak kecil, misalnya 6°, nilai $\sin 6^\circ \approx 0{,}105$, jadi komponen $W\sin\gamma$ sekitar 10,5 % dari berat.

CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1: menyeimbangkan empat gaya saat terbang datar

Pesawat latih milik sekolah penerbangan bermassa 1.200 kg terbang datar pada 2026 dengan kecepatan tetap. Menurut kartu kerja latihan, hambatannya 1,2 kN dan percepatan gravitasi $g = 10\ \text{m/s}^2$. Tentukan gaya angkat dan gaya dorong. Bila gaya dorong dinaikkan menjadi 1,5 kN pada kecepatan itu, berapa percepatannya? *(Kasus fiktif.)*

1. **Hitung berat:** $W = mg = 1.200 \times 10 = 12.000\ \text{N} = 12{,}0\ \text{kN}$.
2. **Terbang datar, kecepatan tetap:** resultan gaya nol, jadi $\text{Lift} = W = 12{,}0\ \text{kN}$.
3. **Pasangan horizontal:** $\text{Thrust} = \text{Drag} = 1{,}2\ \text{kN}$.
4. **Bila thrust 1,5 kN:** resultan horizontal $= 1.500 - 1.200 = 300\ \text{N}$ ke depan. Dengan Hukum Newton II, $a = \dfrac{F}{m} = \dfrac{300}{1.200} = 0{,}25\ \text{m/s}^2$.

Jawaban: gaya angkat 12,0 kN, gaya dorong 1,2 kN, dan percepatan $0{,}25\ \text{m/s}^2$ (pesawat bertambah cepat). Cek akal: gaya angkat sepuluh kali hambatan, wajar untuk pesawat latih. Kecepatan bertambah, sehingga gaya angkat ikut naik bila sudut serang tidak diubah; pilot akan menurunkan sudut serang sedikit.

Contoh 2: perubahan sudut serang bila muatan bertambah

Pada 2027, pesawat latih berluas sayap $15\ \text{m}^2$ terbang datar dengan kecepatan $50\ \text{m/s}$. Pakai $\rho = 1{,}2\ \text{kg/m}^3$ dan $g = 10\ \text{m/s}^2$. Menurut kartu kerja latihan, pada daerah lurus berlaku $C_L = 0{,}25 + 0{,}10\,\alpha$ (dengan α dalam derajat) dan $C_D = 0{,}030 + 0{,}050\,C_L^2$. Massa pesawat naik dari 900 kg menjadi 1.080 kg karena muatan. Bila kecepatan dipertahankan, tentukan perubahan sudut serang dan perubahan gaya dorong yang diperlukan. *(Kasus fiktif.)*

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

1. **Hitung tekanan dinamis kali luas:**
   $qS = \frac{1}{2} \times 1{,}2 \times 50^2 \times 15 = 0{,}6 \times 2.500 \times 15 = 22.500$ N.
2. **Berat awal dan akhir:** $W_1 = 900 \times 10 = 9.000$ N dan $W_2 = 1.080 \times 10 = 10.800$ N.
3. **Koefisien gaya angkat yang diperlukan** ($L = W$, jadi $C_L = W/qS$):
   $C_{L1} = \dfrac{9.000}{22.500} = 0{,}40$ dan $C_{L2} = \dfrac{10.800}{22.500} = 0{,}48$.
4. **Sudut serang:** $\alpha = \dfrac{C_L - 0{,}25}{0{,}10}$, sehingga $\alpha_1 = 1{,}5^\circ$ dan $\alpha_2 = 2{,}3^\circ$. Sudut serang naik $0{,}8^\circ$.
5. **Koefisien hambatan:** $C_{D1} = 0{,}030 + 0{,}050 \times 0{,}40^2 = 0{,}038$ dan $C_{D2} = 0{,}030 + 0{,}050 \times 0{,}48^2 = 0{,}04152$.
6. **Hambatan:** $D_1 = 0{,}038 \times 22.500 = 855$ N dan $D_2 = 0{,}04152 \times 22.500 \approx 934$ N. Gaya dorong yang diperlukan naik $934 - 855 = 79$ N.

Jawaban: sudut serang naik dari $1{,}5^\circ$ menjadi $2{,}3^\circ$ dan gaya dorong naik sekitar 79 N. Cek akal: muatan bertambah, sehingga sudut serang naik, hambatan naik, dan gaya dorong naik; arah ketiganya sesuai penjelasan. Kenaikan gaya dorong kecil karena sudut serang awal masih kecil.

Contoh 3: pengaruh es di ujung depan sayap

Pada 2026, Nanda, teknisi magang, melihat lapisan es tipis di ujung depan sayap pesawat latih yang menunggu pembersihan. Massa pesawat 1.080 kg ($W = 10.800$ N), $S = 15\ \text{m}^2$, $\rho = 1{,}2\ \text{kg/m}^3$, dan $g = 10\ \text{m/s}^2$. Menurut kartu kerja latihan, $C_{L,maks}$ sayap bersih 1,5 dan turun menjadi 1,2 bila ada es; es itu bermassa sekitar 20 kg. Bandingkan kecepatan stall: sayap bersih, sayap berlapis es, dan bila es hanya dianggap menambah berat. *(Kasus fiktif.)*

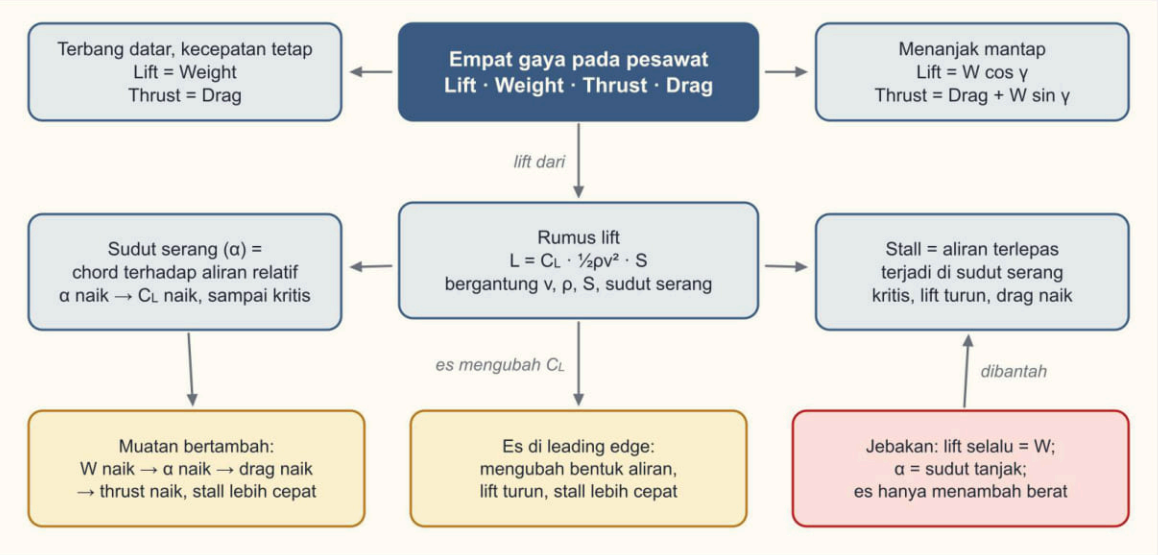
1. **Rumus:** $v_{stall} = \sqrt{\dfrac{2W}{\rho\, S\, C_{L,maks}}}$.
2. **Sayap bersih:** $v = \sqrt{\dfrac{2 \times 10.800}{1{,}2 \times 15 \times 1{,}5}} = \sqrt{\dfrac{21.600}{27}} = \sqrt{800} \approx 28{,}3\ \text{m/s}$.
3. **Sayap berlapis es (pengaruh pada aliran, $C_{L,maks} = 1{,}2$):**
   $v = \sqrt{\dfrac{21.600}{1{,}2 \times 15 \times 1{,}2}} = \sqrt{\dfrac{21.600}{21{,}6}} = \sqrt{1.000} \approx 31{,}6\ \text{m/s}$. Naik sekitar $3{,}3\ \text{m/s}$.
4. **Hanya berat bertambah 200 N** (20 kg), $C_{L,maks}$ tetap 1,5:
   $v = \sqrt{\dfrac{2 \times 11.000}{27}} = \sqrt{814{,}8} \approx 28{,}5\ \text{m/s}$. Naik hanya sekitar $0{,}3\ \text{m/s}$.
5. **Bandingkan:** pengaruh es pada aliran (+3,3 m/s) sekitar sepuluh kali pengaruh beratnya (+0,3 m/s).

Jawaban: es menaikkan kecepatan stall dari sekitar 28,3 m/s menjadi 31,6 m/s, dan sebagian besar kenaikan itu berasal dari rusaknya aliran udara, bukan dari tambahan berat. Cek akal: es 20 kg hanya sekitar 1,9 % dari berat total, sehingga pengaruhnya kecil; karena itu pernyataan "es hanya menambah berat" tidak benar.

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

❖ PETA KONSEP

Gambar 3.10 merangkum isi sub bab ini.



Gambar 3.10 Peta konsep gaya-gaya pada pesawat. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Yang harus kamu ingat:

- Empat gaya: **lift** (tegak lurus aliran, ke atas), **weight** (ke bumi, melalui CG), **thrust** (ke depan), **drag** (ke belakang).
- **Terbang datar, kecepatan tetap:** Lift = Weight dan Thrust = Drag. Pasangan ini terpisah, dan Lift = Weight hanya benar saat terbang datar.
- $L = C_L \cdot \frac{1}{2}\rho v^2 S$: bergantung pada kecepatan (dikuadratkan), rapat udara, luas sayap, dan sudut serang.
- **Sudut serang** = *chord* terhadap aliran relatif, bukan sudut tanjak. *Stall* terjadi pada **sudut serang kritis** saat aliran terlepas.
- **Muatan bertambah:** berat naik, sudut serang naik, hambatan naik, gaya dorong naik, kecepatan stall naik.
- **Es di ujung depan sayap** mengganggu aliran sehingga lift turun dan stall lebih cepat; pengaruh tambahan beratnya kecil.
- **Menanjak mantap:** Lift = $W \cos \gamma$ dan Thrust = Drag + $W \sin \gamma$.

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

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal gaya pada pesawat:

1. **Tulis keadaan terbangnya:** datar, menanjak, lepas landas, atau berbelok; kecepatan tetap atau berubah.
2. **Bagi menjadi dua pasangan:** vertikal (lift dan weight) dan horizontal (thrust dan drag). Tentukan pasangan mana yang berubah.
3. **Telusuri rantai akibat.** Satu perubahan memicu perubahan berikutnya: berat naik → sudut serang naik → hambatan naik → gaya dorong naik.
4. **Periksa rumus:** kecepatan dikuadratkan, rapat udara dalam kg/m^3, luas dalam m^2.

Jebakan yang sering dipasang:

- **"Lift selalu sama dengan berat"**: hanya saat terbang datar tanpa percepatan vertikal.
- **Sudut serang disamakan dengan sudut tanjak** atau dengan sudut hidung terhadap horizon.
- **"Es hanya menambah berat"**: padahal es terutama merusak aliran udara.
- ***Stall* dianggap hanya terjadi pada kecepatan rendah** atau berarti mesin mati.
- **Menambah thrust dianggap langsung menambah lift**: yang pertama berubah adalah kecepatan.
- **Menarik hidung untuk keluar dari stall**: yang benar, turunkan sudut serang dulu.
- **Muatan bertambah dengan kecepatan sama**, tetapi sudut serang dianggap tetap.

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa menjawab bahwa pesawat yang menambah muatan dapat terbang datar pada kecepatan yang sama dengan sudut serang yang sama, "asal gaya dorong dinaikkan". Yang benar, gaya angkat harus bertambah sebesar tambahan berat, dan pada kecepatan sama itu hanya mungkin bila sudut serang dinaikkan.

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut meminta kamu menilai empat gaya pada pesawat yang terbang datar dan efek es di ujung depan sayap. Pakai bagian 1 dan 5: dua pasang gaya, dan es mengubah aliran.

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

►. Pada penerbangan latihan 2027, pesawat latih terbang datar pada ketinggian dan kecepatan tetap. Instruktur meminta Ilham, siswa SMK yang ikut sebagai pengamat, menjelaskan gaya lift, weight, thrust, dan drag. Beberapa menit kemudian pesawat melewati awan dingin dan lapisan es tipis mulai menempel di leading edge sayap, sementara posisi throttle tidak diubah.
(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
Sebelum es menempel, lift sama besar dengan weight, dan thrust sama besar dengan drag.	○	○
Es menambah weight dan drag, sehingga dengan throttle tetap kecepatan pesawat cenderung berkurang.	○	○
Karena lift sama dengan weight, menambah thrust saat terbang datar tidak mengubah kecepatan pesawat.	○	○

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

Konsep: Empat gaya pada pesawat: lift melawan weight (arah vertikal), thrust melawan drag (arah horizontal). Bila pasangan gaya seimbang, pesawat bergerak lurus beraturan; bila tidak, pesawat dipercepat atau diperlambat ke arah resultan gaya.

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1 → Benar.** Terbang datar berkecepatan tetap berarti resultan gaya nol pada kedua arah.
• **Pernyataan 2 → Benar.** Drag lebih besar dari thrust → pesawat melambat; weight juga bertambah.
• **Pernyataan 3 → Salah.** Jebakan: lift–weight adalah pasangan vertikal; thrust yang melebihi drag mempercepat pesawat.

Jawaban: Benar, Benar, Salah.

✎ LATIHAN

Untuk tiap soal, tulis dulu keadaan terbangnya, lalu telusuri gaya mana yang berubah dan apa akibat berikutnya.

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

1. Pesawat latih terbang datar dengan kecepatan tetap pada 2027. Di bandara transit, pesawat diisi muatan tambahan 80 kg. Pada penerbangan berikutnya, pilot ingin tetap terbang datar dengan kecepatan yang sama seperti sebelumnya. Iqbal, siswa SMK yang ikut sebagai pengamat, diminta menjelaskan perubahan gaya yang dibutuhkan.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Penjelasan yang paling tepat adalah ....

A. Lift naik lewat sudut serang yang lebih besar; drag tetap sehingga thrust tidak berubah
B. Thrust dinaikkan agar lift bertambah, sedangkan sudut serang dan drag tetap seperti semula
C. Lift tetap karena kecepatan sama; tambahan weight ditahan oleh thrust yang lebih besar
D. Lift naik lewat sudut serang yang lebih besar; drag ikut naik sehingga thrust juga naik
E. Sudut serang diturunkan agar drag turun, lalu thrust yang sama menahan tambahan weight

Kunci singkat: 1. D

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa "gaya angkat selalu sama dengan berat" bukan pernyataan yang benar secara umum?
- Mengapa es di ujung depan sayap membuat pesawat stall pada kecepatan lebih tinggi?
- **Yang harus kuingat:** terbang datar kecepatan tetap berarti Lift = Weight dan Thrust = Drag; $L = C_L \frac{1}{2} \rho v^2 S$; sudut serang bukan sudut tanjak; stall terjadi di sudut serang kritis; muatan bertambah menaikkan sudut serang, hambatan, dan gaya dorong yang diperlukan.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 3.2: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktpu&node=SMKTPU-3.2

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

Sub bab 3.3 · Flight control surfaces

SMKTPU-3.3

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu **menjelaskan permukaan kendali terbang** (*flight control surfaces*): fungsinya, arah geraknya, dan akibatnya pada gerak pesawat. Levelnya pemahaman dan penerapan: kamu diminta menentukan apakah pemasangan kendali sudah benar dan apa yang harus disetel.

Pola soal yang sering muncul: (1) **uji gerak setelah kabel diganti**: control wheel atau pedal digerakkan, lalu kamu menilai arah aileron, elevator, dan rudder; (2) **penyetelan trim tab** agar pilot tidak perlu menahan kendali; (3) **flap**: kapan dipakai dan mengapa gerak kiri dan kanan harus simetris.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menyebut tiga sumbu gerak pesawat dan permukaan kendali primer yang menggerakkannya;
- menentukan arah gerak aileron, elevator, dan rudder dari gerak kendali di kokpit;
- membedakan fungsi flap, *slat*, *spoiler*, dan *trim tab*;
- menyusun langkah uji gerak (*operational check*) dan menilai hasilnya.

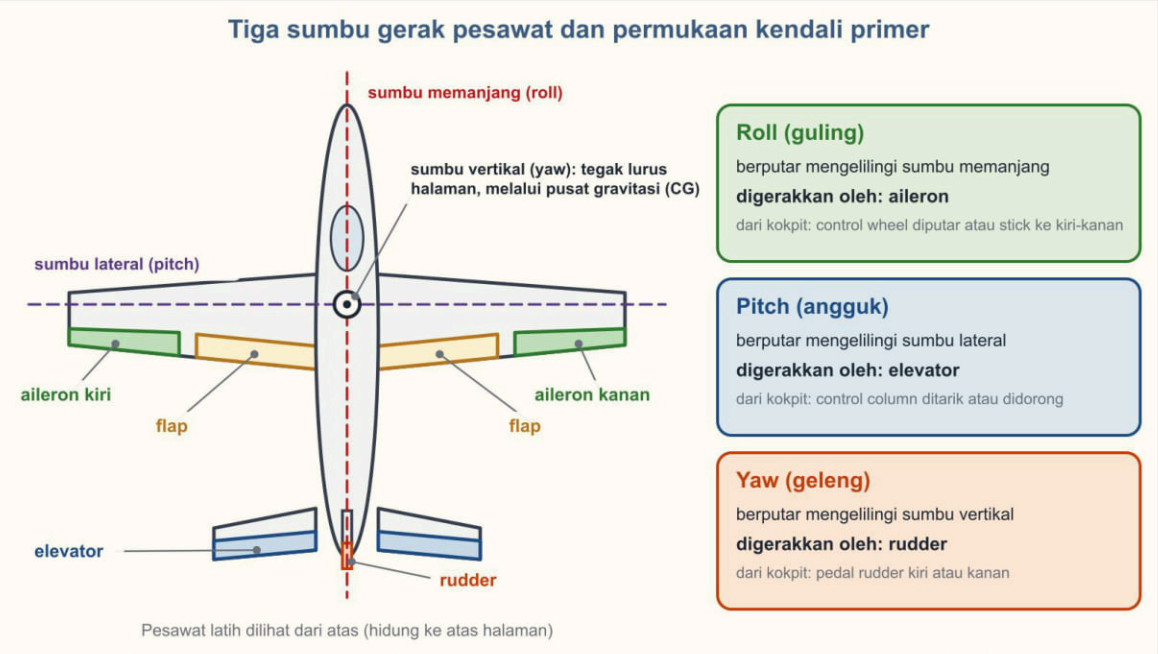
◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Pilot tidak mengubah arah pesawat dengan "membelokkan" udara secara ajaib. Ia menggerakkan permukaan-permukaan kecil di sayap dan ekor sehingga gaya angkat atau gaya samping di tempat itu berubah, lalu seluruh pesawat berputar mengikutinya. Permukaan-permukaan itu adalah **permukaan kendali terbang**. Kesalahan memasangnya, misalnya kabel yang tertukar, dapat membuat pesawat bergerak berlawanan dengan perintah pilot. Karena itu pekerjaan teknisi pada sistem kendali selalu diuji dan diperiksa dua kali.

1. Tiga sumbu dan tiga gerak pesawat

Pesawat yang terbang dapat berputar mengelilingi tiga garis lurus khayal yang berpotongan di pusat gravitasi (CG). Garis-garis itu disebut **sumbu** (Gambar 3.11).

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



Gambar 3.11 Tiga sumbu gerak pesawat, permukaan kendali primer, dan kendali di kokpit yang menggerakkannya. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

- **Sumbu memanjang** (*longitudinal axis*) membentang dari hidung ke ekor. Putaran mengelilinginya disebut **guling** (*roll*): satu sayap turun dan sayap lain naik.
- **Sumbu lateral** (*lateral axis*) membentang dari ujung sayap ke ujung sayap. Putaran mengelilinginya disebut **angguk** (*pitch*): hidung naik atau turun.
- **Sumbu vertikal** (*vertical axis*) tegak lurus terhadap sayap dan badan. Putaran mengelilinginya disebut **geleng** (*yaw*): hidung menoleh ke kiri atau ke kanan.

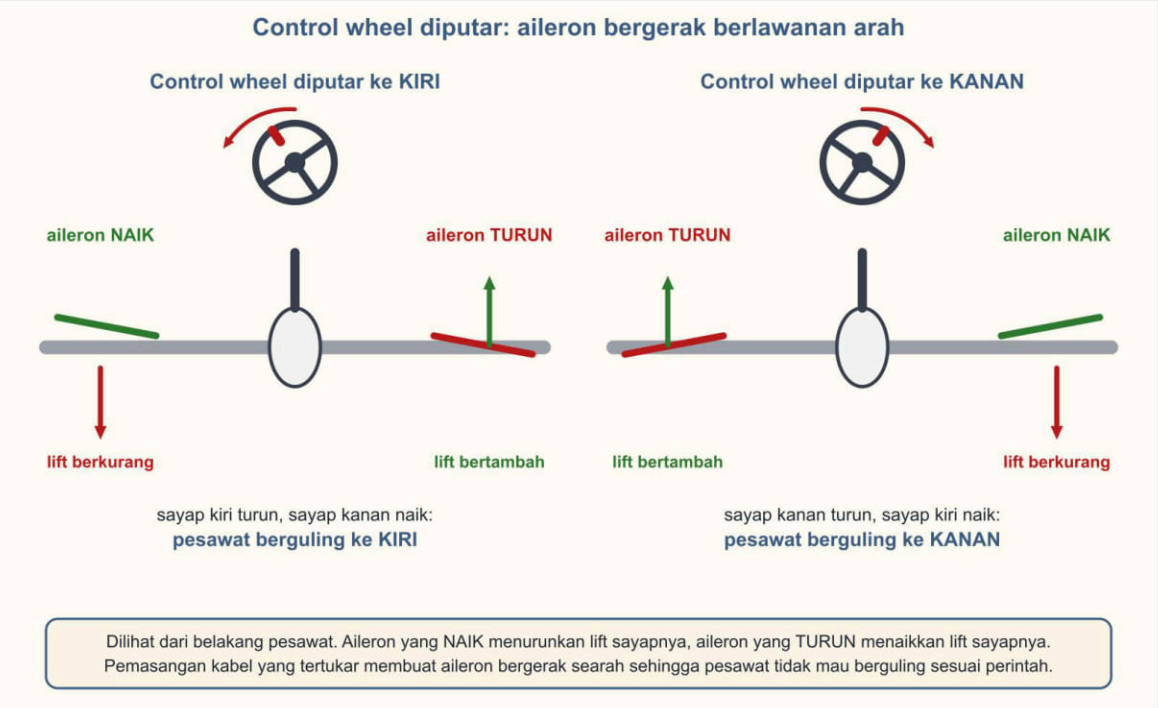
Ingat bahwa ketiga putaran terjadi mengelilingi CG. Pesawat yang berguling tidak "bergeser" ke samping begitu saja; ia berputar, lalu arah gaya angkatnya ikut miring.

2. Permukaan kendali primer

Tiga permukaan kendali primer menggerakkan ketiga putaran itu (Gambar 3.11).

Aileron terletak di tepi belakang sayap, dekat ujung sayap. Kedua aileron bergerak **berlawanan**: satu naik, satu turun. Aileron yang **naik** mengurangi gaya angkat sayapnya, sehingga sayap itu turun. Aileron yang **turun** menambah gaya angkat sayapnya, sehingga sayap itu naik. Akibatnya pesawat **berguling**. Kendali di kokpit adalah **control wheel** (setir putar) atau *control stick* (tongkat) yang diputar atau digeser ke kiri dan ke kanan. Bila wheel diputar ke kiri, aileron kiri naik dan aileron kanan turun, sehingga pesawat berguling ke kiri (Gambar 3.12).

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



Gambar 3.12 Gerak aileron ketika control wheel diputar ke kiri dan ke kanan, dilihat dari belakang pesawat. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Elevator terletak di tepi belakang stabilizer horizontal, yaitu sayap kecil di ekor. Kendalinya adalah **control column** yang ditarik atau didorong. Bila column **ditarik ke belakang**, ujung belakang elevator **naik**. Elevator yang naik menimbulkan gaya ke bawah pada ekor, ekor turun, dan hidung **naik**. Bila column **didorong ke depan**, ujung belakang elevator **turun**, ekor naik, dan hidung **turun**. Perhatikan bahwa "ditarik" berarti hidung naik, bukan hidung turun.

Rudder terletak di tepi belakang stabilizer vertikal (sirip). Kendalinya adalah **pedal rudder** yang diinjak dengan kaki. Bila pedal **kanan** diinjak, ujung belakang rudder bergerak ke **kanan**. Gaya samping yang timbul menekan ekor ke kiri, sehingga hidung berputar ke **kanan**. Pedal kiri berlaku sebaliknya. Rudder mengatur **geleng**; ia tidak dipakai sebagai pengatur guling.

Ada beberapa varian rancangan. Pada **stabilator**, seluruh stabilizer horizontal bergerak sebagai elevator. Pada ekor berbentuk V, **ruddervator** menggabungkan fungsi rudder dan elevator. Aturan arah geraknya tetap sama.

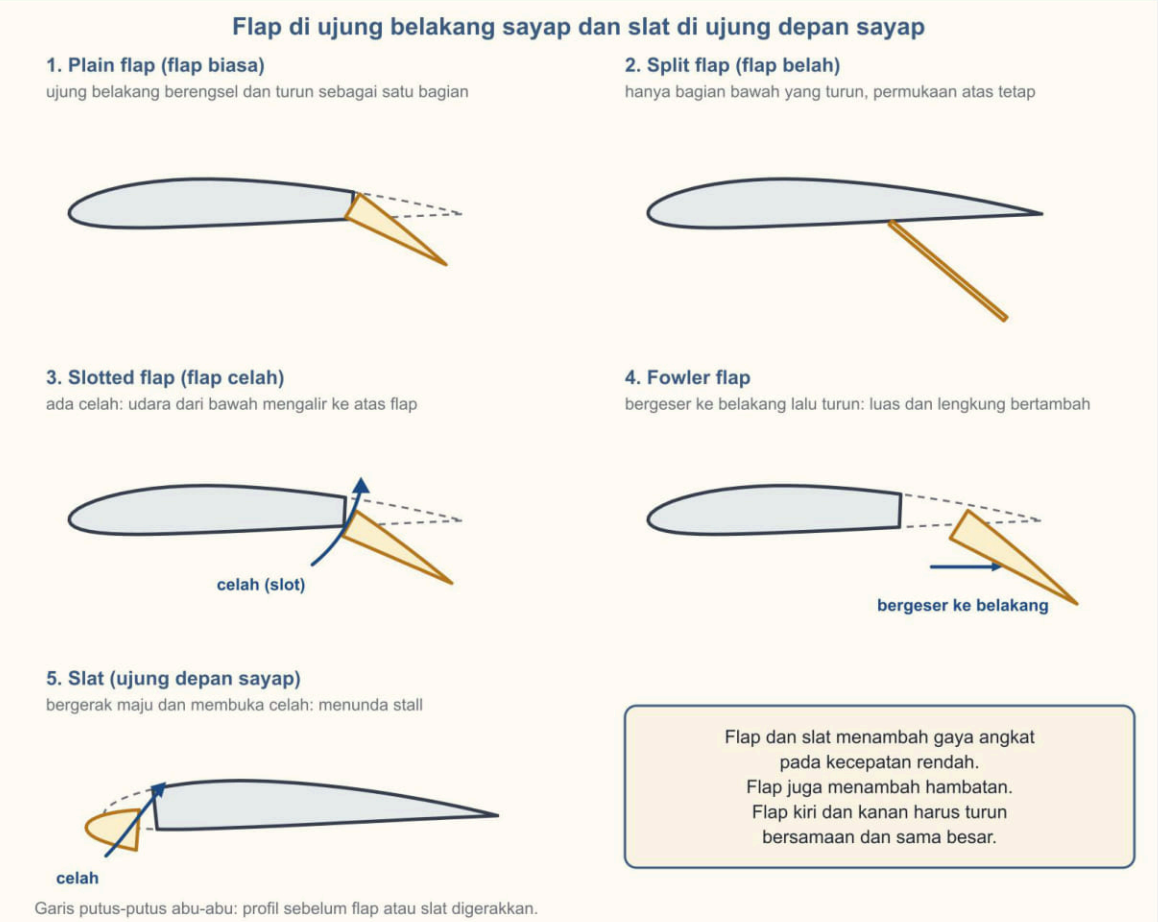
Adverse yaw (geleng yang berlawanan). Aileron yang turun menambah gaya angkat, tetapi juga menambah **hambatan** pada sayap itu. Sayap yang naik karena aileronnya turun ditahan oleh hambatan lebih besar, sehingga hidung pesawat cenderung berputar ke arah yang **berlawanan** dengan arah guling. Akibatnya pilot harus menggunakan rudder untuk menyelaraskan belokan. Perancang mengurangi efek ini dengan **aileron diferensial**, yaitu aileron yang naik bergerak lebih jauh daripada aileron yang turun. Teknisi memeriksa gerak diferensial ini sesuai manual saat menyetel kabel.

3. Permukaan kendali sekunder

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

Selain tiga permukaan primer, ada permukaan yang membantu pada keadaan tertentu.

Flap terletak di tepi belakang sayap, dekat badan. Flap yang diturunkan menambah **lengkung** sayap, dan pada beberapa jenis juga menambah **luas** sayap. Hasilnya, pada sudut serang yang sama sayap menghasilkan gaya angkat lebih besar dan kecepatan stall turun. Flap juga menambah hambatan, sehingga pesawat dapat turun lebih curam tanpa menambah kecepatan. Flap dipakai sebagian pada saat lepas landas dan penuh pada saat mendarat. Ada empat jenis yang umum (Gambar 3.13): *plain flap* (flap biasa), *split flap* (flap belah), *slotted flap* (flap celah), dan *Fowler flap* yang bergeser ke belakang sebelum turun.



Gambar 3.13 Jenis flap di ujung belakang sayap dan slat di ujung depan sayap. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Flap kiri dan kanan **harus turun bersamaan dan sama besar**. Bila hanya satu sisi yang turun atau besarnya berbeda, gaya angkat kedua sayap tidak sama dan pesawat berguling sendiri. Karena itu pemasangan flap selalu diuji simetri, dan batas selisihnya mengikuti manual; "arahnya sama" belum cukup.

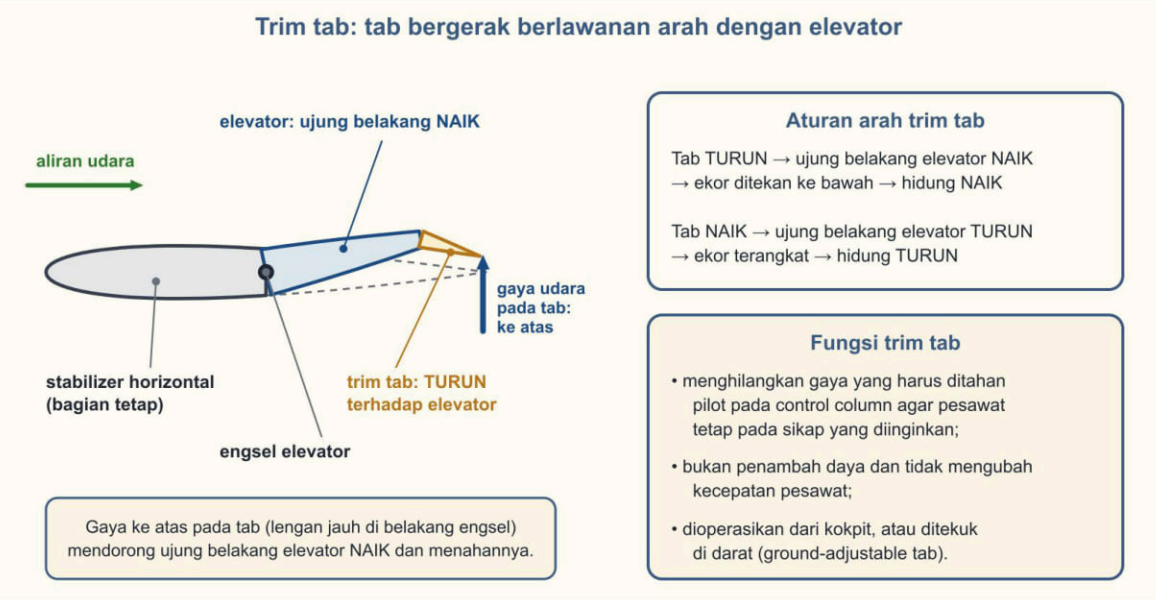
Slat terletak di ujung **depan** sayap. Saat digerakkan, slat maju dan membuka celah. Udara dari bawah mengalir melalui celah itu ke permukaan atas sayap dan membuat aliran menempel lebih lama. Sudut serang kritis naik, sehingga stall tertunda. Slat dipakai pada kecepatan rendah, bersama flap.

Spoiler terletak di permukaan **atas** sayap. Saat diangkat, spoiler mengacaukan aliran di

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

belakangnya, sehingga gaya angkat sayap itu **turun** dan hambatan **naik**. Spoiler dipakai untuk memperlambat pesawat di udara (*speed brake*), untuk menghilangkan gaya angkat setelah roda menyentuh landasan agar rem bekerja baik, dan pada beberapa pesawat untuk membantu guling.

Trim tab adalah tab kecil di tepi belakang permukaan kendali, biasanya elevator. Bayangkan pilot yang harus terus menarik column dengan gaya 30 N agar hidung tidak turun; tangannya akan pegal. Dengan *trim*, tab digerakkan sehingga gaya udara pada tab menahan elevator pada posisi yang diperlukan, dan gaya pada column menjadi nol. Gambar 3.14 menunjukkan prinsipnya.



Gambar 3.14 Trim tab pada elevator: tab bergerak berlawanan arah dengan elevator. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Aturan pentingnya: **tab bergerak berlawanan arah dengan permukaan kendali**. Tab yang bergerak **turun** menerima gaya udara ke **atas**. Gaya itu berada jauh di belakang engsel elevator, sehingga ia memutar elevator dengan ujung belakang **naik** dan menahannya di sana. Ekor tertekan ke bawah dan hidung naik. Tab yang bergerak naik menghasilkan sebaliknya. Perhatikan bahwa *trim tab* **bukan penambah daya** dan tidak menambah kecepatan; ia hanya menghilangkan gaya yang harus ditahan pilot. Ada dua jenis yang sering dijumpai: tab yang dapat digerakkan dari kokpit lewat roda atau tuas trim, dan ***ground-adjustable tab***, yaitu pelat tab kecil yang disetel dengan cara dibengkokkan **di darat** oleh teknisi, lalu dikunci. Jenis kedua tidak dapat diubah saat terbang.

4. Dari kokpit ke permukaan kendali

Gerak kendali di kokpit sampai ke permukaan melalui kabel baja, batang dorong (*pushrod*), katrol (*pulley*), dan tuas penerus gerak. Susunan ini dijelaskan lebih lanjut di sub bab 5.4. Cukup kamu ingat tiga hal.

1. **Arah gerak harus benar.** Bila kabel aileron terpasang tertukar (*cross-connected*), control wheel yang diputar ke kiri membuat sayap kiri naik, dan pesawat berguling ke

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

kanan. Itu tanda kabel tertukar, dan pesawat tidak boleh terbang.

2. **Batas gerak harus sesuai manual.** Tiap permukaan punya batas gerak naik dan turun (derajat atau milimeter) dengan toleransi. Bila terlalu kecil, kendali kurang efektif; bila terlalu besar, kendali dapat membentur bagian lain.
3. **Tegangan kabel dan gerak bebas** mengikuti manual. Kabel yang kendur membuat kendali longgar dan permukaan "bergetar" (*flutter*).

5. Uji gerak (*operational check*)

Setiap kali pekerjaan menyentuh sistem kendali, misalnya kabel diganti, tuas diperbaiki, atau permukaan dilepas, dilakukan uji gerak. Urutannya:

1. **Pastikan keselamatan.** Tidak ada orang atau alat dekat permukaan kendali. Kunci kendali (*control lock* atau *gust lock*) dilepas.
2. **Gerakkan kendali kokpit pelan-pelan** ke satu arah sampai penuh, lalu ke arah lain, sementara seorang pengamat memandang permukaan dari luar. Arah kiri dan kanan ditentukan menurut pandangan pilot yang menghadap ke depan.
3. **Catat arah gerak** tiap permukaan dan bandingkan dengan aturan: wheel kiri → aileron kiri naik; column ditarik → elevator naik; pedal kanan → ujung belakang rudder ke kanan.
4. **Ukur batas gerak** naik dan turun, lalu bandingkan dengan nilai dan toleransi pada kartu kerja.
5. **Periksa kehalusan gerak.** Tidak boleh ada bunyi gesek, tersangkut, atau hambatan yang tidak wajar.
6. **Periksa trim** dan indikator trim bergerak sesuai arah.
7. **Periksa simetri flap** kiri dan kanan.
8. **Catat hasil dan minta pemeriksaan ganda** oleh orang lain yang berwenang sebelum pesawat dirilis.

Bila ada satu hasil yang tidak sesuai, pesawat **tidak dirilis**. Teknisi tidak boleh membenarkan hasil yang aneh dengan alasan "toh bisa terbang".

▣ CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1: menilai arah gerak dari pengamatan uji

Setelah penyetelan sistem kendali pesawat latih milik sekolah penerbangan pada 2027, Dimas menggerakkan kendali dari kokpit sementara Ayu mengamati dari luar. Arah kiri dan kanan menurut pandangan pilot. Hasil pengamatannya: (1) control wheel diputar ke kanan: aileron kanan naik, aileron kiri turun; (2) control column ditarik: ujung belakang elevator naik; (3) pedal kiri diinjak: ujung belakang rudder bergerak ke kanan; (4) roda trim diputar ke posisi "hidung naik": trim tab elevator bergerak naik. Pengamatan mana yang benar? *(Kasus fiktif.)*

1. **Pengamatan 1:** wheel ke kanan berarti sayap kanan harus turun, jadi lift sayap kanan harus berkurang, jadi aileron kanan **naik**. Aileron kiri turun. Benar.

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

2. **Pengamatan 2:** column ditarik berarti hidung naik, jadi ekor harus ditekan ke bawah, jadi ujung belakang elevator **naik**. Benar.
3. **Pengamatan 3:** pedal kiri berarti hidung ke kiri, jadi gaya samping harus mendorong ekor ke kanan, jadi ujung belakang rudder harus ke **kiri**. Pengamatan menyebut ke kanan. Salah (kabel rudder kemungkinan tertukar).
4. **Pengamatan 4:** "hidung naik" butuh elevator naik, jadi tab harus **turun** (berlawanan arah dengan elevator). Pengamatan menyebut tab naik. Salah.

Jawaban: pengamatan 1 dan 2 benar; pengamatan 3 dan 4 salah, sehingga pesawat tidak dirilis sebelum rudder dan trim diperbaiki. Cek akal: kaidah "wheel kanan → aileron kanan naik", "column tarik → elevator naik", "pedal kiri → rudder ke kiri", dan "tab berlawanan arah dengan elevator" memberi hasil yang sama dengan penalaran gaya.

Contoh 2: penyetelan tab tetap pada penerbangan lurus

Pada 2026 pilot sebuah pesawat latih melaporkan bahwa pada penerbangan lurus ia harus terus **mendorong** control column sedikit ke depan agar hidung tidak naik. Elevator pesawat itu memiliki *ground-adjustable tab*. Tentukan arah pembengkokan tab. *(Kasus fiktif.)*

1. **Tentukan apa yang dibutuhkan elevator.** Pilot mendorong column ke depan, jadi elevator harus **turun** (ujung belakang turun) agar hidung tidak naik.
2. **Terapkan aturan tab.** Tab bergerak berlawanan arah dengan elevator. Agar elevator tertahan **turun**, tab harus berada di posisi **naik**.
3. **Pilih tindakan.** Bengkokkan ujung tab sedikit ke **atas**, lalu uji terbang atau bandingkan dengan manual sebelum mengunci.
4. **Cek.** Gaya udara pada tab yang naik menekan tab ke bawah; karena jauh di belakang engsel, gaya itu memutar elevator dengan ujung belakang turun, dan hidung ikut turun sehingga pilot tidak perlu mendorong lagi.

Jawaban: bengkokkan tab ke atas. Cek akal: kasus ini kebalikan dari pilot yang harus terus menarik column (tab ke bawah). Bila arah tab dan elevator disamakan, gaya yang ditahan pilot justru membesar.

Contoh 3: urutan dan penilaian uji gerak

Pada 2027, Fajar menguji elevator pesawat latih setelah kabel elevator diganti. Kartu kerja latihan menyatakan gerak elevator **naik 25° dan turun 20°**, dengan toleransi ±2° untuk tiap arah. Hasil ukur: naik 22°, turun 20°. Kunci kendali masih terpasang di kokpit, dan Fajar belum memanggil pemeriksa. Tentukan urutan kerja dan keputusan. *(Kasus fiktif.)*

1. **Lepas kunci kendali** dan pastikan area permukaan elevator bebas dari orang dan alat. Ini tahap keselamatan, jadi dikerjakan paling awal.
2. **Gerakkan column** dari tengah ke belakang penuh, lalu ke depan penuh, dan amati arah elevator: ditarik, ujung belakang naik; didorong, turun. Arah harus benar.
3. **Ukur batas gerak:** naik 22° dan turun 20°.
4. **Bandingkan dengan toleransi.** Naik: batas 25° ± 2° adalah 23° sampai 27°; 22° berada di bawah 23°. Turun: batas 18° sampai 22°; 20° masuk.

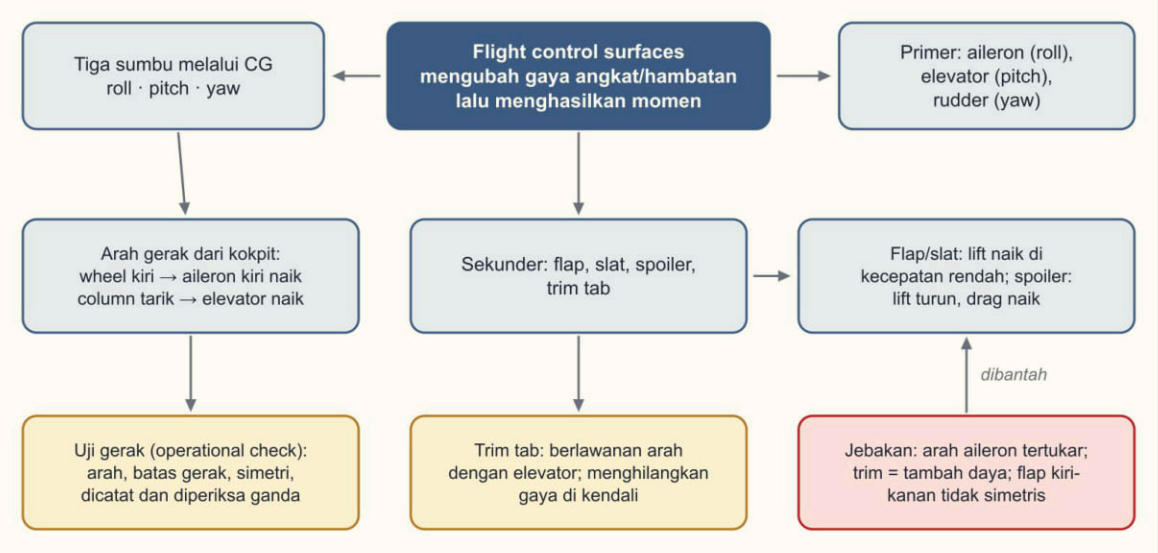
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

5. **Putuskan.** Gerak naik kurang 3° dari nilai nominal, melewati toleransi 2°. Hasilnya **tidak sesuai**; penyetelan batas gerak diperbaiki lalu diuji ulang.
6. **Catat dan minta pemeriksaan ganda** setelah semua hasil sesuai.

Jawaban: pesawat belum dirilis; batas gerak naik diperbaiki dan uji diulang. Cek akal: selisih 25 − 22 = 3° lebih besar daripada 2°, sehingga hasil tidak boleh dianggap "hampir benar". Toleransi hanya berlaku di dalam batas yang tertulis di kartu kerja.

❖ PETA KONSEP

Gambar 3.15 merangkum isi sub bab ini.



Gambar 3.15 Peta konsep flight control surfaces. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Yang harus kamu ingat:

- **Tiga sumbu melalui CG:** roll (memanjang), pitch (lateral), yaw (vertikal). Primer: **aileron = roll, elevator = pitch, rudder = yaw**.
- **Arah gerak:** wheel kiri → aileron kiri **naik**, kanan turun; column **tarik** → elevator **naik** → hidung naik; pedal kanan → ujung belakang rudder **ke kanan** → hidung ke kanan.
- **Aileron naik** menurunkan lift sayapnya; **adverse yaw** dilawan dengan rudder dan aileron diferensial.
- **Flap** menambah lift dan hambatan di kecepatan rendah, dan kiri-kanan **harus simetris**; **slat** menunda stall; **spoiler** menurunkan lift dan menambah hambatan.
- **Trim tab bergerak berlawanan arah dengan elevator** dan hanya menghilangkan gaya di kendali, bukan menambah daya.
- **Uji gerak:** arah, batas gerak, kehalusan, simetri, catat, periksa ganda; hasil di luar toleransi berarti pesawat tidak dirilis.

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

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal kendali terbang:

1. **Mulai dari tujuan gerak:** sayap mana turun, hidung naik atau turun, ke kiri atau kanan.
2. **Telusuri dengan gaya:** apa yang harus terjadi pada lift atau gaya samping, lalu permukaan mana yang harus ke arah mana.
3. **Pakai pandangan pilot** untuk menentukan kiri dan kanan.
4. **Untuk trim,** tentukan dulu arah elevator yang diperlukan, lalu balikkan arah untuk tab.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Arah aileron kiri dan kanan tertukar**, atau dianggap bergerak searah putaran wheel.
- **Column ditarik** dikira membuat hidung turun.
- ***Trim* dikira penambah daya** atau penambah kecepatan.
- **Tab dan elevator dianggap bergerak searah**; padahal berlawanan.
- **Rudder dikira pengatur guling**; padahal ia mengatur geleng.
- **Flap kiri-kanan "yang penting arahnya sama"**: besar turunnya juga harus sama.
- **Hasil di luar toleransi dibenarkan** karena "selisihnya kecil".

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa menjawab bahwa bila pilot harus terus menarik column, tab elevator harus dibengkokkan ke atas "agar elevator terangkat". Yang benar, elevator perlu tetap naik, jadi tab harus ke **bawah**; tab bergerak berlawanan arah dengan elevator.

● BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut membahas uji gerak aileron setelah kabel diganti. Pakai bagian 2 dan 5: wheel ke satu arah membuat aileron di sisi itu naik, dan aileron bergerak berlawanan.

►. Setelah kabel aileron pesawat latih diganti pada 2027, Sinta duduk di kokpit untuk uji gerak (operational check) dan menggerakkan control wheel, sementara rekannya mengamati permukaan kendali dari luar. Semua hasil pengamatan dicatat untuk diperiksa teknisi berlisensi sebelum pesawat dirilis.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Hasil pengamatan yang menunjukkan pemasangan BENAR adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Control wheel diputar ke kiri: aileron kiri turun dan aileron kanan naik, searah putaran.
☐ B. Control wheel diputar ke kiri: aileron kiri naik dan aileron kanan turun.
☐ C. Control wheel diputar ke kanan: aileron kiri dan kanan sama-sama bergerak naik.
☐ D. Control wheel diputar ke kanan: aileron kiri turun dan aileron kanan naik.
☐ E. Control wheel didorong ke depan: elevator bergerak naik dan aileron tidak bergerak.

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

Pembahasan **Kunci: B, D**

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

Konsep: Aileron bergerak berlawanan: aileron yang naik menurunkan lift sayapnya sehingga sayap itu turun. Control wheel ke kiri → aileron kiri naik, kanan turun. Control wheel didorong → elevator turun. Uji gerak memastikan kabel tidak terpasang tertukar.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: "searah putaran" terdengar wajar, tetapi gerak ini membuat pesawat berguling ke kanan; tanda kabel tertukar (cross-connected).

• **Pernyataan 2** ✓ Aileron kiri naik menurunkan lift sayap kiri sehingga pesawat berguling ke kiri.

• **Pernyataan 3** ✗ Aileron bergerak berlawanan arah; bila keduanya naik, tidak ada momen guling.

• **Pernyataan 4** ✓ Sayap kanan turun, pesawat berguling ke kanan.

• **Pernyataan 5** ✗ Jebakan: aileron diam memang benar, tetapi mendorong control wheel harus membuat elevator turun (hidung turun).

Jawaban: pernyataan 2, 4.

✎ LATIHAN

Untuk tiap soal, tentukan dulu gerak pesawat yang diinginkan, lalu tentukan arah permukaan yang menghasilkannya.

1. Pilot pesawat latih melaporkan bahwa saat terbang datar pada 2027 ia harus terus menarik control column sedikit ke belakang agar hidung pesawat tidak turun. Pesawat itu memakai tab tetap (ground-adjustable tab) pada elevator yang hanya dapat disetel dengan membengkokkan pelatnya di darat. Teknisi berlisensi meminta Fahri menyiapkan usulan penyetelan agar pilot tidak perlu menahan control column.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Usulan yang tepat adalah ....

A. Tab dibengkokkan ke bawah agar elevator terdorong ke atas
B. Tab dibengkokkan ke atas agar elevator ikut naik searah tab
C. Tab dibengkokkan ke bawah agar elevator ikut turun searah tab
D. Tab dibengkokkan ke atas agar elevator terdorong ke bawah
E. Tab diluruskan agar elevator bebas mengikuti arah aliran udara

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

2. Setelah penggantian kabel rudder dan perbaikan flap pesawat latih pada 2027, Bima melakukan uji gerak dari kokpit, sementara teknisi berlisensi mengamati dari luar. Arah kiri dan kanan dicatat menurut pandangan pilot yang menghadap ke depan. Hasil pengamatan dipakai untuk menentukan apakah pemasangan sudah benar.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pengamatan yang menunjukkan pemasangan BENAR adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Pedal rudder kanan diinjak: trailing edge rudder bergerak ke kiri sehingga hidung pesawat berbelok ke kanan.
☐ B. Pedal rudder kiri diinjak: trailing edge rudder bergerak ke kiri.
☐ C. Control column ditarik ke belakang: trailing edge elevator bergerak ke atas.
☐ D. Flap diturunkan: flap kiri turun 20° dan flap kanan turun 15°; ini dapat diterima karena arahnya sama.
☐ E. Control column didorong ke depan: trailing edge elevator bergerak ke bawah.

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

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa aileron yang naik membuat sayapnya turun?
- Mengapa tab elevator harus bergerak berlawanan arah dengan elevator?
- **Yang harus kuingat:** aileron = roll, elevator = pitch, rudder = yaw; wheel kiri → aileron kiri naik; column tarik → elevator naik; tab berlawanan dengan permukaan kendali; trim bukan tenaga; flap harus simetris; uji gerak dicatat dan diperiksa ganda.

Latihan interaktif di LMS
Sub bab 3.3: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.
next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktpu&node=SMKTPU-3.3

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

Sub bab 3.4 · Jenis konstruksi dan bagian struktur pesawat

SMKTPU-3.4

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu **mengidentifikasi jenis konstruksi pesawat dan menjelaskan fungsi bagian-bagian strukturnya**. Levelnya pemahaman dan penalaran: kamu diminta menilai bagian mana yang memikul beban utama dan mengapa kerusakan di tempat tertentu lebih berbahaya.

Pola soal yang sering muncul: (1) **membandingkan tiga badan pesawat** berjenis rangka batang (*truss*), *monocoque*, dan *semi-monocoque* ketika kulitnya rusak; (2) **fungsi *spar*, *rib*, *stringer*, *longeron*, dan *frame*** pada catatan pemeriksaan korosi atau retak; (3) **panel komposit sarang lebah** yang terkena benturan; (4) **bagian ruang mesin**: *firewall*, *engine mount*, dan *cowling*.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menyebut lima jenis beban pada struktur dan contohnya pada pesawat;
- membedakan konstruksi *truss*, *monocoque*, *semi-monocoque*, dan sandwich/komposit beserta kelebihan dan kekurangannya;
- menjelaskan fungsi kulit, *frame*, *bulkhead*, *longeron*, *stringer*, *spar*, dan *rib*;
- menelusuri jalur beban dari sayap ke badan dan menilai kerusakan di lokasi kritis.

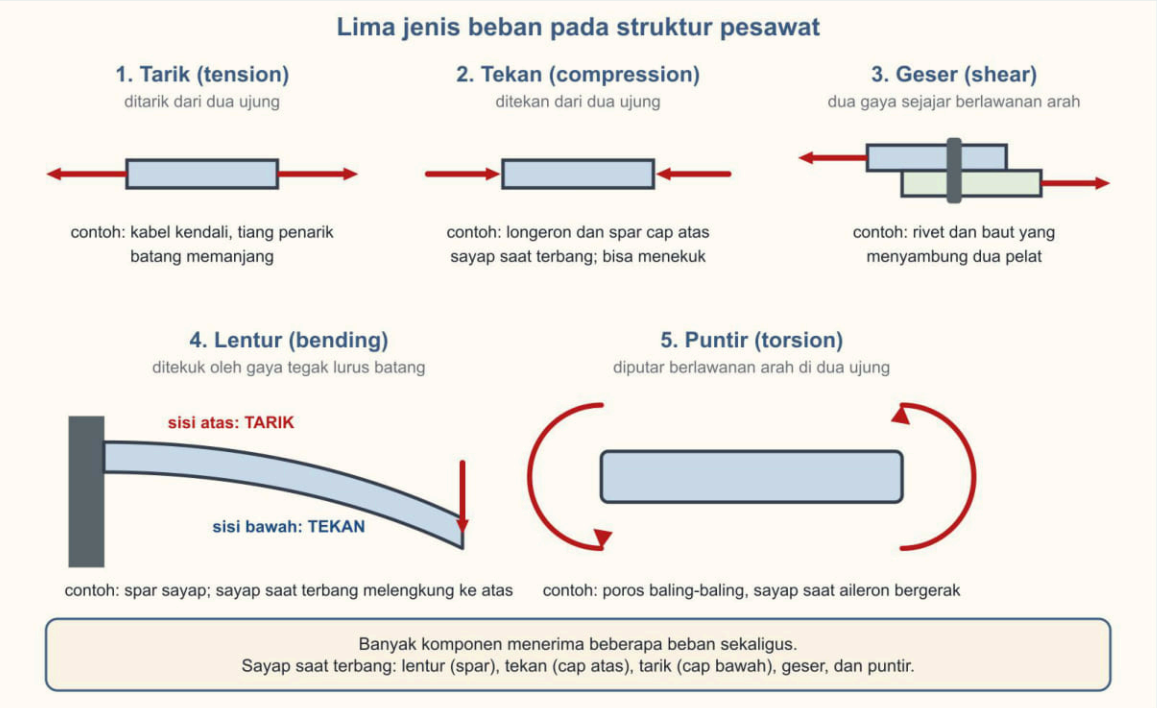
◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Pesawat harus ringan agar dapat terbang, tetapi juga harus kuat agar tidak patah. Dua tuntutan yang saling menarik ini diselesaikan oleh rancangan **struktur**: cara bagian-bagian pesawat disusun untuk menahan beban. Teknisi yang memahami struktur akan tahu bagian mana yang boleh diperlakukan ringan dan bagian mana yang tidak boleh disentuh tanpa petunjuk manual perbaikan struktur.

1. Lima jenis beban

Beban adalah gaya yang harus ditahan struktur. Saat terbang, beban berasal dari gaya angkat, berat, gaya dorong, hembusan angin, dan manuver. Di darat, beban berasal dari pendaratan, perjalanan di landasan, dan berat pesawat sendiri. Pada pesawat berkabin bertekanan, tekanan udara di dalam kabin juga menjadi beban. Semua beban itu pada akhirnya berupa lima jenis tegangan (Gambar 3.16).

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



Gambar 3.16 Lima jenis beban pada struktur pesawat beserta contohnya. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

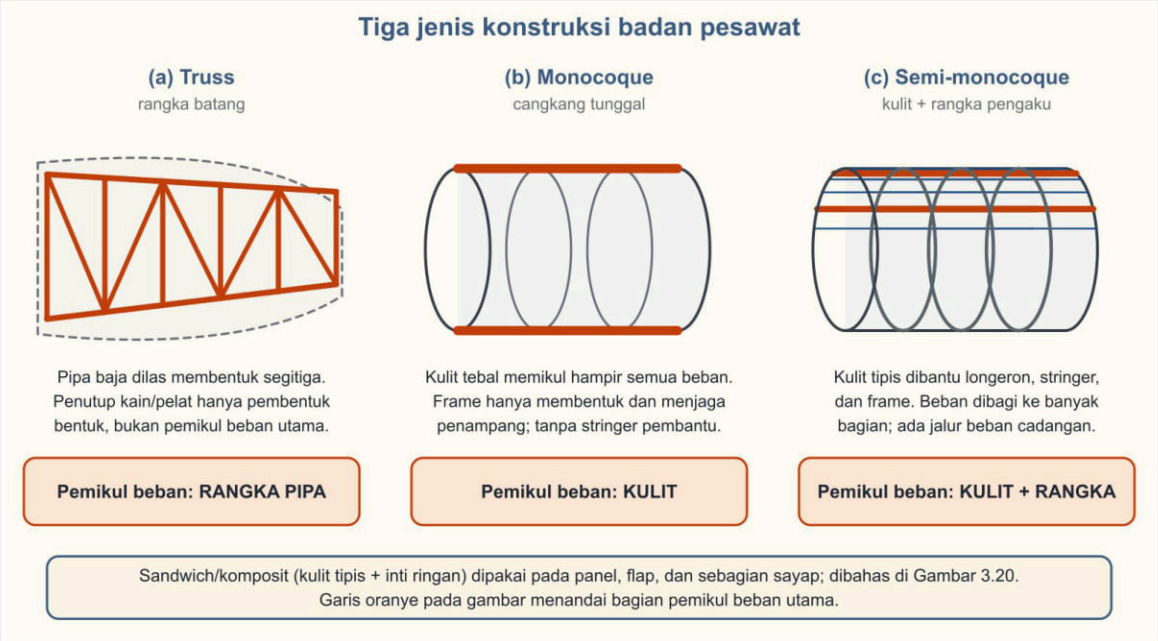
- **Tarik** (*tension*): benda ditarik dari dua ujung dan cenderung memanjang. Contoh: kabel kendali.
- **Tekan** (*compression*): benda ditekan dari dua ujung dan cenderung memendek. Batang panjang yang tertekan dapat **menekuk** (*buckling*), yaitu melengkung ke samping sebelum hancur.
- **Geser** (*shear*): dua gaya sejajar yang berlawanan arah bekerja di dekat satu sama lain, sehingga bagian benda cenderung meluncur. Contoh: rivet dan baut yang menyambung dua pelat.
- **Lentur** (*bending*): benda ditekuk oleh gaya yang tegak lurus panjangnya. Satu sisi memanjang (tarik) dan sisi lain memendek (tekan). Contoh: spar sayap.
- **Puntir** (*torsion*): benda diputar di dua ujung dengan arah berlawanan. Contoh: poros baling-baling dan sayap saat aileron digerakkan.

Satu komponen sering menerima beberapa beban sekaligus. Sayap saat terbang melengkung ke atas karena gaya angkat: permukaan atas tertekan, permukaan bawah tertarik, dan paku keling di sambungannya menerima geser.

2. Konstruksi badan pesawat

Ada tiga cara dasar menyusun badan pesawat (Gambar 3.17), ditambah konstruksi sandwich yang dibahas di bagian 5.

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



Gambar 3.17 Konstruksi rangka batang (truss), monocoque, dan semi-monocoque; garis oranye menandai pemikul beban utama. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Rangka batang (*truss*). Rangka disusun dari pipa baja yang dilas membentuk segitiga. Segitiga adalah bentuk yang tidak mudah berubah, sehingga rangka itu kaku dan kuat. **Rangka inilah yang memikul beban.** Kain atau pelat tipis hanya membungkusnya agar bentuknya aerodinamis; sobekan kecil pada kain tidak melemahkan kekuatan badan. Kelebihannya: sederhana, murah, kuat, dan mudah diperbaiki. Kekurangannya: berat, ruang dalam terbatas, dan bentuknya kurang mulus. Konstruksi ini dipakai pada pesawat ringan sederhana dan pada bagian tertentu seperti dudukan mesin. Pemeriksaan teknisi berfokus pada korosi di dalam pipa, retak pada lasan, dan pipa yang penyok.

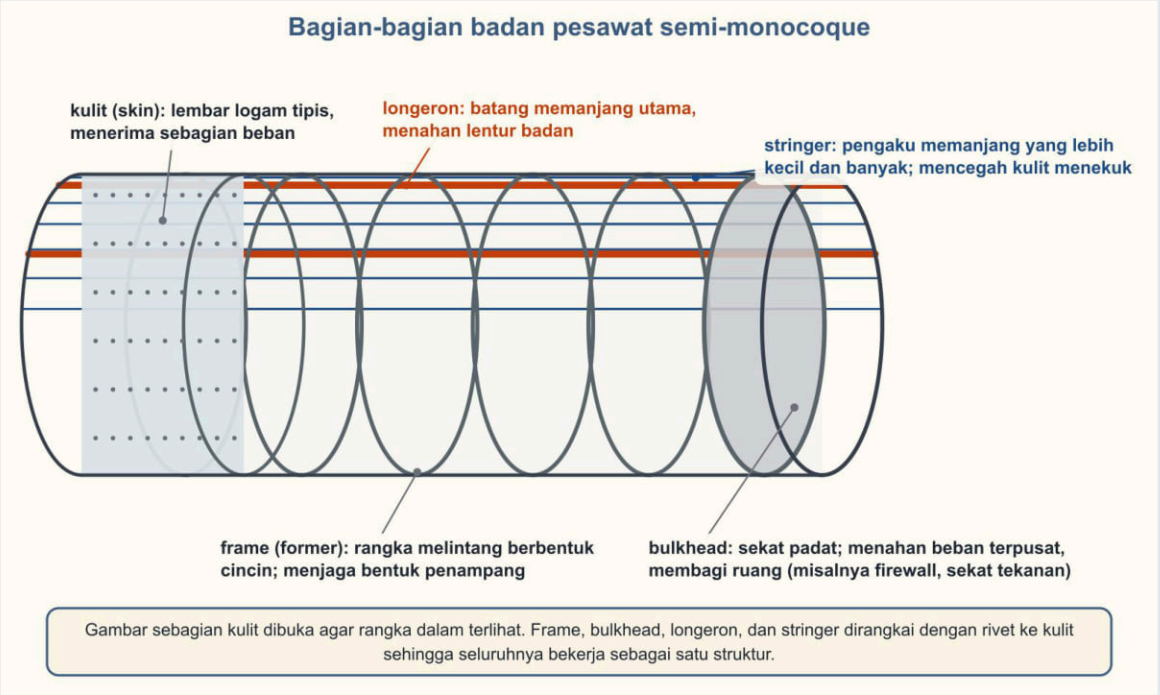
***Monocoque*.** Kata ini berarti "satu cangkang". **Kulit memikul hampir semua beban**, sedangkan rangka (*frame*) hanya membentuk dan menjaga penampang. Bayangkan kaleng minuman: kalengnya kuat karena dindingnya sendiri. Kelebihannya: ruang dalam lapang dan permukaan mulus. Kekurangannya: kulit harus cukup tebal sehingga berat, dan **kerusakan kecil pada kulit langsung melemahkan seluruh struktur** karena tidak ada bagian lain yang membantu. Konstruksi *monocoque* murni jarang dipakai pada pesawat besar. Konsepnya dipakai pada bagian tertentu, misalnya kerucut hidung (*nose cone*) dan pada banyak struktur komposit.

***Semi-monocoque*.** Ini konstruksi yang paling umum pada pesawat logam modern. Kulit **dibantu** oleh rangka dalam, sehingga **beban dibagi** ke banyak bagian. Kulit boleh lebih tipis karena ada batang-batang yang menahannya dari tekuk. Kelebihannya: ringan, kuat, dan lebih **toleran terhadap kerusakan**, sebab beban dapat dialihkan ke bagian lain ketika satu bagian rusak (jalur beban cadangan). Kekurangannya: banyak bagian, banyak sambungan, dan rawan korosi serta retak lelah di sekitar sambungan.

3. Bagian-bagian badan semi-monocoque

Gambar 3.18 menunjukkan bagian-bagian badan semi-monocoque. Sebagian kulit digambar terbuka agar rangka dalam terlihat.

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



Gambar 3.18 Badan semi-monocoque: kulit, frame, bulkhead, longeron, dan stringer. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

- **Kulit** (*skin*) adalah lembaran logam atau komposit di luar. Ia menahan gaya geser dan sebagian lentur serta tekan, dan membungkus kabin.
- ***Frame*** (atau *former*) adalah rangka melintang berbentuk cincin. Ia **menjaga bentuk penampang**, menahan kulit dari mengempis, dan menyalurkan beban ke kulit.
- ***Bulkhead*** adalah sekat yang lebih kuat dan biasanya padat. Ia membagi ruang dan **menahan beban terpusat**, misalnya sekat tekanan di kabin bertekanan dan sekat penahan sambungan sayap.
- ***Longeron*** adalah batang memanjang **utama**, besar dan kuat, yang menerus melewati banyak *frame*. Longeron **memikul sebagian besar beban lentur badan**.
- ***Stringer*** adalah batang memanjang yang **lebih kecil dan lebih banyak** daripada longeron. Stringer **memperkaku kulit agar tidak menekuk** (*buckling*) saat tertekan, dan ikut menyalurkan beban ke *frame*.

Bagian yang paling sering tertukar adalah longeron dan stringer. Ingat urutan ukurannya: longeron besar dan utama, stringer kecil dan banyak. Mengapa stringer mencegah kulit menekuk? Lembaran tipis yang ditekan akan melengkung. Bila ada batang pengaku tiap beberapa belas sentimeter, bagian kulit yang bebas menjadi pendek sehingga jauh lebih sulit melengkung.

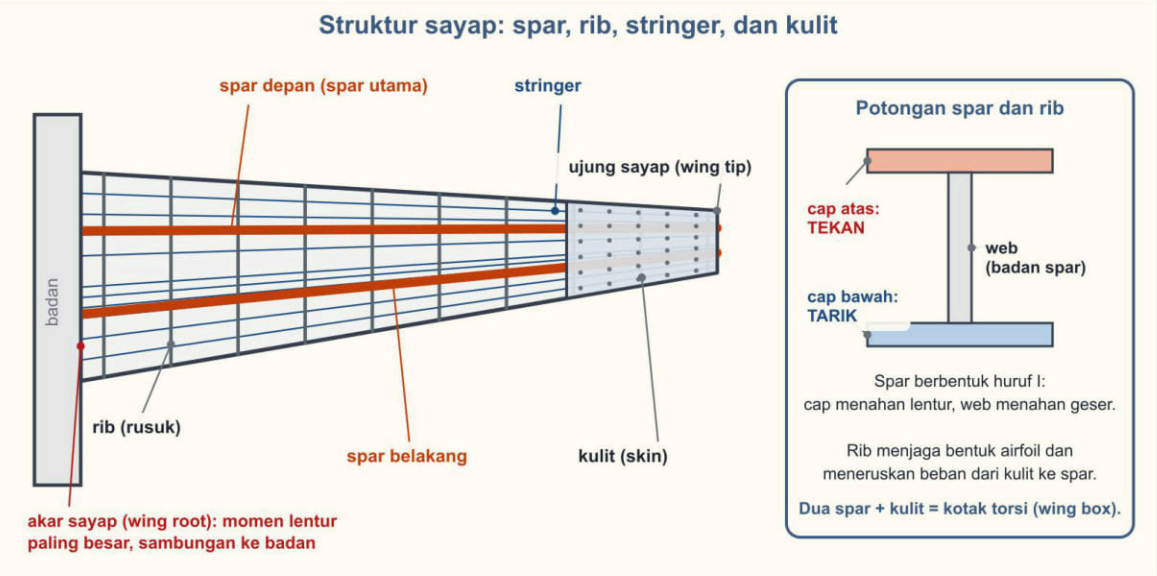
Ruang mesin. Pada pesawat bermesin piston atau turboprop kecil, ada tiga bagian yang sering ditanyakan. ***Engine mount*** adalah rangka penopang mesin yang menyalurkan **berat dan gaya dorong mesin** ke struktur badan. ***Firewall*** adalah sekat tahan api antara ruang mesin dan kabin; bila terjadi kebakaran di mesin, ia menahan api dan gas agar tidak masuk kabin, sehingga **setiap lubang kabel atau pipa yang menembusnya harus disekat rapat kembali**. ***Cowling*** adalah penutup mesin yang membentuk aliran udara dan mengarahkan udara pendingin;

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

cowling **bukan** pemikul berat mesin.

4. Struktur sayap dan ekor

Sayap harus memikul gaya angkat dan meneruskannya ke badan. Rangka sayap tersusun dari bagian-bagian berikut (Gambar 3.19).



Gambar 3.19 Struktur sayap: spar, rib, stringer, kulit, dan potongan spar berbentuk huruf I. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

- ***Spar*** adalah balok utama sayap yang memanjang dari pangkal (*wing root*) ke ujung (*wing tip*). Spar **memikul lentur dan geser**. Penampang spar sering berbentuk huruf I: dua **flens** atas dan bawah yang disebut ***spar cap*** menahan tarik dan tekan, dan bagian tegak di tengah yang disebut ***web*** menahan geser. Sayap biasanya punya dua spar, depan dan belakang.
- ***Rib*** (rusuk) adalah rangka melintang. Rib **menjaga bentuk *airfoil*** dan **meneruskan beban dari kulit ke spar**. Rib bukan pemikul lentur utama.
- ***Stringer*** pada sayap memperkaku kulit sayap agar tidak menekuk.
- **Kulit** menerima gaya angkat udara, memikul sebagian lentur dan puntir, dan bersama dua spar membentuk kotak torsi (*wing box*) yang tahan puntir. Banyak sayap juga menyimpan bahan bakar di dalam kotak ini.

Stabilizer horizontal, sirip vertikal, aileron, elevator, dan rudder memakai prinsip yang sama: spar, rib, kulit, dan kadang stringer, lalu dihubungkan ke *frame* di bagian belakang badan.

5. Konstruksi sandwich dan komposit

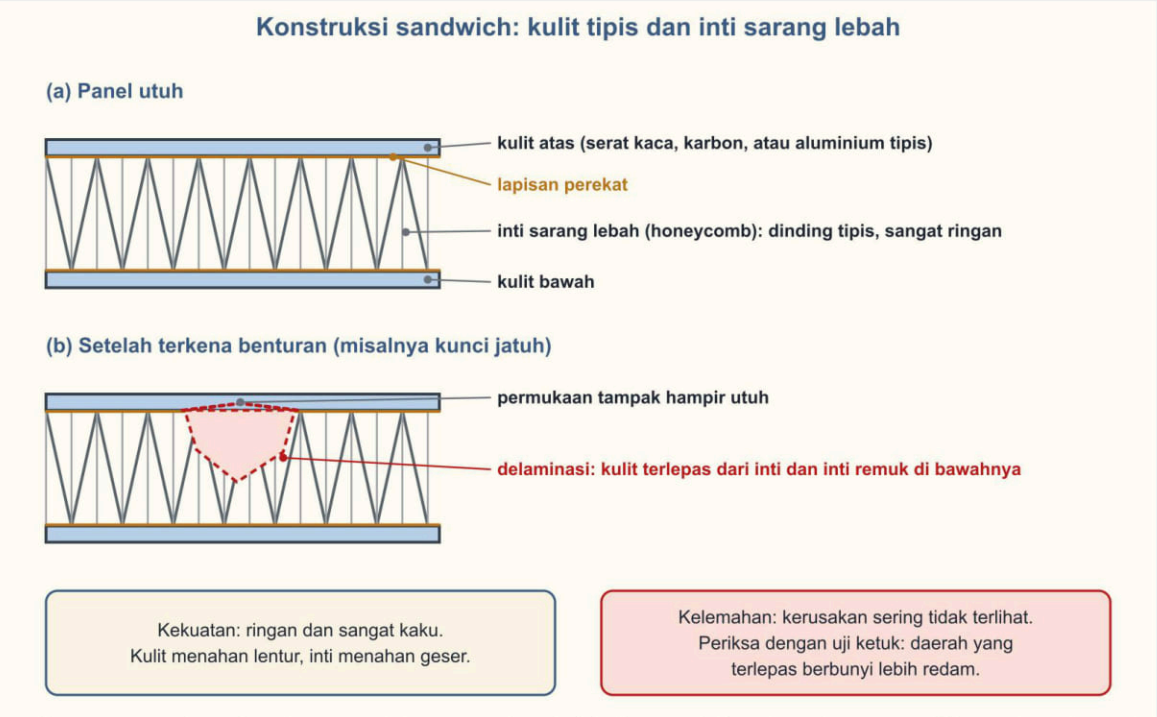
Konstruksi sandwich mirip roti isi: dua **kulit tipis** yang kuat (serat kaca, serat karbon, atau aluminium tipis) mengapit **inti** yang ringan, misalnya sarang lebah (*honeycomb*) atau busa. Kulit menahan lentur, sedangkan inti menjaga jarak kedua kulit dan menahan geser (Gambar 3.20). Hasilnya panel yang **sangat ringan dan kaku**. Panel seperti ini dipakai untuk lantai kabin, fairing, flap, spoiler, dan sebagian sayap.

Kekurangannya perlu kamu ingat: **kerusakan sering tidak terlihat dari luar**. Benda jatuh, misalnya kunci pas, dapat meremukkan inti dan melepaskan kulit dari inti (*delaminasi*) padahal

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

permukaannya hampir mulus. Karena itu panel diperiksa dengan **uji ketuk** (*tap test*): permukaan diketuk pelan dengan koin atau palu ringan, dan bagian yang kulitnya terlepas berbunyi lebih redam daripada bagian yang utuh. Air juga dapat masuk ke inti melalui retakan kecil. Perbaikan mengikuti manual perbaikan struktur.

Bahan **komposit** adalah gabungan dua bahan atau lebih, misalnya serat kaca atau serat karbon yang direkatkan dengan resin. Komposit tidak berkarat, tetapi lain halnya dengan logam, kerusakannya sering berupa delaminasi, bukan penyok.



Gambar 3.20 Panel sandwich sarang lebah: panel utuh (a) dan setelah terkena benturan (b). 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

6. Jalur beban

Beban tidak "menghilang"; ia harus mengalir melalui bagian-bagian struktur sampai diimbangi gaya lain. Alur ini disebut **jalur beban** (*load path*). Pada terbang datar, urutannya (Gambar 3.21): (1) udara menekan kulit sayap; (2) rib meneruskannya ke spar; (3) spar menyalurkannya ke sambungan sayap dan badan; (4) *frame* dan *bulkhead* badan menerimanya; (5) longeron dan kulit badan menyebarkannya serta mengimbangi berat badan, muatan, dan mesin.



Gambar 3.21 Jalur beban dari sayap ke badan saat terbang datar. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Akibat jalur ini, **momen lentur terbesar ada di pangkal sayap**, tempat spar menyambung ke badan. Bagian ini adalah salah satu **lokasi kritis**. Lokasi kritis lain adalah spar cap, longeron, dudukan roda pendarat, sambungan sayap dan badan, tepi lubang dan bukaan (pintu, jendela, panel inspeksi), serta daerah tempat air dan zat korosif mengendap. Retak lelah (*fatigue crack*) sering dimulai dari lubang rivet. Pada konstruksi semi-monocoque, bila satu longeron atau stringer rusak, bagian lain menahan lebih banyak beban; karena itu kerusakan kecil di pemikul utama tetap harus dinilai.

7. Menilai kerusakan struktur

Kerusakan struktur yang lazim: **korosi** (logam terkikis), **retak**, **penyok** atau gores, kerusakan karena benda asing, dan **delaminasi** pada komposit. Cara memeriksa: pemeriksaan visual, uji ketuk untuk sandwich, dan uji tak merusak (*non-destructive testing*) seperti penetran cairan, arus eddy, ultrasonik, dan sinar-X. Cara menilai: bandingkan ukuran kerusakan dengan batas dalam **manual perbaikan struktur** (*structural repair manual*), lalu tentukan apakah dibiarkan, dibersihkan dan dilindungi, atau diperbaiki. Korosi ringan misalnya tidak langsung dicat ulang; sisa tebal diukur dulu, karena tebal yang berkurang berarti kekuatan berkurang. Teknisi tidak

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

menentukan sendiri batas aman; ia mengikuti manual dan melaporkan.

Ringkasannya dalam satu tabel.

Konstruksi	Pemikul beban utama	Kelebihan	Kekurangan
Truss	rangka pipa las	sederhana, kuat, mudah diperbaiki	berat, ruang terbatas
Monocoque	kulit	ruang lapang, mulus	kulit tebal berat; kerusakan kulit melemahkan
Semi-monocoque	kulit + longeron, stringer, frame	ringan, kuat, toleran kerusakan	banyak sambungan; rawan korosi dan retak lelah
Sandwich/komposit	kulit tipis + inti	sangat ringan dan kaku	kerusakan tersembunyi; delaminasi

CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1: menentukan jenis konstruksi dari ciri

Bengkel sekolah penerbangan pada 2027 menerima tiga benda untuk diperiksa. (A) Badan pesawat ringan berupa rangka pipa baja las dengan penutup kain; kainnya sobek 20 cm. (B) Badan pesawat latih logam berbentuk tabung dengan cincin melintang, batang memanjang besar, banyak batang memanjang kecil, dan kulit aluminium tipis. (C) Panel lantai bagasi berupa dua lapis tipis serat kaca yang mengapit inti sarang lebah. Tentukan jenis konstruksi tiap benda dan nilai apakah sobekan pada A melemahkan struktur. *(Kasus fiktif.)*

1. **Benda A:** rangka pipa dilas dan hanya dibungkus kain, jadi konstruksi *truss*. Beban dipikul rangka pipa.
2. **Nilai sobekan:** kain hanya pembentuk bentuk, bukan pemikul beban utama, jadi sobekan kain tidak melemahkan struktur; rangka pipa tetap diperiksa terhadap korosi dan retak.
3. **Benda B:** ada *frame* (cincin), longeron (batang memanjang besar), stringer (batang memanjang kecil banyak), dan kulit tipis, jadi *semi-monocoque*.
4. **Benda C:** dua kulit tipis mengapit inti sarang lebah, jadi konstruksi sandwich/komposit. Kerusakannya dapat tersembunyi, jadi diperiksa dengan uji ketuk.

Jawaban: A *truss*, B *semi-monocoque*, C sandwich/komposit; sobekan kain pada A tidak melemahkan struktur utama. Cek akal: kain yang sobek tidak mengubah kekuatan rangka karena rangka bukan kain; bila yang sobek adalah kulit logam pada *monocoque* murni, akibatnya berbeda.

Contoh 2: menelusuri jalur beban dari sayap ke badan

Sebuah pesawat latih milik sekolah penerbangan pada 2026 terbang datar dengan berat total 10 kN. Gaya angkat dibagi sama pada dua sayap. Menurut kartu kerja latihan, berat sayap diabaikan, resultan gaya angkat tiap sayap bekerja 2,0 m dari pangkal sayap, dan jarak antara spar cap atas dan bawah di pangkal sayap 0,20 m. Hitunglah momen lentur di pangkal sayap dan gaya pada spar cap bila seluruh momen ditahan oleh kedua cap, lalu sebutkan jalur bebannya. *(Kasus fiktif.)*

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

1. **Gaya angkat tiap sayap:** terbang datar berarti total gaya angkat sama dengan berat, jadi tiap sayap $\frac{10}{2} = 5\ \text{kN}$.
2. **Momen lentur di pangkal sayap:** $M = \text{gaya} \times \text{lengan} = 5\ \text{kN} \times 2{,}0\ \text{m} = 10\ \text{kN·m}$.
3. **Gaya pada spar cap:** momen ditahan oleh sepasang gaya tarik dan tekan yang dipisahkan jarak 0,20 m, jadi $F = \frac{M}{h} = \frac{10}{0{,}20} = 50\ \text{kN}$. Cap atas **tertekan** 50 kN dan cap bawah **tertarik** 50 kN.
4. **Jalur beban:** kulit sayap → rib → spar → sambungan sayap-badan → *frame* dan *bulkhead* → longeron dan kulit badan → berat badan.

Jawaban: momen lentur $10\ \text{kN·m}$, gaya pada tiap spar cap 50 kN (atas tekan, bawah tarik), dan jalur beban seperti pada langkah 4. Cek akal: gaya pada cap (50 kN) jauh lebih besar daripada gaya angkat per sayap (5 kN) karena lengan momen 2,0 m jauh lebih panjang daripada tinggi spar 0,20 m. Karena itu korosi yang mengurangi luas spar cap berbahaya. Bila pesawat berbelok sehingga beban menjadi dua kali, gaya cap menjadi 100 kN.

Contoh 3: memilih konstruksi untuk tiga kebutuhan

Sebuah bengkel sekolah penerbangan pada 2027 menimbang konstruksi untuk tiga kebutuhan: (X) badan pesawat latih kecil yang murah dan mudah diperbaiki sendiri; (Y) badan pesawat penumpang bertekanan kabin yang harus tetap kuat walau satu bagian retak; (Z) panel flap yang harus sangat ringan dan kaku. Pilih konstruksi tiap kebutuhan beserta alasannya. *(Kasus fiktif.)*

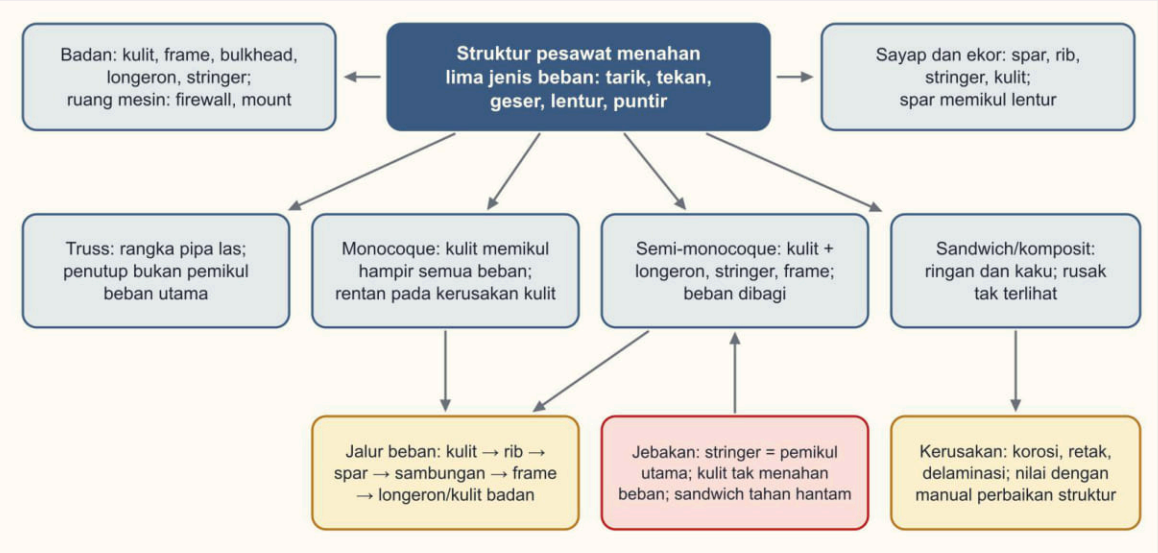
1. **Kebutuhan X:** murah dan mudah diperbaiki sendiri berarti struktur sederhana dengan sambungan las: *truss*. Alasan: rangka pipa mudah dibuat dan diperbaiki; kekurangannya berat tidak menjadi masalah pada pesawat kecil.
2. **Kebutuhan Y:** harus tahan walau satu bagian retak berarti perlu jalur beban cadangan, dan kabin bertekanan butuh kulit yang menahan tekanan: *semi-monocoque*. Alasan: beban dibagi ke kulit, *frame*, longeron, dan stringer; retak pada satu bagian dapat dialihkan ke bagian lain.
3. **Kebutuhan Z:** sangat ringan dan kaku berarti kulit tipis dengan inti ringan: sandwich/komposit. Alasan: kulit menahan lentur dan inti menjaga jarak kulit; kekurangannya (kerusakan tersembunyi) diatasi dengan uji ketuk berkala.

Jawaban: X *truss*, Y *semi-monocoque*, Z sandwich/komposit. Cek akal: tiap pilihan sesuai dengan kelebihan konstruksi dan kekurangannya dapat diterima atau dikendalikan; *monocoque* murni tidak dipilih karena kulitnya yang tebal berat dan kerusakan kecil langsung melemahkan.

❖ PETA KONSEP

Gambar 3.22 merangkum isi sub bab ini.

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



Gambar 3.22 Peta konsep jenis konstruksi dan bagian struktur pesawat. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Yang harus kamu ingat:

- Lima beban: **tarik, tekan, geser, lentur, puntir**. Tekan dapat membuat batang atau kulit **menekuk**.
- ***Truss*:** rangka pipa memikul beban, penutup bukan pemikul utama. ***Monocoque*:** kulit memikul hampir semua beban. ***Semi-monocoque*:** kulit + rangka, beban dibagi, toleran terhadap kerusakan.
- **Longeron** besar dan utama; **stringer** kecil dan banyak, mencegah kulit menekuk; ***frame*** menjaga bentuk penampang; ***bulkhead*** menahan beban terpusat.
- **Sayap:** ***spar*** memikul lentur (cap tarik dan tekan, *web* geser), ***rib*** menjaga bentuk *airfoil* dan meneruskan beban ke spar.
- **Ruang mesin:** ***engine mount*** menyalurkan berat dan gaya dorong; ***firewall*** menyekat api; ***cowling*** hanya pembentuk aliran udara dan pendinginan.
- **Sandwich/komposit** ringan dan kaku, tetapi rusaknya sering tidak tampak; periksa dengan uji ketuk. Nilai kerusakan menurut manual perbaikan struktur.

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

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal struktur:

1. **Kenali jenis konstruksi** dari ciri yang disebut: rangka pipa, kulit tebal tanpa pengaku, kulit + longeron/stringer, atau kulit tipis + inti.
2. **Tentukan siapa yang memikul beban utama** pada konstruksi itu, lalu nilai pengaruh kerusakan pada bagian tersebut.
3. **Cocokkan fungsi dengan nama bagian:** longeron (lentur utama), stringer (anti-tekuk), frame (bentuk), bulkhead (beban terpusat), spar (lentur sayap), rib (bentuk airfoil).
4. **Untuk kerusakan,** tanyakan: di bagian pemikul utama atau bukan, lalu rujuk manual; jangan memilih jawaban "boleh ditunda" atau "langsung dicat".

Jebakan yang sering dipasang:

- **Stringer dianggap pemikul utama** dan lebih besar daripada longeron; yang benar longeron lebih besar dan utama.
- **Kulit pada semi-monocoque dianggap tidak menahan beban**; padahal kulit memikul sebagian beban bersama rangka.
- **Kerusakan kain pada *truss* dianggap melemahkan badan**, atau kerusakan kulit *monocoque* dianggap kecil.
- **Rib dianggap pemikul lentur utama sayap**; yang benar spar.
- **Cowling dianggap penopang berat mesin**; yang benar *engine mount*.
- **Panel sandwich dianggap tahan benturan** atau kerusakannya pasti terlihat.
- **"Karena beban dibagi, retak kecil boleh ditunda"**: retak pada pemikul utama tetap harus dievaluasi sebelum terbang.
- **Korosi ringan "langsung dicat"** tanpa mengukur sisa tebal.

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa menjawab bahwa pada sayap semi-monocoque, korosi di rib sama mendesaknya dengan korosi di spar cap dekat pangkal sayap karena "rib juga memikul lentur". Yang benar, spar cap dekat pangkal sayap berada di jalur lentur utama sehingga diprioritaskan; rib menjaga bentuk dan meneruskan beban ke spar.

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut membandingkan tiga jenis badan ketika kulit rusak. Pakai bagian 2: siapa yang memikul beban utama pada tiap konstruksi.

►. Pada 2027 bengkel sekolah penerbangan menerima tiga badan pesawat dengan kerusakan kecil yang ukurannya sama pada penutup luar, tepat di antara dua rangka: pesawat ultralight berangka pipa baja las dengan penutup kain (truss), pesawat model lama bertipe monocoque murni, dan pesawat semi-monocoque yang punya stringer dan longeron. Supervisor bertanya kepada Arif pesawat mana yang kekuatan badannya paling terpengaruh oleh kerusakan itu.

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

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Jawaban dan alasan yang tepat adalah ....

A. Truss, karena kain penutupnya ikut memikul beban lentur badan pesawat
B. Semi-monocoque, karena kulitnya berbagi beban dengan stringer dan longeron
C. Semi-monocoque, karena kulitnya paling tipis di antara ketiga jenis badan
D. Monocoque, karena hampir semua beban dipikul kulit tanpa stringer pembantu
E. Ketiganya sama, karena beban utama badan pesawat dipikul oleh rangkanya

Pembahasan **Kunci: D**

Konsep: Truss: beban dipikul rangka batang, penutup kain hanya membentuk aerodinamika. Monocoque: kulit memikul hampir seluruh beban (rangka hanya pembentuk), sehingga kerusakan kulit langsung melemahkan struktur. Semi-monocoque: beban dibagi antara kulit, stringer, longeron, dan frame sehingga lebih toleran terhadap kerusakan.

Langkah:
1. Truss → kulit tidak memikul beban utama.
2. Semi-monocoque → beban dialihkan ke stringer/longeron di sekitar kerusakan.
3. Monocoque → tidak ada jalur beban pengganti, kerusakan kulit paling berpengaruh.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Pada truss, kain penutup tidak termasuk bagian pemikul beban.
• **B.** ✗ Jebakan: berbagi beban justru membuat kerusakan kulit lebih tertoleransi, bukan lebih berpengaruh.
• **C.** ✗ Jebakan: ketebalan kulit tidak diketahui dari kasus; yang menentukan adalah peran kulit dalam memikul beban.
• **D.** ✓ Pada monocoque, kulit adalah pemikul beban utama.
• **E.** ✗ Hanya berlaku untuk truss; pada monocoque dan semi-monocoque kulit ikut memikul beban.

Jawaban: D.

Educational Institutions

✎ LATIHAN

Untuk tiap soal, tulis dulu fungsi bagian yang disebut dan apakah ia pemikul utama, lalu nilai tindakan yang tepat.

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

1. Saat inspeksi berkala 2027, tim membuka panel sayap pesawat latih semi-monocoque dan menemukan korosi ringan di tiga lokasi: pada spar cap depan dekat wing root, pada satu rib di bagian tengah sayap, dan pada stringer di dekat lubang inspeksi. Lia, teknisi magang, diminta menyusun catatan untuk supervisor tentang fungsi bagian yang terkena dan prioritas tindak lanjutnya.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Catatan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Spar memikul sebagian besar beban lentur sayap, sehingga temuan di spar cap dekat wing root diprioritaskan.
☐ B. Rib memikul beban lentur utama sayap, sehingga temuan di rib sama mendesaknya dengan temuan di spar.
☐ C. Stringer menjadi tumpuan utama roda pendarat, sehingga korosi stringer paling mendesak ditangani.
☐ D. Karena korosinya ringan, ketiga lokasi dapat langsung dicat ulang tanpa perlu diukur sisa tebalnya.
☐ E. Stringer membantu kulit menahan tekuk (buckling), sehingga kulit sayap dapat dibuat tipis dan ringan.

2. Pada 2027, terjadi kebakaran kecil di ruang mesin pesawat latih bermesin piston saat start di darat, dan api padam setelah mesin dimatikan. Pemeriksaan menemukan cowling bagian bawah gosong, satu grommet karet di lubang kabel yang menembus firewall meleleh sehingga lubangnya terbuka, sedangkan engine mount tampak utuh. Tika, teknisi magang, diminta mencatat penilaiannya.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Catatan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Cowling adalah pemikul utama berat mesin sehingga kerusakannya harus diperbaiki paling dahulu.
☐ B. Lubang firewall yang terbuka ditutup kembali sesuai manual karena firewall memisahkan api dan gas dari kabin.
☐ C. Engine mount menyalurkan berat dan gaya dorong mesin ke badan pesawat, jadi tetap diperiksa retak dan bekas panasnya.
☐ D. Karena api padam sendiri, firewall terbukti tahan api dan lubang kabel boleh dibiarkan terbuka sementara.
☐ E. Firewall dipasang di belakang kabin agar panas mesin tidak merambat ke bagian ekor pesawat.

3. Pada 2027, sebuah kunci pas jatuh dari atas sayap ke panel lantai bagasi pesawat latih. Panel itu berkonstruksi komposit sarang lebah (honeycomb sandwich): dua lapis kulit tipis

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

serat kaca mengapit inti sarang lebah yang ringan. Permukaannya tidak tampak penyok, tetapi saat diketuk dengan koin, satu area berbunyi lebih redam daripada sekitarnya.
(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
Karena tidak tampak penyok, panel itu tidak rusak dan dapat langsung dipakai kembali.	○	○
Bunyi redam saat uji ketuk menunjukkan kemungkinan kulit terlepas dari inti (delaminasi) di area itu.	○	○
Konstruksi sandwich ringan dan kaku, tetapi kerusakannya sering tidak terlihat dari luar.	○	○

4. Pada 2027, teknisi menemukan retak kecil pada longeron bawah dan pada satu stringer di dekatnya, di sekitar pintu bagasi badan pesawat latih semi-monocoque. Aldi, teknisi magang, diminta menyusun catatan tentang fungsi kedua bagian itu dan akibat retaknya untuk dibahas bersama teknisi berlisensi.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Catatan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Stringer adalah batang memanjang utama yang lebih besar dari longeron, sehingga retak stringer lebih berbahaya.
☐ B. Karena semi-monocoque berbagi beban, retak kecil pada longeron dapat ditunda sampai inspeksi tahunan.
☐ C. Longeron adalah batang memanjang utama yang menerus melewati frame dan memikul sebagian besar beban lentur.
☐ D. Frame di sekitar pintu bagasi hanya pembentuk aerodinamika sehingga tidak perlu ikut diperiksa.
☐ E. Stringer memperkaku kulit terhadap tekuk dan ikut menyalurkan beban ke frame.

Kunci singkat: 1. A, E 2. B, C 3. 1S 2B 3B 4. C, E

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

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa kerusakan kecil pada kulit lebih berbahaya pada *monocoque* daripada pada *semi-monocoque*?
- Apa beda longeron dan stringer, dan apa fungsi masing-masing?
- **Yang harus kuingat:** lima beban; truss = rangka pipa memikul; monocoque = kulit memikul; semi-monocoque = kulit + rangka; longeron utama dan stringer anti-tekuk; spar memikul lentur sayap dan rib menjaga bentuk; sandwich rusak tersembunyi, diperiksa dengan uji ketuk; engine mount menyalurkan berat dan gaya dorong mesin.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 3.4: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktpu&node=SMKTPU-3.4

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

Sub bab 3.5 · Hukum Newton, kekekalan energi, dan tenaga pendorong

SMKTPU-3.5

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu **menerapkan hukum Newton dan kekekalan energi pada tenaga pendorong** pesawat. Levelnya penerapan dan penalaran: kamu diminta menghitung gaya dorong dari data aliran massa dan menjelaskan mengapa alat tertentu, misalnya *thrust reverser*, dapat memperlambat pesawat.

Pola soal yang sering muncul: (1) **hitungan gaya dorong** dari laju aliran massa udara serta kecepatan masuk dan keluar mesin; (2) **penjelasan *thrust reverser*** dengan hukum Newton III; (3) **pernyataan tentang energi dan efisiensi**, misalnya apakah mesin dapat mengubah seluruh energi bahan bakar menjadi gerak.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menyatakan tiga hukum Newton dan memakainya pada pesawat, termasuk menjelaskan mengapa gaya aksi dan reaksi tidak saling meniadakan;
- menghitung gaya dorong dengan rumus $F = \dot{m}(v_e - v_0)$ dan menjelaskan perbedaan baling-baling, turbofan, dan turbojet;
- menjelaskan perubahan energi pada mesin pesawat serta menghitung usaha, daya, dan efisiensi sederhana;
- menjelaskan cara kerja *thrust reverser*.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Mesin pesawat tampak rumit, tetapi cara ia mendorong pesawat sangat sederhana: **mesin melempar udara atau gas ke belakang, dan pesawat terdorong ke depan**. Semua rumus dan istilah di sub bab ini hanyalah cara menghitung dan menjelaskan kalimat itu dengan teliti. Mari kita mulai dari tiga hukum yang dirumuskan Isaac Newton.

1. Tiga hukum Newton

Hukum Newton I (kelembaman). Benda yang diam tetap diam, dan benda yang bergerak lurus dengan kecepatan tetap tetap bergerak begitu, **selama resultan gaya pada benda itu nol**. Inilah alasan pesawat yang terbang datar dengan kecepatan tetap memiliki Thrust = Drag dan Lift = Weight (sub bab 3.2): resultan gayanya nol.

Hukum Newton II. Bila resultan gaya tidak nol, benda dipercepat sesuai rumus

$$F = m\,a$$

dengan F gaya (newton, N), m massa (kg), dan a percepatan (m/s²). Satu newton adalah

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

gaya yang memberi percepatan 1 m/s² pada massa 1 kg, jadi $1\ \text{N} = 1\ \text{kg}\cdot\text{m/s}^2$ dan $1\ \text{kN} = 1.000\ \text{N}$. Hukum ini punya bentuk lain yang lebih berguna untuk mesin. Gaya sama dengan **laju perubahan momentum**. Momentum adalah massa kali kecepatan ($p = mv$). Bila massa m udara dipercepat dari kecepatan v_0 menjadi v_e dalam waktu t, gayanya

$$F = \frac{m(v_e - v_0)}{t} = \dot{m}\,(v_e - v_0)$$

dengan $\dot{m} = m/t$ (dibaca "m titik") adalah **laju aliran massa**, yaitu berapa kilogram udara yang lewat setiap detik (kg/s).

Hukum Newton III (aksi dan reaksi). Bila benda A mendorong benda B, benda B mendorong benda A dengan gaya yang **sama besar dan berlawanan arah**. Hal yang paling penting dan paling sering salah: kedua gaya itu **bekerja pada dua benda yang berbeda**. Karena itu keduanya **tidak saling meniadakan**. Ketika kamu mendorong dinding di atas sepatu roda, kamu mendorong dinding (aksi), dan dinding mendorong kamu (reaksi). Dinding tidak bergerak karena melekat ke bangunan; kamulah yang bergerak, karena gaya reaksi bekerja pada dirimu.

2. Dari mana gaya dorong berasal

Gaya dorong (*thrust*) adalah gaya reaksi dari udara atau gas yang didorong ke belakang oleh mesin (Gambar 3.23).



Gambar 3.23 Aksi dan reaksi pada roket, baling-baling, dan mesin jet. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

- Pada **roket**, gas panas dari ruang bakar disemburkan ke belakang. Mesin dan roket mendorong gas itu (aksi), dan gas mendorong roket ke depan (reaksi).
- Pada **baling-baling**, bilah yang berbentuk seperti sayap kecil berputar dan menolak udara ke belakang. Baling-baling mendorong udara ke belakang (aksi), dan udara mendorong baling-baling serta pesawat ke depan (reaksi).

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

- Pada **mesin jet**, mesin menarik udara masuk, mempercepatnya, lalu menyemburkan gas buang ke belakang dengan kecepatan jauh lebih besar daripada kecepatan masuk. Reaksinya mendorong mesin ke depan.

Baling-baling layak dijelaskan lebih jauh karena ia sangat umum pada pesawat latih. Setiap bilahnya adalah ***airfoil*** yang berputar, dengan bentuk dan sudut serang yang mirip sayap. Udara yang mengalir melewati bilah menghasilkan gaya angkat pada bilah, dan karena bilah berdiri tegak, arah "gaya angkat" itu menghadap ke depan. Itulah gaya dorong. Sudut bilah terhadap bidang putaran disebut **sudut bilah** (*blade angle* atau *pitch*). Pada baling-baling dengan sudut tetap, sudut ini tidak dapat diubah. Pada baling-baling yang sudutnya dapat diatur, sudut bilah diubah agar baling-baling tetap efisien pada kecepatan terbang yang berbeda: kecil untuk lepas landas, besar untuk terbang jelajah. Karena bilah pun merupakan sayap, ia dapat mengalami aliran terlepas bila sudut serangnya terlalu besar, dan bilah yang penyok atau tergores mengganggu aliran dan menimbulkan getaran. Teknisi memeriksa tepi bilah terhadap goresan dan retak sesuai manual.

Salah satu kekeliruan populer ialah mengira mesin jet "mendorong udara luar" seperti mendayung. Sebenarnya yang didorong ke belakang adalah gas yang melewati mesin itu sendiri. Itu sebabnya roket dapat bekerja di ruang hampa.

3. Menghitung gaya dorong

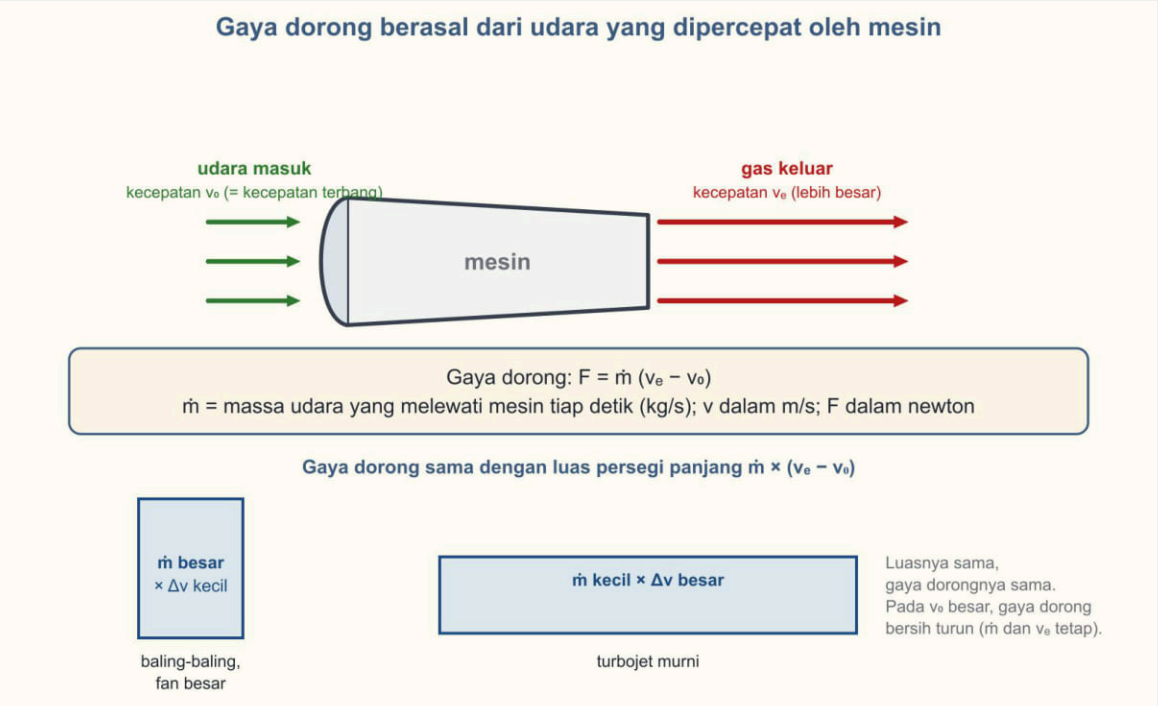
Rumus gaya dorong mesin pesawat yang paling sederhana ialah

$$F = \dot{m}\,(v_e - v_0)$$

(Gambar 3.24). Di sini v_e adalah kecepatan gas **keluar** dari mesin dan v_0 adalah kecepatan udara **masuk**, yang sama dengan kecepatan terbang. Perhatikan bahwa yang menentukan gaya dorong adalah **selisih** kecepatan keluar dan masuk, bukan kecepatan keluar saja. Rumus ini mengabaikan massa bahan bakar yang kecil dan menganggap tekanan gas keluar sama dengan tekanan udara luar.

Educational Institutions

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



Gambar 3.24 Gaya dorong dari aliran massa udara yang dipercepat. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Rumus lengkapnya memuat dua suku: $\dot{m}\,v_e$ disebut gaya dorong kotor (*gross thrust*), dan $\dot{m}\,v_0$ disebut ***ram drag*** (hambatan udara masuk) yang dikurangkan. Pada mesin yang masih diam di landasan, $v_0 = 0$, sehingga $F = \dot{m}\,v_e$. Pada pesawat yang melaju, v_0 besar, sehingga gaya dorong bersih **lebih kecil** daripada saat diam bila $\dot{m}$ dan v_e tetap.

Gaya dorong yang sama dapat diperoleh dengan dua cara, karena yang dihitung adalah hasil kali $\dot{m} \times \Delta v$. Cara pertama: **massa udara besar dengan pertambahan kecepatan kecil**, seperti baling-baling dan turbofan berfan besar. Cara kedua: **massa udara kecil dengan pertambahan kecepatan besar**, seperti turbojet murni. Cara pertama lebih hemat bahan bakar pada kecepatan menengah; cara kedua cocok untuk kecepatan sangat tinggi. Hal ini dijelaskan juga oleh NASA dalam materi pendidikannya.

4. Usaha, daya, dan efisiensi

Usaha (kerja) adalah gaya kali jarak searah gaya: $W = F\,s$, bersatuan joule (J), dengan $1\ \text{J} = 1\ \text{N·m}$. **Daya** adalah usaha per detik, bersatuan watt (W), $1\ \text{W} = 1\ \text{J/s}$ dan $1\ \text{kW} = 1.000\ \text{W}$:

$$P = \frac{W}{t} = F\,v$$

Untuk pesawat, **daya dorong** adalah gaya dorong kali kecepatan terbang: $P_{dorong} = T \times v$. Ini daya yang benar-benar dipakai untuk menggerakkan pesawat.

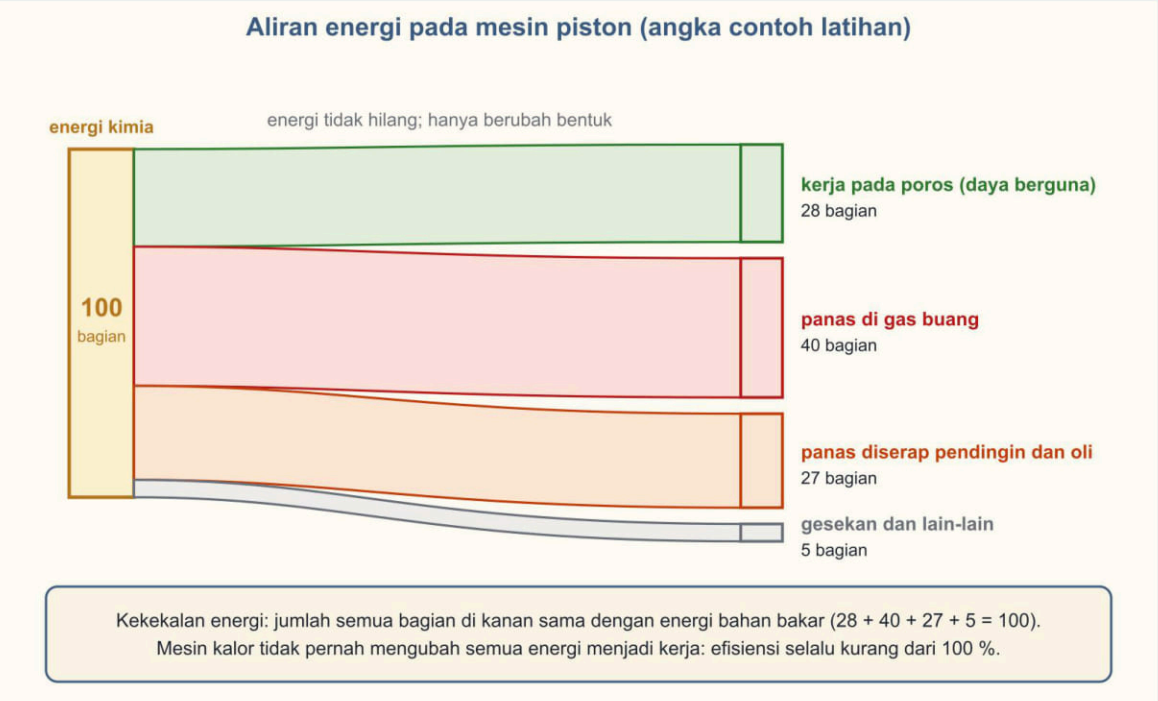
Kekekalan energi berkata bahwa energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan; ia hanya berubah bentuk. Pada mesin pesawat, energi **kimia** dalam bahan bakar berubah menjadi **panas** saat bahan bakar dibakar, lalu sebagian panas berubah menjadi **kerja mekanik**, yaitu putaran poros pada mesin piston atau gerak gas pada mesin jet. Tidak semua panas dapat

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

menjadi kerja. Sebagian besar terbawa gas buang, diserap sistem pendingin dan oli, atau hilang karena gesekan (Gambar 3.25). Karena itu **efisiensi**, yaitu perbandingan daya berguna dengan daya masuk, selalu **kurang dari 100 %**:

$$\eta = \frac{P_{berguna}}{P_{masuk}} \times 100\,\%$$

Mesin dengan efisiensi lebih dari 100 % berarti menghasilkan energi dari ketiadaan, dan itu mustahil. Daya masuk dari bahan bakar sama dengan banyaknya bahan bakar per detik kali energi tiap kilogramnya; bahan bakar pesawat mengandung kira-kira 40 juta joule per kilogram (angka pendekatan; nilai pasti menurut data bahan bakar).



Gambar 3.25 Aliran energi pada mesin piston dengan angka contoh latihan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

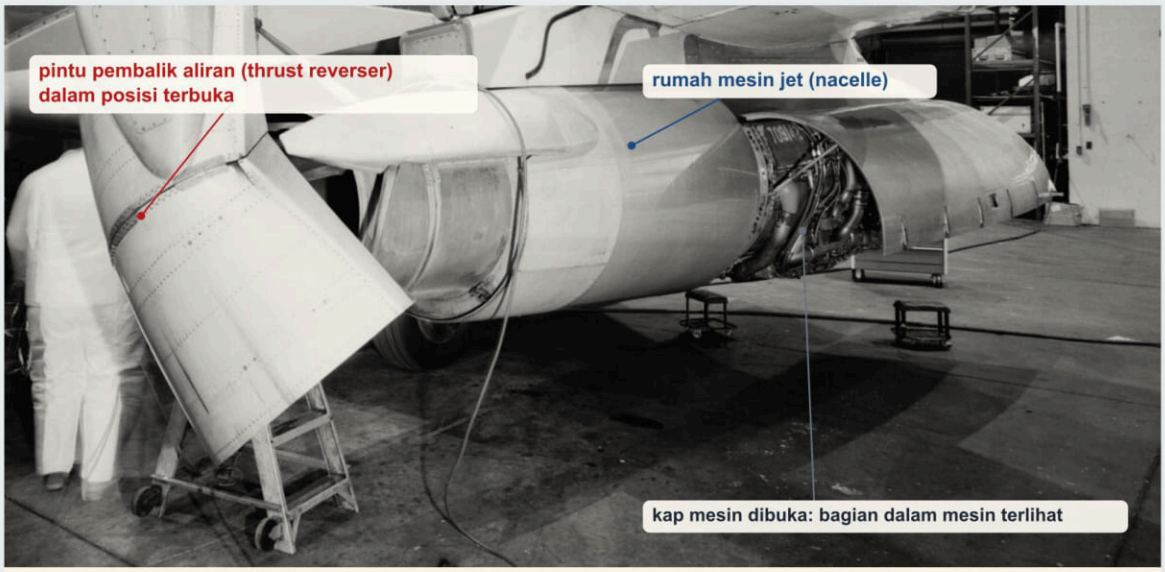
Dua bentuk energi lain sering dipakai ketika membicarakan pesawat. **Energi gerak** (energi kinetik) adalah $E_k = \frac{1}{2}mv^2$, dan **energi potensial** (karena ketinggian) adalah $E_p = mgh$, keduanya dalam joule. Pesawat bermassa 1.000 kg yang terbang dengan kecepatan 50 m/s memiliki $E_k = \frac{1}{2} \times 1.000 \times 50^2 = 1{,}25$ juta joule. Bila ia naik setinggi 300 m (dengan $g = 10\ \mathrm{m/s^2}$), energi potensialnya bertambah $1.000 \times 10 \times 300 = 3$ juta joule. Tambahan energi itu berasal dari bahan bakar. Karena efisiensi mesin dan baling-baling kecil, bahan bakar yang dilepaskan jauh lebih banyak daripada tambahan energi itu: bila efisiensi gabungan sekitar 22 %, diperlukan kira-kira $3 / 0{,}22 \approx 13{,}6$ juta joule, setara dengan sekitar 0,34 kg bahan bakar. Ini juga alasan pesawat yang menanjak membakar lebih banyak bahan bakar daripada saat terbang datar.

Pada mesin piston, daya poros memutar baling-baling, dan baling-baling sendiri hanya mengubah sebagian daya poros menjadi daya dorong; hasil baginya disebut efisiensi baling-baling. Jadi ada dua tahap pengurangan: bahan bakar ke poros, lalu poros ke daya dorong.

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

5. *Thrust reverser*

Setelah mendarat, pesawat jet besar perlu dihentikan dalam jarak pendek. Selain rem roda dan *spoiler*, pesawat memakai ***thrust reverser***, yaitu pintu atau penghalang yang **membelokkan sebagian aliran gas buang ke arah depan** (Gambar 3.26).



Gambar 3.26 Pintu thrust reverser dalam posisi terbuka pada sebuah mesin jet. Sumber: Historic American Engineering Record, Library of Congress, via Wikimedia Commons, domain publik; diubah: keterangan berbahasa Indonesia ditambahkan.

Mengapa ini memperlambat pesawat? Karena Hukum Newton III. Biasanya mesin mendorong gas ke belakang dan gas mendorong mesin ke depan. Saat reverser bekerja, mesin mendorong gas ke **depan**, sehingga gas mendorong mesin dan pesawat ke **belakang**: itu gaya pengereman. Mesin tetap berputar ke arah yang sama; yang berubah hanyalah arah semburan gas. Reverser tidak "menghentikan" gas sama sekali, karena bila gas hanya dihentikan, tidak akan ada gaya ke belakang. Pada pesawat baling-baling, efek yang sama diperoleh dengan mengubah sudut bilah baling-baling sehingga ia menolak udara ke depan. Reverser hanya dipakai di darat, dan sistemnya dilengkapi pengunci supaya tidak terbuka saat terbang. Teknisi memeriksa pengunci, sensor, dan gerak pintu sesuai manual, dan tidak mengoperasikan reverser bila ada orang atau benda di daerah semburan.

▣ CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1: menghitung gaya dorong dari aliran massa

Mesin kecil sebuah pesawat latih jet pada 2027 mengalirkan 25 kg udara tiap detik. Udara keluar dengan kecepatan 380 m/s. Pesawat terbang dengan kecepatan 120 m/s. Hitunglah gaya dorong saat terbang, lalu bandingkan dengan gaya dorong saat pesawat masih diam di landasan dengan mesin yang sama. Abaikan massa bahan bakar. *(Kasus fiktif.)*

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

1. **Tulis rumus:** $F = \dot{m}(v_e - v_0)$.
2. **Saat terbang** ($v_0 = 120$ m/s):
   $F = 25 \times (380 - 120) = 25 \times 260 = 6.500$ N $= 6{,}5$ kN.
3. **Saat diam** ($v_0 = 0$): $F = 25 \times (380 - 0) = 9.500$ N $= 9{,}5$ kN.
4. **Bandingkan:** $9{,}5 - 6{,}5 = 3{,}0$ kN, atau $\dot{m}v_0 = 25 \times 120 = 3.000$ N, sama dengan *ram drag*.

Jawaban: gaya dorong saat terbang 6,5 kN, saat diam 9,5 kN. Cek akal: mesin yang sama menghasilkan gaya dorong lebih besar saat diam karena tidak ada kecepatan masuk yang harus dikurangkan. Bila rumusnya salah dipakai dengan hanya v_e, hasilnya 9,5 kN dan itu terlalu besar untuk keadaan terbang.

Contoh 2: menghitung efisiensi dan gaya dorong mesin piston

Pada 2026, mesin piston sebuah pesawat latih membakar 0,004 kg bahan bakar tiap detik. Menurut kartu kerja latihan, tiap kilogram bahan bakar mengandung 40×10^6 J. Daya yang sampai ke poros 44 kW. Efisiensi baling-baling 80 % dan pesawat terbang dengan kecepatan 44 m/s. Hitunglah efisiensi mesin, daya yang terbuang menjadi panas dan lainnya, serta gaya dorong. *(Kasus fiktif.)*

1. **Daya masuk dari bahan bakar:**
   $P_{masuk} = 0{,}004 \times 40.000.000 = 160.000$ W $= 160$ kW.
2. **Efisiensi mesin:** $\eta = \dfrac{44}{160} \times 100\,\% = 27{,}5\,\%$.
3. **Daya yang tidak menjadi kerja poros:** $160 - 44 = 116$ kW (panas gas buang, pendingin, gesekan).
4. **Daya dorong:** $0{,}80 \times 44 = 35{,}2$ kW $= 35.200$ W.
5. **Gaya dorong:** dari $P = Tv$, $T = \dfrac{35.200}{44} = 800$ N.

Jawaban: efisiensi mesin 27,5 %, panas dan lainnya 116 kW, dan gaya dorong 800 N. Cek akal: efisiensi di bawah 100 % dan besarnya wajar untuk mesin piston; daya dorong (35,2 kW) lebih kecil daripada daya poros (44 kW) karena baling-baling tidak sempurna.

Contoh 3: menjelaskan Newton III pada baling-baling

Pada 2027, Rani bertanya kepada instrukturnya: "Gaya aksi dan reaksi sama besar dan berlawanan arah. Mengapa keduanya tidak saling meniadakan sehingga pesawat tidak bisa bergerak?" Baling-baling pesawat latih itu mempercepat 20 kg udara tiap detik dari 40 m/s menjadi 65 m/s, dan hambatan pesawat 500 N. Jelaskan. *(Kasus fiktif.)*

1. **Hitung gaya pada udara (aksi):** $F = \dot{m}\,\Delta v = 20 \times (65 - 40) = 500$ N ke belakang. Gaya ini bekerja **pada udara**.
2. **Gaya reaksi:** udara mendorong baling-baling sebesar 500 N ke depan. Gaya ini bekerja **pada baling-baling dan pesawat**.

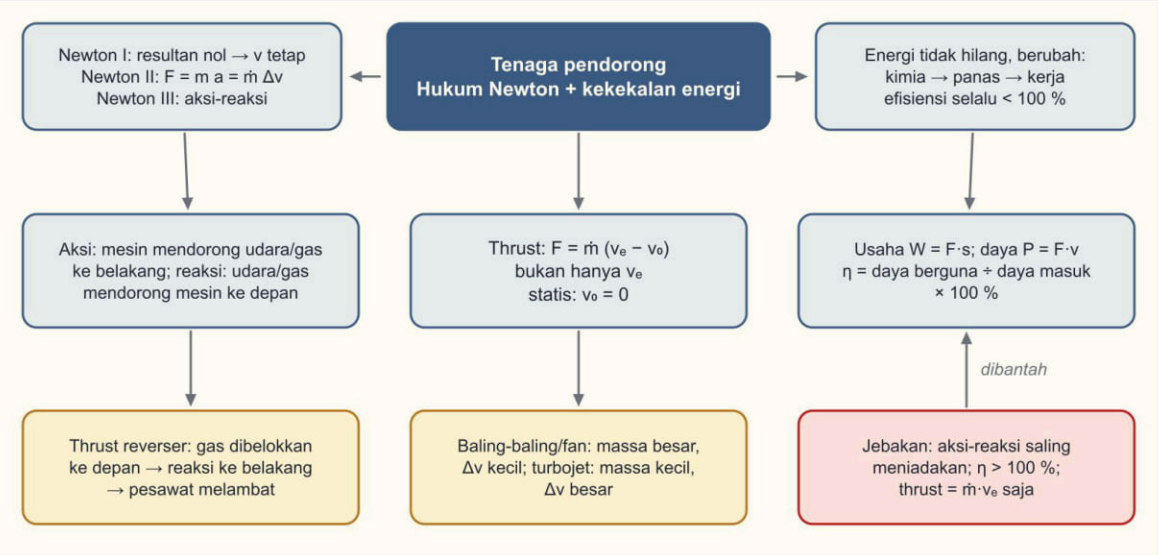
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

3. **Mengapa tidak saling meniadakan:** kedua gaya bekerja pada **dua benda yang berbeda** (udara dan pesawat). Untuk melihat gerak pesawat, kita hanya menghitung gaya yang bekerja **pada pesawat**.
4. **Gaya pada pesawat:** gaya dorong 500 N ke depan dan hambatan 500 N ke belakang; resultannya $500 - 500 = 0$, jadi pesawat terbang dengan kecepatan tetap (Hukum Newton I).

Jawaban: aksi bekerja pada udara dan reaksi bekerja pada pesawat sehingga tidak saling meniadakan; pesawat bergerak lurus beraturan karena gaya dorong sama dengan hambatan. Cek akal: bila hambatan hanya 300 N, resultan 200 N ke depan, dan pesawat dipercepat sebesar $200/m$.

❖ PETA KONSEP

Gambar 3.27 merangkum isi sub bab ini.



Gambar 3.27 Peta konsep hukum Newton, kekekalan energi, dan tenaga pendorong. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Yang harus kamu ingat:

- **Newton I:** resultan nol → kecepatan tetap. **Newton II:** $F = ma$, dan untuk mesin $F = \dot{m}\,\Delta v$. **Newton III:** aksi-reaksi **bekerja pada dua benda berbeda** dan tidak saling meniadakan.
- **Gaya dorong:** $F = \dot{m}(v_e - v_0)$; yang dihitung **selisih** kecepatan, bukan v_e saja. Saat diam $v_0 = 0$.
- **Baling-baling dan fan besar:** massa besar, Δv kecil. **Turbojet:** massa kecil, Δv besar.
- **Energi tidak hilang, hanya berubah:** kimia → panas → kerja. $P = F\,v$; efisiensi **selalu < 100 %**.
- ***Thrust reverser*:** gas dibelokkan ke depan, reaksinya ke belakang, pesawat melambat; mesin tetap berputar ke arah yang sama.

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

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal tenaga pendorong:

1. **Tentukan apa yang dihitung:** gaya dorong, daya, atau efisiensi.
2. **Tulis data dengan satuan SI:** kg/s, m/s, N, W. Ubah kN dan kW ke N dan W sebelum menghitung.
3. **Untuk gaya dorong,** hitung selisih kecepatan lebih dulu, lalu kalikan dengan aliran massa. Cek apakah v_0 diberikan.
4. **Untuk penjelasan,** sebut dua benda yang saling mendorong dan arah masing-masing gaya.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Aksi dan reaksi dianggap saling meniadakan**; padahal bekerja pada dua benda berbeda.
- **Efisiensi lebih dari 100 %** atau 100 % pada mesin kalor.
- **Gaya dorong dihitung hanya dari kecepatan keluar**, tanpa mengurangi kecepatan masuk.
- **Salah konversi satuan**: 12.000 N ditulis 1,2 kN.
- ***Thrust reverser* dikira membalik putaran mesin** atau menghentikan gas seluruhnya.
- **Jet dikira mendorong udara luar** seperti mendayung.
- **Energi bahan bakar dianggap hilang** saat tidak menjadi kerja; ia berubah menjadi panas.

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa menjawab bahwa mesin jet dengan $\dot{m} = 30\ \text{kg/s}$, $v_e = 400\ \text{m/s}$, dan $v_0 = 100\ \text{m/s}$ menghasilkan gaya dorong 12 kN karena $30 \times 400 = 12.000\ \text{N}$. Yang benar $30 \times (400 - 100) = 9.000\ \text{N} = 9\ \text{kN}$; kecepatan masuk harus dikurangkan.

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut meminta kamu menghitung gaya dorong turbojet dari data aliran massa. Pakai bagian 3: hitung selisih kecepatan lebih dulu, lalu periksa satuan hasilnya.

►. Pada 2027, siswa kelas propulsi menganalisis data mesin turbojet kecil pesawat latih saat terbang. Udara masuk dengan kecepatan 150 m/s (sama dengan kecepatan pesawat) dan keluar nozzle dengan kecepatan 450 m/s. Laju aliran massa udara 40 kg/s, dan massa bahan bakar diabaikan. Guru mengingatkan bahwa gaya dorong berasal dari perubahan momentum udara yang dipercepat mesin (Hukum Newton II dan III).
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Gaya dorong mesin saat itu adalah ....

A. 1,2 kN
B. 6,0 kN
C. 12,0 kN
D. 18,0 kN
E. 24,0 kN

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

Pembahasan **Kunci: C**

Konsep: Hukum Newton II: gaya = laju perubahan momentum = laju aliran massa × perubahan kecepatan. Hukum Newton III: mesin mendorong udara ke belakang, udara mendorong mesin ke depan.

Langkah:

1. Perubahan kecepatan = 450 − 150 = 300 m/s.
2. F = 40 × 300 = 12.000 N = 12,0 kN.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: salah konversi satuan (12.000 N ditulis 1,2 kN).
- **B.** ✗ Jebakan: memakai kecepatan masuk (40 × 150).
- **C.** ✓ Sesuai perubahan momentum udara.
- **D.** ✗ Jebakan: memakai kecepatan keluar saja (40 × 450), seolah pesawat diam.
- **E.** ✗ Jebakan: kecepatan masuk dan keluar dijumlahkan (40 × 600).

Jawaban: C.

✎ LATIHAN

Untuk tiap soal, tulis dulu dua benda yang saling mendorong dan arah gaya pada mesin atau pesawat.

1. Pada 2027, siswa SMK yang berkunjung ke bandara melihat pesawat jet mendarat dan memakai thrust reverser, yaitu pintu yang membelokkan sebagian aliran gas buang ke arah depan. Pembimbing hanggar bertanya kepada Dewi mengapa reverser dapat memperlambat pesawat, padahal mesin tetap berputar ke arah yang sama.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Jawaban Dewi yang paling tepat adalah ....

A. Gas didorong ke arah depan sehingga gaya reaksi pada mesin mengarah ke belakang
B. Putaran mesin berbalik sehingga kompresor mengisap udara dari bagian belakang
C. Gas buang dihentikan seluruhnya sehingga mesin tidak menghasilkan gaya apa pun
D. Reverser menambah berat pesawat di roda sehingga gesekan rem jadi lebih besar
E. Aliran gas ke depan menambah lift sayap sehingga roda menekan landasan lebih kuat

Kunci singkat: 1. A

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

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa gaya aksi dan reaksi tidak saling meniadakan?
- Mengapa gaya dorong dihitung dari selisih $v_e - v_0$, bukan dari v_e saja?
- **Yang harus kuingat:** $F = \dot{m}(v_e - v_0)$; aksi-reaksi bekerja pada dua benda berbeda; $P = F\,v$; efisiensi selalu di bawah 100 %; *thrust reverser* membelokkan gas ke depan sehingga reaksinya memperlambat pesawat.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 3.5: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktpu&node=SMKTPU-3.5

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

Sub bab 3.6 · Piston engine

SMKTPU-3.6

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu **menjelaskan prinsip kerja mesin piston** (*piston engine*): siklus empat langkah, penyalaan, dan cara menilai kondisi mesin lewat uji. Levelnya pemahaman dan penalaran: kamu diminta membaca data uji dan menarik kesimpulan perawatan.

Pola soal yang sering muncul: (1) **uji *run-up*** dengan data penurunan putaran saat tiap *magneto* dimatikan satu per satu; (2) **uji kompresi diferensial** dengan tabel tekanan dan arah desis udara; (3) **kondisi busi** yang dilepas dari mesin dan apa artinya bagi pembakaran; (4) urutan langkah tiap silinder pada mesin berbanyak silinder.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan empat langkah pada siklus mesin piston dan keadaan katup serta torak pada tiap langkah;
- menyebut bagian utama mesin piston beserta fungsinya, termasuk sistem penyalaan dua magneto;
- menilai hasil uji *run-up* dan menentukan tindakan yang tepat;
- membaca hasil uji kompresi diferensial dan menyimpulkan sumber kebocoran.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

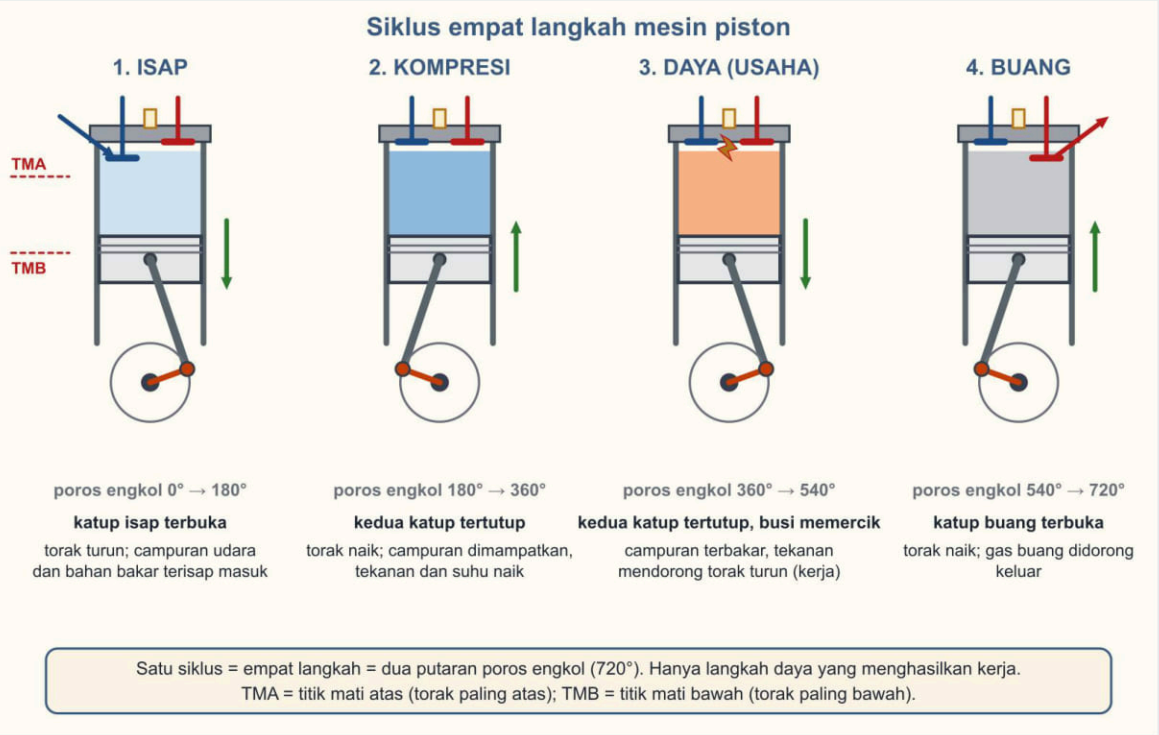
Banyak pesawat latih di sekolah penerbangan digerakkan oleh mesin piston. Mesin ini mirip mesin kendaraan bermotor, tetapi dirancang lebih keras terhadap keselamatan: penyalaannya ganda, dan kondisinya diuji sebelum tiap terbang. Memahami cara kerjanya membuat kamu mengerti mengapa setiap uji dilakukan.

1. Mesin kalor dan siklus empat langkah

Mesin piston adalah **mesin kalor**. Bahan bakar dibakar di dalam silinder, gas panas yang memuai mendorong **torak** (*piston*), dan gerak bolak-balik torak diubah oleh **poros engkol** (*crankshaft*) menjadi gerak putar yang memutar baling-baling.

Torak bergerak bolak-balik di dalam silinder antara dua kedudukan ekstrem. Kedudukan paling atas disebut **titik mati atas** (TMA, *top dead center*) dan kedudukan paling bawah **titik mati bawah** (TMB, *bottom dead center*). Satu kali geser dari TMA ke TMB atau sebaliknya disebut satu **langkah** (*stroke*). Pada mesin pesawat berlaku siklus **empat langkah** (Gambar 3.28), yang terdiri atas empat peristiwa berurutan.

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



Gambar 3.28 Siklus empat langkah pada mesin piston: isap, kompresi, daya, dan buang. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

1. **Isap** (*intake*). Katup isap terbuka dan katup buang tertutup. Torak turun dari TMA ke TMB sehingga campuran udara dan bahan bakar terisap ke dalam silinder.
2. **Kompresi** (*compression*). Kedua katup tertutup. Torak naik dari TMB ke TMA dan **memampatkan** campuran. Tekanan dan suhu campuran naik.
3. **Daya** atau usaha (*power*). Kedua katup tetap tertutup. Sedikit sebelum torak mencapai TMA, busi memercikkan api (saat tepatnya menurut manual). Campuran terbakar dan gas panas bertekanan tinggi mendorong torak turun. **Inilah satu-satunya langkah yang menghasilkan kerja.**
4. **Buang** (*exhaust*). Katup buang terbuka. Torak naik dan mendorong gas bekas keluar.

Satu siklus terdiri atas empat langkah, yaitu **dua putaran** poros engkol (720°). Selama dua putaran itu, tiap silinder hanya menghasilkan **satu** langkah daya. Poros nok (*camshaft*) yang membuka dan menutup katup berputar **separuh** kecepatan poros engkol, sehingga tiap katup membuka sekali per siklus. Dua kesalahan yang umum: menukar langkah isap dengan buang, dan menyangka langkah daya terjadi tiap putaran.

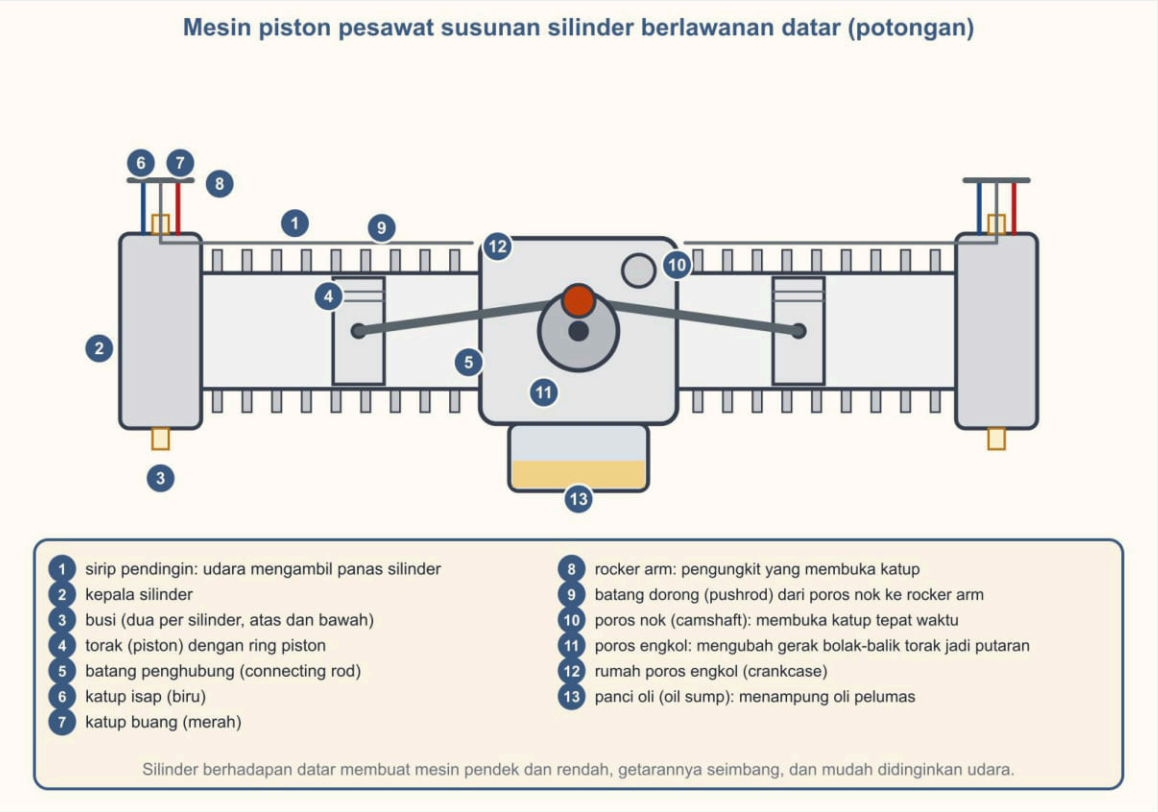
Satu ukuran mesin yang sering disebut adalah **rasio kompresi**: perbandingan volume silinder saat torak di TMB dengan volume saat torak di TMA. Bila volume yang disapu torak 600 cm^3 dan ruang sisa di atas torak pada TMA 100 cm^3, rasio kompresinya $\frac{600 + 100}{100} = 7$, ditulis 7 : 1. Jangan mencampuradukkan rasio kompresi ini (ciri rancangan mesin) dengan **uji kompresi diferensial** (uji kebocoran) yang dibahas di bagian 5.

2. Bagian-bagian mesin

Gambar 3.29 menunjukkan mesin dengan silinder **berlawanan datar** (*horizontally opposed*),

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

susunan yang sangat umum pada pesawat ringan. Silinder dipasang berhadapan di kiri dan kanan rumah poros engkol, sehingga mesin pendek dan rendah, getarannya seimbang, dan mudah didinginkan udara.



Gambar 3.29 Bagian-bagian mesin piston berlawanan datar (skema). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

- **Silinder** adalah tabung tempat torak bergerak dan tempat bahan bakar dibakar. Permukaan luarnya memiliki **sirip pendingin** yang membuang panas ke udara.
- **Kepala silinder** menutup ujung silinder dan memuat katup serta busi.
- **Torak** (*piston*) bergerak bolak-balik di silinder. **Ring piston** (*piston ring*) pada torak menyekat celah antara torak dan dinding silinder agar gas tidak bocor ke bawah dan oli tidak naik ke ruang bakar.
- **Batang penghubung** (*connecting rod*) menghubungkan torak ke poros engkol.
- **Poros engkol** (*crankshaft*) mengubah gerak bolak-balik torak menjadi putaran. Baling-baling dipasang pada poros ini.
- **Katup isap dan katup buang** membuka dan menutup saluran. Katup digerakkan oleh poros nok lewat batang dorong (*pushrod*) dan pengungkit (*rocker arm*), dan ditutup kembali oleh pegas.
- **Busi** (*spark plug*) memercikkan api untuk membakar campuran. Pesawat memakai **dua busi tiap silinder**.
- **Rumah poros engkol** (*crankcase*) membungkus poros engkol, dan **panci oli** (*oil sump*) di bawahnya menampung oli.

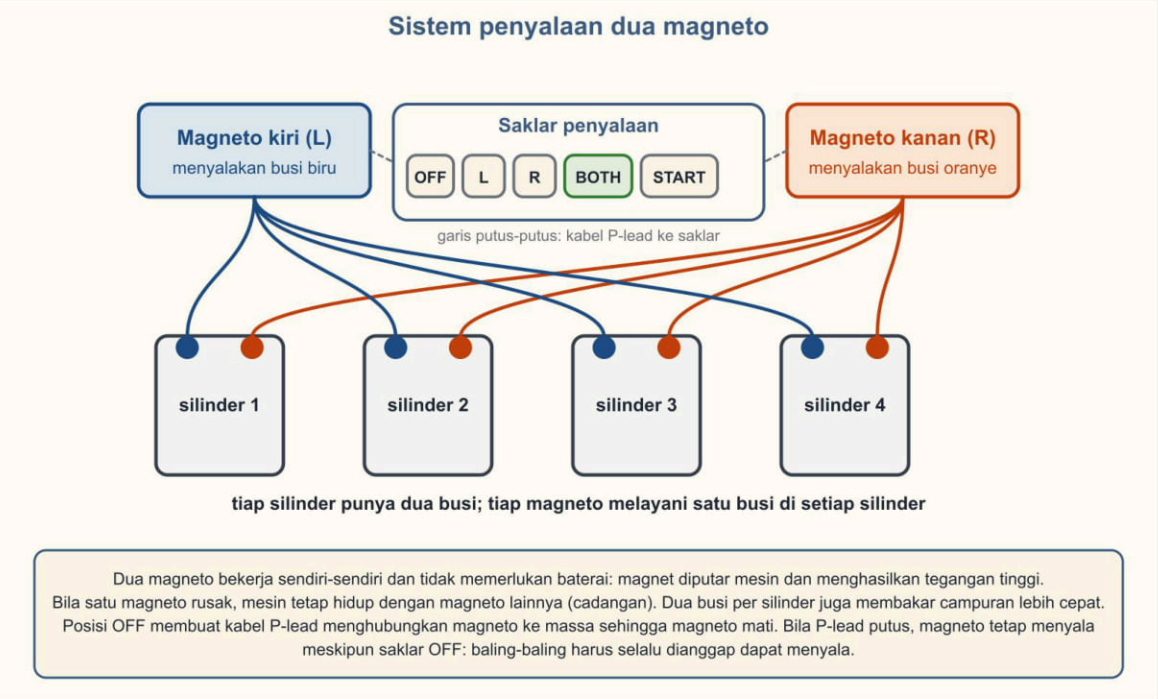
Dua sistem pendukung perlu kamu kenali. **Pelumasan:** pompa oli menyalurkan oli ke bagian

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

yang bergesekan; oli juga membawa sebagian panas dan membersihkan. **Pendinginan:** mesin pesawat didinginkan **udara**. Udara yang masuk dari depan diarahkan oleh sekat pengarah (*baffle*) ke sirip silinder. Sekat pengarah yang lepas atau rusak membuat sebagian silinder kurang dingin dan dapat membuat mesin terlalu panas. Campuran udara-bahan bakar dibuat oleh **karburator** (lihat sub bab 3.1) atau oleh sistem injeksi bahan bakar.

3. Sistem penyalaan dua magneto

Campuran dinyalakan oleh busi, dan tegangan tinggi untuk busi dibuat oleh **magneto** (Gambar 3.30). Magneto adalah generator kecil yang diputar mesin; magnet yang berputar menghasilkan tegangan yang dinaikkan menjadi sangat tinggi dan dikirim ke busi dengan urutan yang tepat. Karena menghasilkan listriknya sendiri, magneto **tidak memerlukan baterai**. Baterai hanya dipakai untuk starter.



Gambar 3.30 Sistem penyalaan dua magneto: tiap magneto melayani satu busi di setiap silinder. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Mesin pesawat memakai **dua magneto yang bekerja sendiri-sendiri** (kiri dan kanan) dan **dua busi tiap silinder**. Magneto kiri melayani satu busi di setiap silinder, dan magneto kanan melayani busi lainnya. Alasannya ada dua. **Pertama, keselamatan:** bila satu magneto atau sirkuitnya rusak, mesin tetap hidup dengan magneto lainnya. **Kedua, pembakaran:** dua titik nyala membakar campuran lebih cepat dan lebih sempurna, sehingga daya sedikit lebih tinggi.

Pilot memilih magneto lewat saklar penyalaan dengan lima posisi: OFF, L (kiri), R (kanan), BOTH (keduanya), dan START (starter). Pada posisi OFF, magneto dimatikan dengan cara **dihubungkan ke massa** lewat kabel yang disebut **P-lead**. Bila P-lead putus atau lepas, magneto **tetap bekerja walau saklar OFF**. Keadaan ini berbahaya: baling-baling yang diputar tangan dapat menyalakan mesin. Karena itu baling-baling **selalu dianggap dapat**

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

menyala, dan teknisi tidak pernah berdiri di bidang putarannya.

4. Uji *run-up* (cek magneto)

Sebelum terbang, mesin dijalankan di darat pada putaran tertentu yang ditentukan manual, dengan pesawat menghadap angin dan rem terpasang. Ini disebut ***run-up***. Salah satu langkahnya adalah **cek magneto**. Saklar dipindah dari BOTH ke L, kembali ke BOTH, lalu ke R, dan kembali ke BOTH, sementara putaran (rpm) dan kehalusan mesin diamati.

Saat hanya satu magneto yang menyala, tiap silinder hanya memiliki satu busi, sehingga pembakaran sedikit lebih lambat dan putaran **turun sedikit**. Penurunan ini **normal**. Yang dinilai ada tiga hal. (1) Besarnya penurunan tidak melebihi batas manual. (2) Selisih penurunan antara magneto kiri dan kanan tidak melebihi batas manual. (3) Mesin tetap berjalan halus. Angka seperti 150 rpm untuk penurunan maksimum dan 50 rpm untuk selisih maksimum sering dipakai sebagai contoh, tetapi yang menentukan hanya manual mesin itu sendiri.

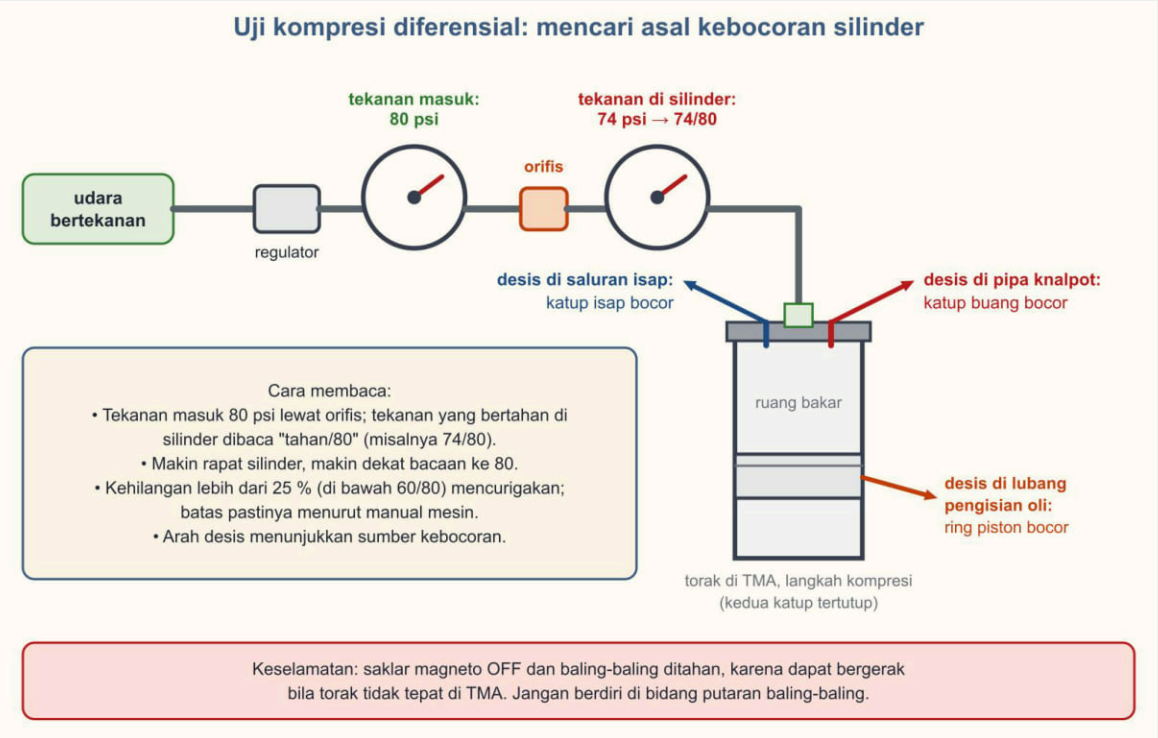
Bila penurunan terlalu besar, atau mesin bergetar kasar pada satu posisi saja, sirkuit magneto itu bermasalah: busi kotor atau rusak, kabel busi bocor, atau magnetonya sendiri. Pesawat **ditahan**, tidak diterbangkan. Teknisi memeriksa dan membersihkan atau mengganti busi lebih dulu, memeriksa kabel dan penyetelan saat nyala, lalu mengulang uji. Penurunan yang sama sekali **tidak ada** juga mencurigakan, karena mungkin magneto tidak benar-benar terputus oleh saklar.

Kondisi busi yang dilepas memberi petunjuk tentang pembakaran. Menurut tabel pabrik busi, busi **cokelat keabuan dan kering** menunjukkan pembakaran normal. Busi **berjelaga hitam dan kering** pada banyak silinder menunjukkan campuran terlalu kaya. Busi **basah dan berlapis oli** pada satu silinder menunjukkan oli masuk ke ruang bakar, misalnya karena ring piston atau pemandu katup aus. Hanya membersihkan busi seperti itu menghilangkan gejala, bukan sebabnya.

5. Uji kompresi diferensial

Torak, ring piston, dan katup harus rapat agar campuran dapat dimampatkan. Untuk menilai kerapatan itu dipakai **uji kompresi diferensial** (Gambar 3.31). Udara bertekanan tetap, biasanya 80 psi, dialirkan melalui **orifis terkalibrasi** (lubang kecil yang ukurannya diketahui) ke dalam silinder. Dua alat ukur dipasang: satu menunjukkan tekanan masuk, dan satu menunjukkan tekanan yang bertahan di dalam silinder. Bila silinder rapat, tekanan di dalamnya mendekati 80 psi. Bila ada kebocoran, udara lolos dan tekanan yang bertahan lebih rendah. Hasil ditulis "tahan/80", misalnya 74/80.

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



Gambar 3.31 Uji kompresi diferensial dan arah desis udara yang menunjukkan sumber kebocoran. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Langkah ujinya: mesin dijalankan sampai hangat; saklar magneto dimatikan; satu busi tiap silinder dilepas; torak silinder yang diuji ditempatkan di **TMA langkah kompresi**, tempat kedua katup tertutup; baling-baling **ditahan** karena tekanan udara dapat membuatnya bergerak; lalu tester dipasang di lubang busi dan udara dialirkan. Bacaan dicatat.

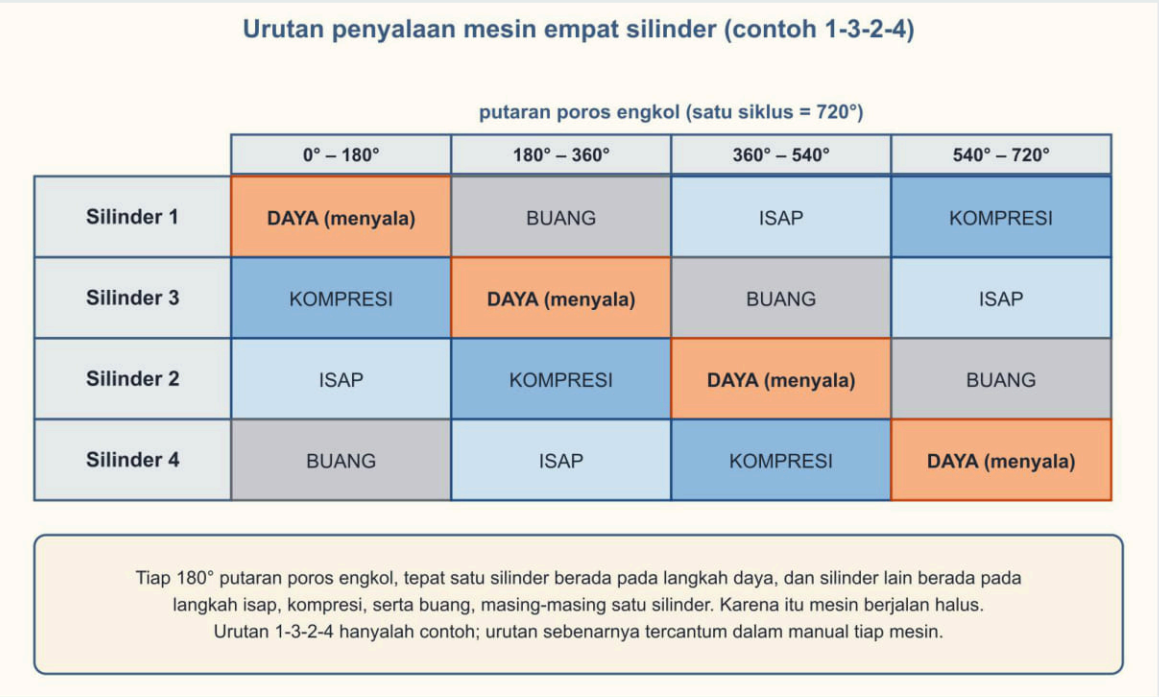
Ambang penilaian mengikuti manual mesin. Pedoman umum dalam *AC 43.13-1B* menyebut bahwa kehilangan lebih dari 25 % tekanan masuk membuat silinder dicurigai. Pada tekanan masuk 80 psi, kehilangan 25 % berarti bacaan di bawah 60 psi atau 60/80. Batas 60/80 sering dipakai sebagai contoh, tetapi nilai yang berlaku adalah nilai pabrik mesin.

Sambil tester terpasang, dengarkan **arah desis**. Desis di **pipa knalpot** berarti udara lolos melalui **katup buang**. Desis di **saluran isap** atau karburator berarti **katup isap** bocor. Desis di **lubang pengisian oli** atau saluran udara rumah poros engkol berarti udara lolos melewati **ring piston**. Bacaan rendah tidak otomatis berarti silinder rusak; uji diulang dan dilengkapi dengan pemeriksaan visual (misalnya dengan *borescope*), pemakaian oli, dan pemeriksaan lain sebelum mesin atau silinder diganti. Perhatikan bahwa kompresi rendah **bukan** berarti masalah busi.

6. Banyak silinder, urutan penyalaan

Mesin berbanyak silinder memakai urutan nyala yang tetap supaya gayanya seimbang. Pada contoh mesin empat silinder datar, urutannya **1-3-2-4** (Gambar 3.32). Satu siklus 720° dibagi empat, jadi tiap **180°** satu silinder menyala. Bila silinder 1 sedang pada langkah daya, silinder 3 berada pada langkah kompresi (akan menyala setelahnya), silinder 2 pada langkah isap, dan silinder 4 pada langkah buang. Urutan sebenarnya tiap mesin tertulis di manualnya.

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



Gambar 3.32 Urutan penyalaan 1-3-2-4 pada mesin empat silinder: tiap 180° satu silinder berada pada langkah daya. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Pada tiap selang 180° ada tepat satu silinder untuk tiap langkah. Itulah sebabnya mesin berbanyak silinder berjalan lebih halus daripada mesin satu silinder yang hanya menghasilkan daya satu kali tiap dua putaran.

CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1: menyusun langkah tiap silinder

Mesin piston empat silinder datar sebuah pesawat latih milik sekolah penerbangan pada 2026 memiliki urutan nyala 1-3-2-4 dan berputar 2.400 rpm. Pada saat tertentu silinder 1 baru mulai langkah daya. (a) Tentukan langkah tiap silinder pada saat itu dan 360° poros engkol sesudahnya. (b) Berapa milidetik selang antar nyala? *(Kasus fiktif.)*

1. **Pembagian waktu:** satu siklus 720° dibagi empat, jadi silinder menyala tiap 180° dengan urutan 1 → 3 → 2 → 4.
2. **Saat silinder 1 mulai daya:** silinder 3 berada pada kompresi (menyala 180° kemudian), silinder 2 pada isap (menyala 360° kemudian), silinder 4 pada buang (menyala 540° kemudian).
3. **Setelah 360°:** silinder 1 sudah melalui daya dan buang, jadi kini pada **isap**; silinder 3 pada **buang**; silinder 2 pada **daya**; silinder 4 pada **kompresi**.
4. **Selang nyala:** 2.400 rpm berarti $\frac{2.400}{60} = 40$ putaran tiap detik, jadi satu putaran memerlukan $0{,}025$ s. Satu siklus (2 putaran) memerlukan $0{,}05$ s, dan dibagi empat nyala menjadi $\frac{0{,}05}{4} = 0{,}0125 \text{ s} = 12{,}5 \text{ ms}$.

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

Jawaban: (a) saat awal: silinder 1 daya, 3 kompresi, 2 isap, 4 buang; setelah 360°: 1 isap, 3 buang, 2 daya, 4 kompresi. (b) selang nyala 12,5 ms. Cek akal: pada tiap saat tepat satu silinder berada di langkah daya, dan tiap langkah ada tepat satu silinder, sesuai Gambar 3.32.

Contoh 2: menilai hasil cek magneto

Pada 2027, saat *run-up* pesawat latih, putaran pada posisi BOTH 1.800 rpm. Pada posisi L putaran 1.735 rpm dengan mesin halus. Pada posisi R putaran 1.650 rpm dan mesin bergetar. Menurut kartu kerja latihan, penurunan maksimum 125 rpm per magneto dan selisih maksimum antar-magneto 50 rpm. Nilailah hasilnya dan tentukan tindakan. *(Kasus fiktif.)*

1. **Hitung penurunan:** kiri $1.800 - 1.735 = 65$ rpm; kanan $1.800 - 1.650 = 150$ rpm.
2. **Bandingkan dengan batas per magneto:** 65 rpm di bawah 125 rpm (lolos); 150 rpm melebihi 125 rpm (tidak lolos).
3. **Hitung selisih:** $150 - 65 = 85$ rpm, melebihi 50 rpm (tidak lolos).
4. **Perhatikan gejala:** getaran kasar hanya pada posisi R, jadi gangguan ada pada sirkuit magneto kanan (busi, kabel busi, atau magnetonya).
5. **Tentukan tindakan:** pesawat ditahan. Periksa dan bersihkan atau ganti busi yang dilayani magneto kanan, periksa kabel dan penyetelan, lalu ulangi uji; magneto langsung diganti hanya bila pemeriksaan sebelumnya tidak menemukan sebab.

Jawaban: tidak laik; pesawat ditahan dan sirkuit magneto kanan diperiksa. Cek akal: mesin hidup halus dengan magneto kiri, jadi magneto kiri berfungsi; hasil buruk hanya pada kanan, sesuai dugaan sirkuit kanan. Rata-rata penurunan $(65 + 150)/2 = 107{,}5$ rpm di bawah batas tidak boleh dipakai sebagai alasan meloloskan, karena batas berlaku **per magneto**.

Contoh 3: menghitung dan menafsirkan kompresi diferensial

Pada 2027, Agus menguji kompresi mesin piston empat silinder dengan tekanan masuk 80 psi. Bacaan dan desis: silinder 1 = 76 psi; silinder 2 = 70 psi; silinder 3 = 58 psi dengan desis di pipa knalpot; silinder 4 = 66 psi dengan desis di lubang pengisian oli. Menurut kartu kerja latihan, batas minimum 60/80. Tentukan persentase kebocoran dan tafsirannya. *(Kasus fiktif.)*

1. **Hitung bacaan sebagai perbandingan dan kebocoran:**

- silinder 1: $\frac{76}{80} = 0{,}95$, kebocoran 5 %;
- silinder 2: $\frac{70}{80} = 0{,}875$, kebocoran 12,5 %;
- silinder 3: $\frac{58}{80} = 0{,}725$, kebocoran 27,5 %;
- silinder 4: $\frac{66}{80} = 0{,}825$, kebocoran 17,5 %.

2. **Bandingkan dengan batas:** 60/80 berarti kebocoran maksimum 25 %. Silinder 1, 2, dan 4 lolos (76, 70, 66 di atas 60). Silinder 3 tidak lolos (58 di bawah 60).
3. **Tafsirkan desis:** desis di pipa knalpot pada silinder 3 menunjukkan **katup buang** bocor. Desis di lubang pengisian oli pada silinder 4 menunjukkan kebocoran melalui **ring piston**.

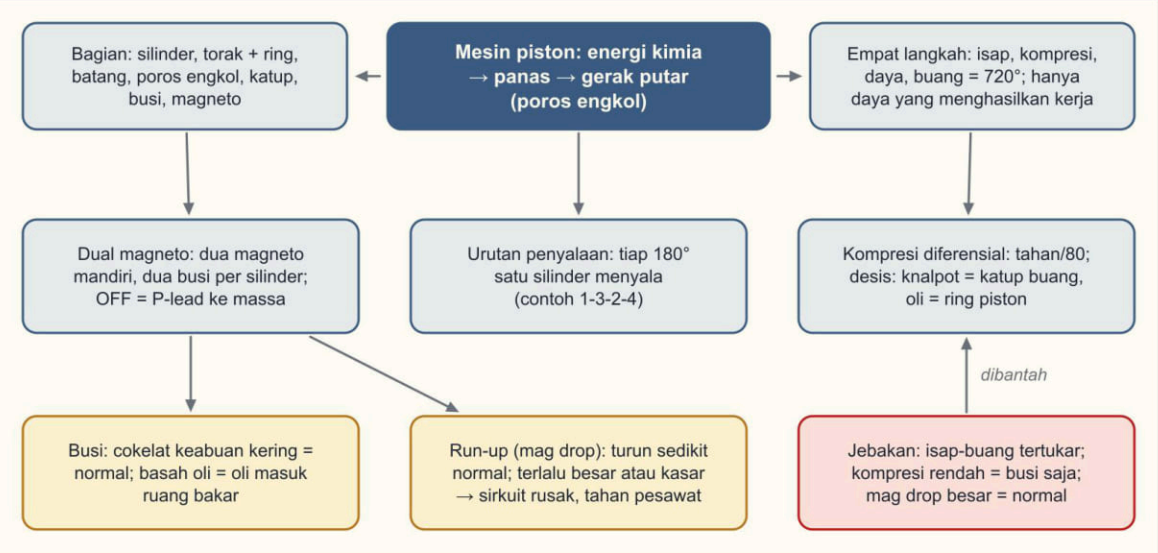
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

4. **Putuskan:** silinder 3 dilaporkan dan diperiksa lebih lanjut (ulang uji dan periksa katup buang). Silinder 4 masih lolos tetapi dicatat dan dipantau karena sumber kebocorannya ring piston.

Jawaban: silinder 3 tidak lolos dengan kebocoran 27,5 % akibat katup buang; silinder 1 dan 2 baik; silinder 4 lolos tetapi ring pistonnya dipantau. Cek akal: kebocoran terbesar (27,5 %) memang pada silinder dengan bacaan terendah (58), dan batas 25 % sama dengan 60/80.

❖ PETA KONSEP

Gambar 3.33 merangkum isi sub bab ini.



Gambar 3.33 Peta konsep mesin piston. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Yang harus kamu ingat:

- **Empat langkah:** isap (katup isap terbuka, torak turun), kompresi (kedua katup tertutup, torak naik), **daya** (busi, torak turun, satu-satunya yang menghasilkan kerja), buang (katup buang terbuka, torak naik). Satu siklus = 720°.
- **Bagian:** silinder bersirip, torak + ring, batang penghubung, poros engkol, katup, busi, magneto; mesin berpendingin udara.
- **Dual magneto:** dua magneto mandiri, dua busi tiap silinder; tidak butuh baterai; OFF = P-lead ke massa; baling-baling selalu dianggap hidup.
- ***Run-up*:** turun sedikit saat satu magneto = normal; terlalu besar, selisih besar, atau kasar → sirkuit magneto itu rusak, pesawat ditahan.
- **Kompresi diferensial:** bacaan "tahan/80"; kehilangan > 25 % mencurigakan; desis knalpot = katup buang, saluran isap = katup isap, lubang oli = ring piston.
- **Busi:** cokelat keabuan kering = normal; jelaga hitam kering = kaya; basah oli = oli masuk ruang bakar.
- **Urutan penyalaan:** tiap 180° satu silinder menyala (contoh 1-3-2-4).

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

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal mesin piston:

1. **Tentukan apa yang diuji:** langkah siklus, penyalaan, *run-up*, atau kompresi.
2. **Tulis bacaan dan batasnya,** lalu hitung selisih atau kebocoran. Perhatikan apakah batas berlaku per magneto, per silinder, atau selisih.
3. **Hubungkan gejala dengan bagian:** gejala hanya pada satu magneto → sirkuit magneto itu; arah desis → bagian yang bocor.
4. **Pilih tindakan yang aman:** tahan pesawat, periksa sebab, ulangi uji; jangan menyimpulkan "baik" dari rata-rata.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Langkah isap dan buang tertukar**, atau langkah daya dianggap terjadi tiap putaran.
- **Penurunan putaran saat satu magneto dimatikan dianggap selalu tanda kerusakan**, padahal turun sedikit itu normal; yang buruk adalah penurunan **berlebih**, selisih besar, atau mesin kasar.
- **Rata-rata penurunan dipakai untuk meloloskan** padahal batas berlaku per magneto.
- **Kompresi rendah dianggap pasti masalah busi**; yang benar katup atau ring piston.
- **Busi dibersihkan lalu dianggap selesai**, padahal sebab oli masih ada.
- **Rasio kompresi (rancangan)** dikacaukan dengan **uji kompresi (kebocoran)**.
- **Magneto dikira butuh baterai**, atau OFF dikira pasti memutus magneto.
- **Baling-baling dianggap aman disentuh** karena saklar OFF.

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa menjawab bahwa mesin laik karena rata-rata penurunan kedua magneto 100 rpm "di bawah batas 125 rpm", padahal magneto kanan turun 190 rpm dan bergetar. Yang benar, batas berlaku untuk **tiap magneto**: kanan melewati batas, jadi pesawat ditahan.

Educational Institutions

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut meminta kamu menilai hasil *run-up* dari data penurunan putaran. Pakai bagian 4: bandingkan tiap magneto dengan batasnya, lalu selisihnya, dan perhatikan gejala getaran.

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

►. Saat run-up sebelum terbang pada 2027, putaran mesin piston pesawat latih tercatat 1.800 rpm pada posisi BOTH. Pada posisi L, putaran turun 75 rpm dan mesin halus; pada posisi R, putaran turun 210 rpm dan mesin bergetar kasar. Manual membatasi penurunan maksimum 150 rpm per magneto dan selisih antar-magneto maksimum 50 rpm. Andi, teknisi magang, diminta menyimpulkan bersama pengawasnya.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Kesimpulan dan tindakan yang tepat adalah ....

A. Mesin laik karena rata-rata penurunan kedua magneto 142,5 rpm, di bawah 150 rpm
B. Sirkuit magneto kanan (busi atau kabel) diduga rusak; pesawat ditahan dulu
C. Magneto kiri bermasalah karena penurunannya jauh lebih kecil dibanding magneto kanan
D. Magneto kanan dinyatakan rusak; magneto itu langsung diganti tanpa memeriksa busi
E. Karburator mengalami icing; carburetor heat dinyalakan, lalu pesawat diterbangkan

Pembahasan **Kunci: B**

Konsep: Mesin piston pesawat memakai dua magneto yang masing-masing menyalakan satu busi di setiap silinder. Saat satu magneto dimatikan, putaran sedikit turun. Penurunan berlebih disertai getaran pada satu magneto saja menunjukkan gangguan di sirkuit magneto itu (busi kotor, kabel, atau magnetonya).

Langkah:
1. R turun 210 rpm > 150 rpm dan selisih 210 − 75 = 135 rpm > 50 rpm → tidak memenuhi.
2. Gejala hanya pada R → gangguan di sirkuit penyalaan kanan.
3. Pesawat tidak dirilis sampai diperiksa dan diperbaiki.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Jebakan: batas berlaku per magneto, bukan rata-rata; R melanggar dua batas.
• **B.** ✓ Sesuai data: gangguan khas pada satu sirkuit penyalaan.
• **C.** ✗ Jebakan: penurunan kecil dan mesin halus justru menunjukkan magneto kiri normal.
• **D.** ✗ Jebakan: gejala memang di sirkuit kanan, tetapi penyebab tersering adalah busi kotor atau kabel; mengganti magneto tanpa pemeriksaan belum tentu menyelesaikan masalah.
• **E.** ✗ Jebakan: icing karburator memengaruhi seluruh mesin pada kedua posisi magneto, bukan hanya R.

Jawaban: B.

✎ LATIHAN

Untuk tiap soal, tulis dulu bacaan dan batas, hitung selisih atau kebocoran, lalu hubungkan gejala dengan bagian mesin.

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

1. Pada 2027, Rudi membantu uji kompresi diferensial mesin piston empat silinder. Udara 80 psi dimasukkan ke setiap silinder pada titik mati atas langkah kompresi, lalu tekanan yang tertahan dibaca. Batas minimum pabrikan 60/80 psi. Selama pengujian, ia juga mendengarkan dari mana udara mendesis keluar.

Silinder	Tekanan terbaca	Desis udara terdengar di
1	74/80 psi	tidak jelas
2	52/80 psi	pipa knalpot
3	71/80 psi	tidak jelas
4	55/80 psi	lubang pengisian oli

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Penafsiran yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Silinder 2 dan 4 lolos karena tekanannya masih lebih dari separuh 80 psi.
☐ B. Silinder 1 dan 3 tidak lolos karena tekanannya tidak mencapai 80 psi.
☐ C. Kebocoran silinder 2 kemungkinan besar melalui katup buang yang tidak menutup rapat.
☐ D. Kebocoran silinder 4 kemungkinan besar melewati ring piston menuju ruang engkol.
☐ E. Silinder 2 dan 4 dilaporkan untuk pemeriksaan lanjutan sebelum pesawat dirilis.

2. Pada inspeksi 2027, Yusuf melepas delapan busi dari mesin piston empat silinder pesawat latih (dua busi per silinder). Busi silinder 1, 2, dan 4 berwarna cokelat keabuan dan kering. Kedua busi silinder 3 basah dan berlapis oli hitam. Catatan perawatan menunjukkan pemakaian oli mesin itu lebih banyak dari biasanya.
(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. Masalah silinder 3 selesai bila kedua businya dibersihkan lalu dipasang kembali.
☐ B. Oli kemungkinan masuk ke ruang bakar silinder 3, misalnya karena ring piston atau pemandu katup aus.
☐ C. Karena hanya satu silinder bermasalah, penyebabnya kemungkinan campuran bahan bakar terlalu kaya.
☐ D. Uji kompresi silinder 3 perlu dilakukan untuk memastikan kondisi ring piston dan katupnya.
☐ E. Warna cokelat keabuan pada silinder lain menunjukkan pembakaran tidak normal yang perlu diselidiki.

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

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

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa penurunan putaran sedikit saat satu magneto dimatikan dianggap normal?
- Apa arti desis di pipa knalpot dan di lubang pengisian oli pada uji kompresi diferensial?
- **Yang harus kuingat:** empat langkah (isap, kompresi, daya, buang) dalam 720°; hanya langkah daya menghasilkan kerja; dua magneto dan dua busi tiap silinder; turun sedikit pada *run-up* normal, berlebih berarti sirkuit rusak; kompresi rendah bukan soal busi; desis knalpot = katup buang, lubang oli = ring piston.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 3.6: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktpu&node=SMKTPU-3.6

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

Sub bab 3.7 · Gas turbine engine

SMKTPU-3.7

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu **menjelaskan prinsip kerja mesin turbin gas** (*gas turbine engine*): jenis mesin, fungsi tiap komponen, serta perubahan tekanan, suhu, dan kecepatan di sepanjang mesin. Contoh resmi ke-5 pada kisi-kisi memakai gambar mesin dan menanyakan fungsi komponennya. Levelnya pemahaman dan penalaran: kamu diminta membaca data dan memilih tindakan perawatan yang benar.

Pola soal yang sering muncul: (1) **tabel tekanan dan suhu** di beberapa titik sepanjang mesin; (2) **kerusakan sudu kompresor** yang ditemukan lewat pemeriksaan *borescope* dan hubungannya dengan *FOD*; (3) **tindakan saat *hot start***, yaitu suhu gas melonjak saat mesin dihidupkan.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menyebut empat jenis mesin turbin gas dan perbedaan sumber gaya dorongnya;
- menjelaskan fungsi inlet, kompresor, ruang bakar, turbin, dan nosel, serta urutan alirannya;
- membaca perubahan tekanan, suhu, dan kecepatan pada tiap titik mesin;
- menjelaskan *compressor stall*, *hot start*, dan *FOD*, serta peran *borescope* dalam perawatan.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Hampir semua pesawat penumpang, banyak pesawat angkut, dan semua helikopter besar digerakkan oleh mesin turbin gas. Mesin ini sangat kuat untuk ukurannya, tetapi bekerja pada suhu dan putaran yang ekstrem, sehingga perawatannya sangat teliti. Cara kerjanya bisa dipahami lewat satu urutan: **udara dihisap, dimampatkan, dibakar bersama bahan bakar, memutar turbin, lalu disemburkan keluar**.

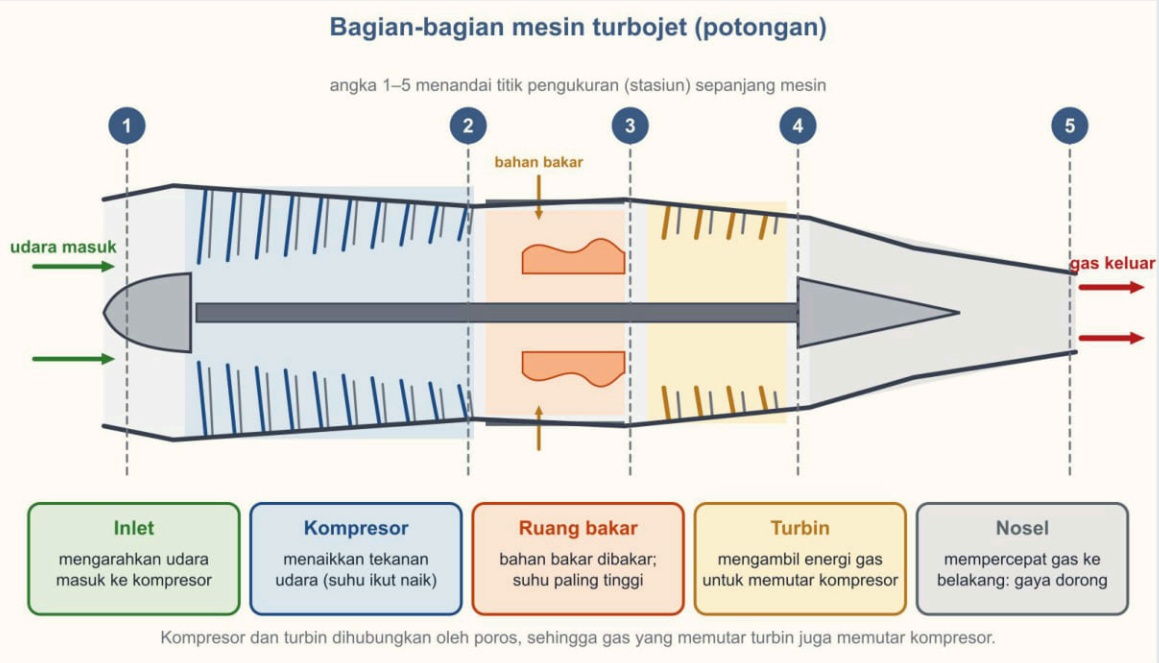
1. Mesin aliran kontinu

Pada mesin piston (sub bab 3.6), empat peristiwa isap, kompresi, daya, dan buang terjadi **bergantian di tempat yang sama**, yaitu di dalam silinder. Pada mesin turbin gas, keempat peristiwa itu terjadi **terus-menerus di empat tempat yang berbeda**, dan udara mengalir tanpa henti dari depan ke belakang. Karena aliran tidak terputus dan tidak ada gerak bolak-balik, mesin turbin gas berjalan sangat halus dan dapat menghasilkan daya yang besar.

2. Komponen dan urutannya

Gambar 3.34 menunjukkan mesin turbin gas paling sederhana, yaitu **turbojet**, dengan lima titik pengukuran (stasiun).

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



Gambar 3.34 Bagian-bagian mesin turbojet beserta titik pengukuran 1–5. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

1. ***Inlet*** (saluran masuk) mengarahkan udara dari luar ke kompresor dengan mulus. Udara yang melambat sedikit di saluran masuk mengalami kenaikan tekanan kecil.
2. **Kompresor** menaikkan **tekanan** udara. Kompresor aksial tersusun dari banyak baris sudu kecil berbentuk seperti sayap. Baris yang berputar bersama poros disebut **rotor**, dan baris yang diam disebut **stator**. Tiap pasangan rotor dan stator menaikkan tekanan sedikit, dan seluruhnya memampatkan udara beberapa kali hingga puluhan kali. Udara yang dimampatkan menjadi lebih **panas**.
3. **Ruang bakar** (*combustor*) menerima udara bertekanan tinggi. Bahan bakar disemprotkan dan dinyalakan, lalu terbakar terus-menerus. Di sini **suhu mencapai nilai tertinggi**. Hanya sebagian udara yang dipakai membakar; sisanya mendinginkan dinding ruang bakar dan dicampur dengan gas panas agar turbin tidak terlalu panas. Tekanan hampir tidak berubah, hanya turun sedikit.
4. **Turbin** menerima gas panas bertekanan tinggi. Gas memutar sudu turbin, dan turbin **mengambil sebagian energi** gas itu. Turbin terhubung ke kompresor lewat **poros**, sehingga turbin memutar kompresor. Itu sebabnya turbin tidak menjadi penghasil gaya dorong utama pada turbojet: tugas utamanya menggerakkan kompresor. Karena energi diambil, **tekanan dan suhu gas turun** setelah turbin.
5. **Nosel** (*exhaust nozzle*) mempercepat gas yang masih bertenaga sehingga keluar ke belakang dengan **kecepatan tinggi**. Tekanan dan suhu turun lagi, sedangkan kecepatan naik banyak. Gas yang meluncur itulah yang menghasilkan **gaya dorong** menurut hukum Newton (sub bab 3.5).

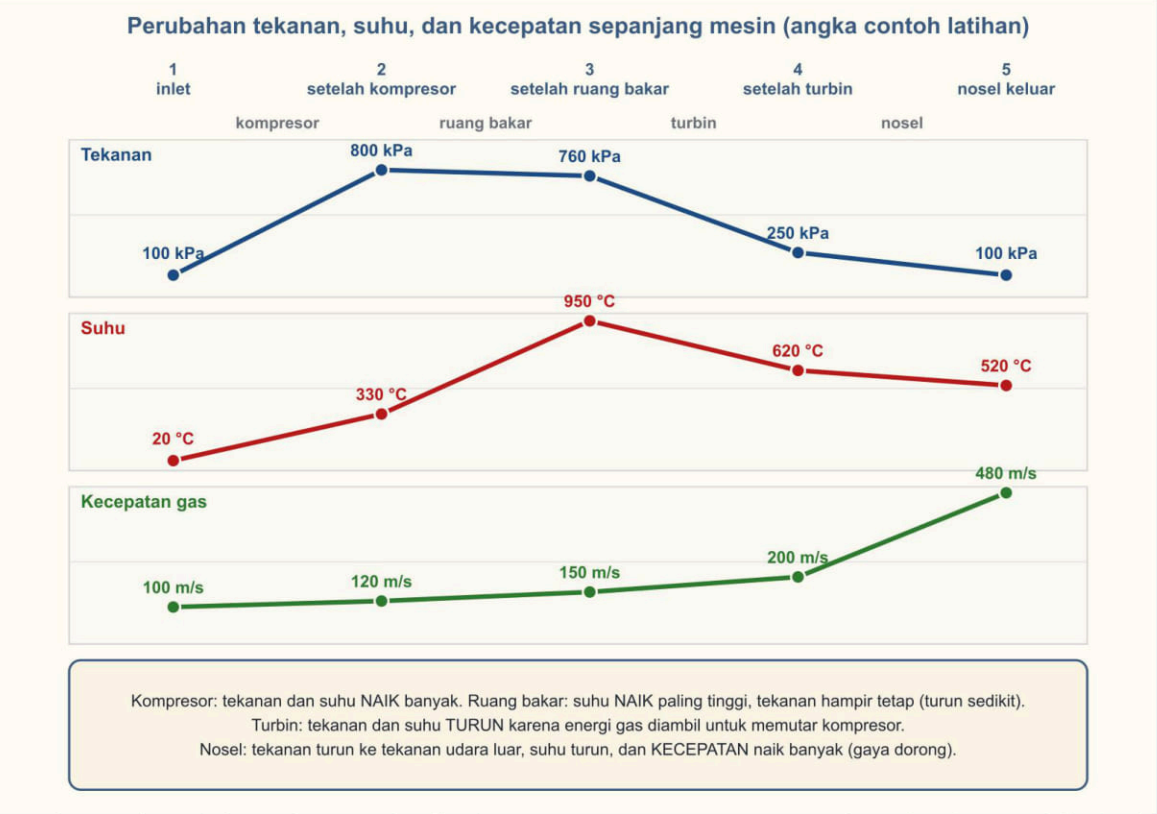
Mesin dinyalakan oleh **starter** yang memutar poros sampai aliran udara cukup. Setelah menyala, mesin berputar sendiri, dan starter dilepas. Mesin tempur memakai tambahan **pembakar lanjut** (*afterburner*) di belakang turbin untuk gaya dorong tambahan; pada mesin

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

sipil bagian ini tidak ada.

3. Perubahan tekanan, suhu, dan kecepatan

Soal TKA sering meminta kamu membaca tabel tekanan dan suhu di titik 1 sampai 5. Gambar 3.35 memberi contoh angka latihan.



Gambar 3.35 Perubahan tekanan, suhu, dan kecepatan gas sepanjang mesin turbojet (angka contoh latihan). 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

Hafalkan polanya dengan alasan, bukan dengan angka:

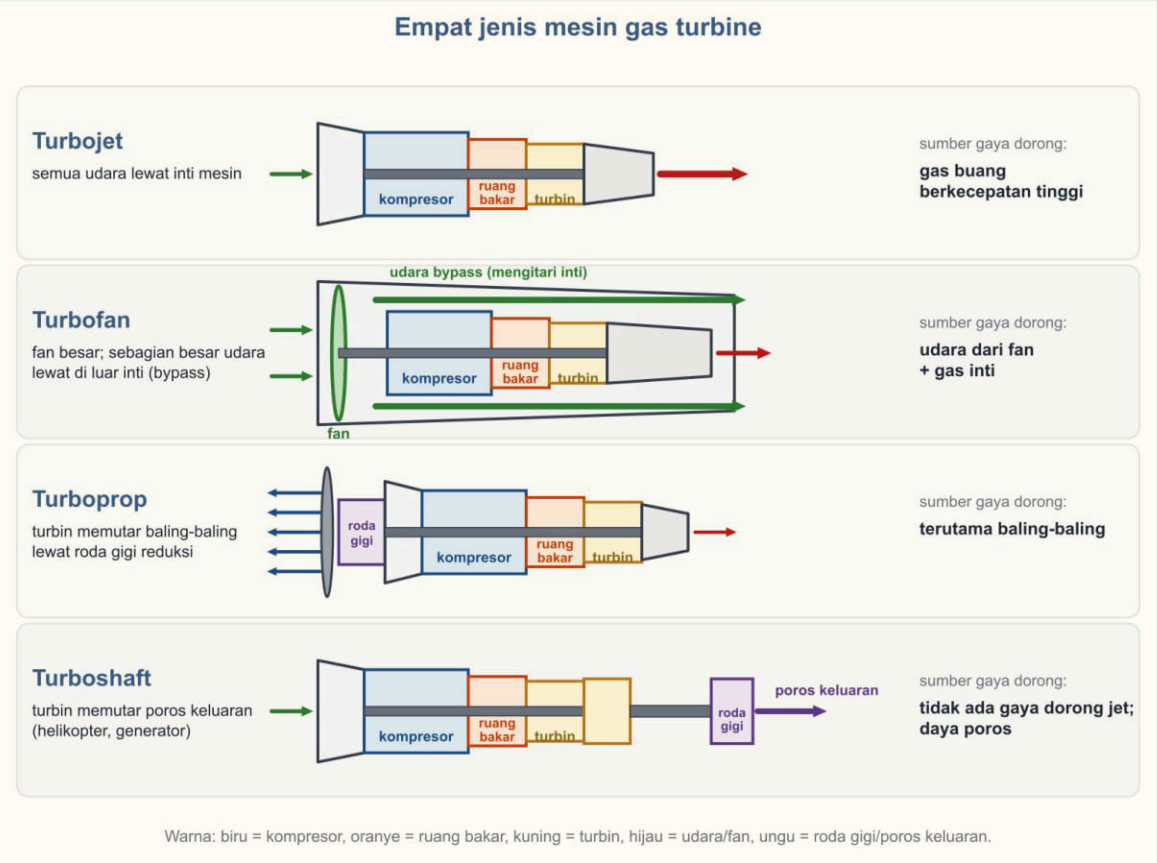
Bagian	Tekanan	Suhu	Kecepatan	Alasan
Kompresor	naik banyak	naik	hampir tetap	udara dimampatkan
Ruang bakar	hampir tetap (turun sedikit)	naik paling tinggi	naik sedikit	bahan bakar terbakar
Turbin	turun	turun	naik sedikit	energi gas diambil untuk memutar kompresor
Nosel	turun ke tekanan udara luar	turun	naik banyak	energi diubah menjadi gerak gas

Dua kekeliruan paling umum: menyangka suhu tertinggi ada di kompresor (karena tekanan tertinggi di sana), dan menyangka tekanan naik di ruang bakar. **Tekanan tertinggi** ada di akhir kompresor; **suhu tertinggi** ada di ruang bakar, yaitu sesudah pembakaran. Pembakaran di ruang bakar menaikkan suhu dan volume gas, tetapi karena gas dapat mengalir terus ke turbin, tekanannya tidak naik.

4. Empat jenis mesin turbin gas

Semua jenis mesin turbin gas memiliki "inti" yang sama: kompresor, ruang bakar, dan turbin. Perbedaannya ada pada **bagaimana daya inti dipakai** (Gambar 3.36).

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



Gambar 3.36 Turbojet, turbofan, turboprop, dan turboshaft. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

- **Turbojet.** Seluruh udara melewati inti. Gaya dorong berasal dari gas buang berkecepatan sangat tinggi. Mesin ini cocok untuk kecepatan tinggi, tetapi boros bahan bakar dan bising pada kecepatan rendah.
- **Turbofan.** Di depan inti ada **fan** besar yang digerakkan turbin. Sebagian udara masuk ke inti, tetapi sebagian besar mengalir **mengitari inti** melalui saluran **bypass**. **Perbandingan bypass** adalah massa udara bypass dibanding massa udara yang melewati inti. Udara bypass yang bertambah kecepatannya sedikit tetapi jumlahnya sangat banyak menghasilkan sebagian besar gaya dorong. Turbofan lebih hemat bahan bakar dan lebih senyap, sehingga menjadi mesin pesawat penumpang. Jadi bypass **menambah** jumlah udara yang didorong, bukan menguranginya.
- **Turboprop.** Turbin menggerakkan **baling-baling** lewat **roda gigi reduksi** yang menurunkan putaran. Gaya dorong utama berasal dari baling-baling; gas buang menyumbang sedikit. Turboprop efisien pada kecepatan menengah dan jarak pendek sampai menengah.
- **Turboshaft.** Hampir seluruh energi gas dipakai memutar poros keluaran, bukan untuk gaya dorong jet. Dipakai pada helikopter, generator, dan unit daya bantu (APU).

Sesuai Newton II, gaya dorong sama dengan aliran massa kali pertambahan kecepatan. Turbofan menghitungnya untuk dua aliran: $F = \dot{m}_{inti}(v_{inti} - v_0) + \dot{m}_{bypass}(v_{bypass} - v_0)$.

5. Gangguan pada mesin turbin gas

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

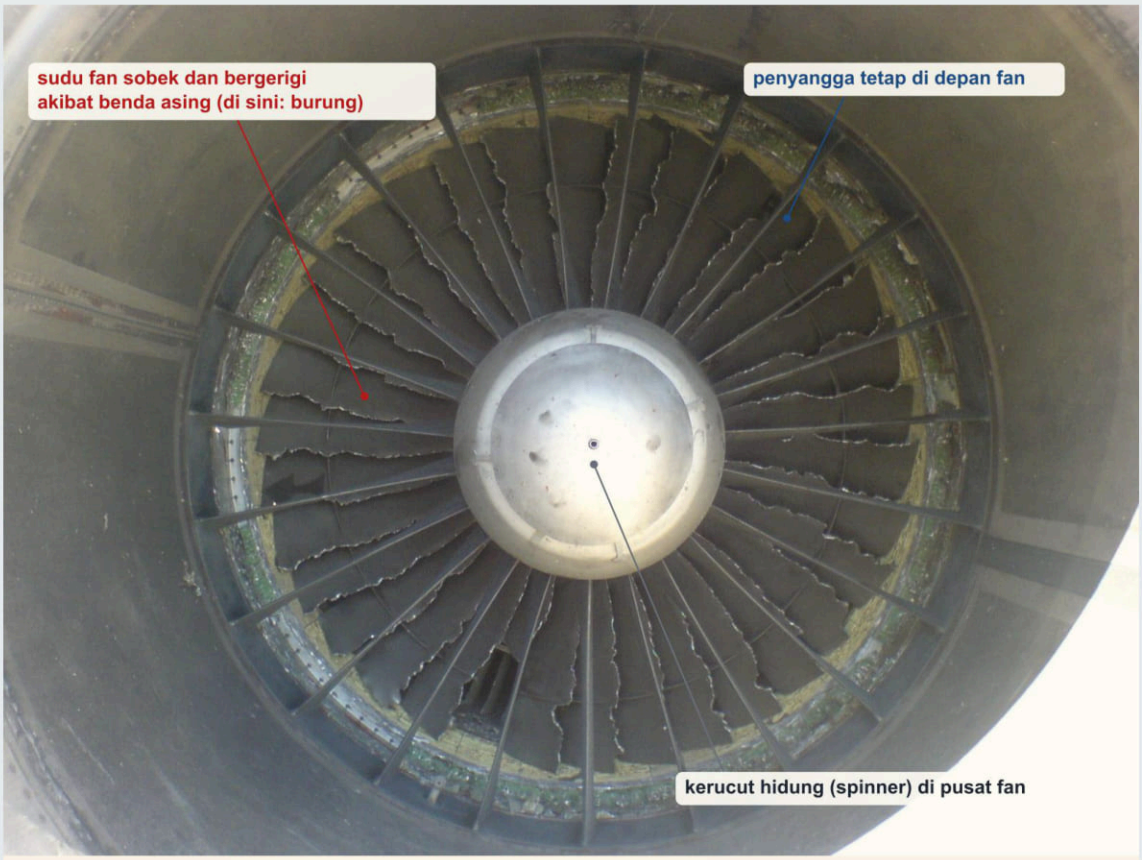
Compressor stall. Bila aliran udara melewati sudu kompresor terganggu dan terlepas dari permukaan sudu, kompresor tidak dapat lagi memampatkan udara dengan baik. Itulah *compressor stall*, yang mirip *stall* sayap. Tandanya: bunyi letupan atau menderu, getaran, suhu gas naik, dan daya turun. Penyebabnya antara lain aliran masuk yang terganggu (angin samping, benda asing), sudu kompresor yang rusak atau kotor, atau tenaga yang dinaikkan terlalu cepat. Tindakan di kokpit adalah menurunkan tenaga; tindakan teknisi adalah memeriksa sudu dan sistem pengatur aliran kompresor.

Hot start. Pada saat mesin dihidupkan, bahan bakar dibuka dan dinyalakan. Bila bahan bakar terlalu banyak dibanding aliran udara (terutama bila putaran mesin masih rendah), suhu gas naik cepat dan melewati batas. Itu *hot start*. Tindakan umum menurut prosedur: **menutup bahan bakar**, lalu **tetap memutar mesin dengan starter** (*motoring*) supaya udara mendinginkan dan membuang sisa bahan bakar. Mesin tidak boleh langsung dibiarkan menyala sampai idle; tenaga tidak dinaikkan karena justru menambah bahan bakar. Setelah itu kejadian dilaporkan dan bagian panas diperiksa, karena suhu berlebih merusak sudu turbin. Keadaan lain, ***hung start***, ialah putaran mesin tidak naik ke putaran idle setelah menyala.

***FOD* (*foreign object damage*).** Benda asing yang terisap lewat inlet, misalnya batu kecil, potongan paku keling, alat yang tertinggal, atau burung, merusak sudu kompresor bagian depan (Gambar 3.37). Pencegahannya: berjalan menyusuri apron untuk memungut benda asing sebelum mesin dihidupkan (*FOD walk*), menutup inlet saat mesin tidak dipakai, mengendalikan alat, dan menjaga daerah di depan inlet bebas orang saat mesin hidup.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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



Kerusakan terpusat di bagian depan mesin, sesuai benda asing yang terisap melalui inlet (FOD).
Mesin yang sudunya rusak seperti ini harus diperiksa menyeluruh sebelum terbang.

Foto: Plenumchamber, CC BY-SA 3.0; keterangan Indonesia ditambahkan.

Gambar 3.37 Sudu fan yang sobek setelah menelan benda asing (burung). Sumber: Plenumchamber, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons; diubah: keterangan berbahasa Indonesia ditambahkan.

Sebuah mesin dengan sudu kompresor yang rusak tidak hanya "kehilangan sebagian sudu". Kompresor yang rusak menurunkan tekanan udara yang dikirim ke ruang bakar, sehingga kinerja seluruh mesin turun. Turbin tetap harus memutar kompresor itu, sehingga daya bersih berkurang.

6. Perawatan: *borescope*, suhu gas, dan sudu

Mesin turbin gas tidak dibongkar setiap kali diperiksa. Untuk melihat bagian dalam, teknisi memakai ***borescope***, yaitu tabung kecil yang fleksibel atau kaku berisi lampu dan kamera. Alat itu dimasukkan lewat **lubang inspeksi** pada rumah mesin sampai ujungnya mencapai sudu atau ruang bakar, sehingga kondisi bagian dalam dapat dilihat tanpa membongkar mesin. Kerusakan sudu yang dicari antara lain takik kecil (*nick*), penyok (*dent*), sobek (*tear*), terbakar atau meleleh (*burn*), keretakan, dan aus. Tiap temuan diukur terhadap **batas yang tertulis di manual**; sudu yang masih dalam batas boleh dihaluskan sesuai manual, dan sudu di luar batas diganti.

Indikator **suhu gas buang** (*EGT*, *exhaust gas temperature*) atau suhu antar-turbin (*ITT*) menunjukkan beban panas pada turbin. Teknisi memeriksa bahwa angka yang ditampilkan wajar dan tidak pernah melewati batas manual, karena kenaikan suhu yang berulang merusak sudu turbin. Sistem pelumasan juga diperiksa, misalnya lewat detektor serpihan logam pada oli yang menangkap serpihan dari bantalan. Terakhir, daerah di depan inlet dan di belakang nosel

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

berbahaya saat mesin hidup: udara dihisap dengan kuat di depan, dan gas panas berkecepatan tinggi keluar di belakang.

CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1: menentukan fungsi tiap bagian dari gambar

Pada ujian praktik di 2027, Hesti diberi gambar potongan mesin turbojet yang labelnya ditutup dan diberi huruf A sampai E dari depan ke belakang. Ia diminta mencocokkan fungsi berikut: (1) tempat bahan bakar terbakar; (2) menaikkan tekanan udara; (3) mempercepat gas buang; (4) mengarahkan udara masuk; (5) memutar kompresor. Tentukan pasangan yang benar. *(Kasus fiktif.)*

1. **Tentukan urutan aliran:** udara masuk melewati inlet, kompresor, ruang bakar, turbin, lalu nosel. Jadi A = inlet, B = kompresor, C = ruang bakar, D = turbin, E = nosel.
2. **Cocokkan fungsi:** (4) mengarahkan udara masuk → A; (2) menaikkan tekanan → B; (1) tempat bahan bakar terbakar → C; (5) memutar kompresor → D; (3) mempercepat gas buang → E.
3. **Periksa dengan hubungan fisik:** D dan B harus terhubung oleh poros (turbin memutar kompresor), dan C ada di antara keduanya (pembakaran terjadi sesudah kompresi dan sebelum turbin).

Jawaban: A–(4), B–(2), C–(1), D–(5), E–(3). Cek akal: urutan fungsi mengikuti urutan fisik aliran; tidak ada fungsi yang tertukar antara komponen yang menaikkan tekanan (kompresor) dan komponen yang menurunkannya (turbin).

Contoh 2: membaca tekanan dan suhu tiap titik

Mesin turbojet latih di bengkel sekolah penerbangan pada 2026 diuji darat. Data: titik 1 (inlet) 100 kPa dan 20 °C; titik 2 (setelah kompresor) 800 kPa dan 330 °C; titik 3 (setelah ruang bakar) 760 kPa dan 950 °C; titik 4 (setelah turbin) 250 kPa dan 620 °C; titik 5 (nosel keluar) 100 kPa dan 520 °C. Tentukan: perbandingan tekanan kompresor, titik bersuhu tertinggi, perubahan di ruang bakar, dan arti penurunan di turbin. *(Kasus fiktif.)*

1. **Perbandingan tekanan kompresor:** $\dfrac{800}{100} = 8$. Tekanan naik delapan kali.
2. **Suhu tertinggi:** 950 °C di titik 3, yaitu setelah ruang bakar (bukan di kompresor yang hanya 330 °C).
3. **Ruang bakar:** tekanan $760 - 800 = -40\ \text{kPa}$, yaitu turun 5 % (hampir tetap), sedangkan suhu naik $950 - 330 = 620\ ^\circ\text{C}$.
4. **Turbin:** tekanan turun dari 760 menjadi 250 kPa, dan suhu turun $950 - 620 = 330\ ^\circ\text{C}$. Penurunan ini menandakan energi gas **diambil** untuk memutar kompresor (kompresor menaikkan suhu udara $330 - 20 = 310\ ^\circ\text{C}$, sedikit lebih kecil daripada penurunan di turbin).

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

5. **Nosel:** tekanan turun ke 100 kPa, sama dengan tekanan udara luar, dan suhu turun 100 °C karena energi gas berubah menjadi kecepatan.

Jawaban: perbandingan tekanan 8; suhu tertinggi di titik 3; tekanan di ruang bakar hampir tetap; penurunan di turbin menunjukkan energi diambil untuk memutar kompresor. Cek akal: tekanan tertinggi dan suhu tertinggi tidak berada di titik yang sama (tekanan di titik 2, suhu di titik 3); itu sesuai bahwa pembakaran menaikkan suhu tanpa menaikkan tekanan.

Contoh 3: memilih jenis mesin dan menghitung gaya dorong turbofan

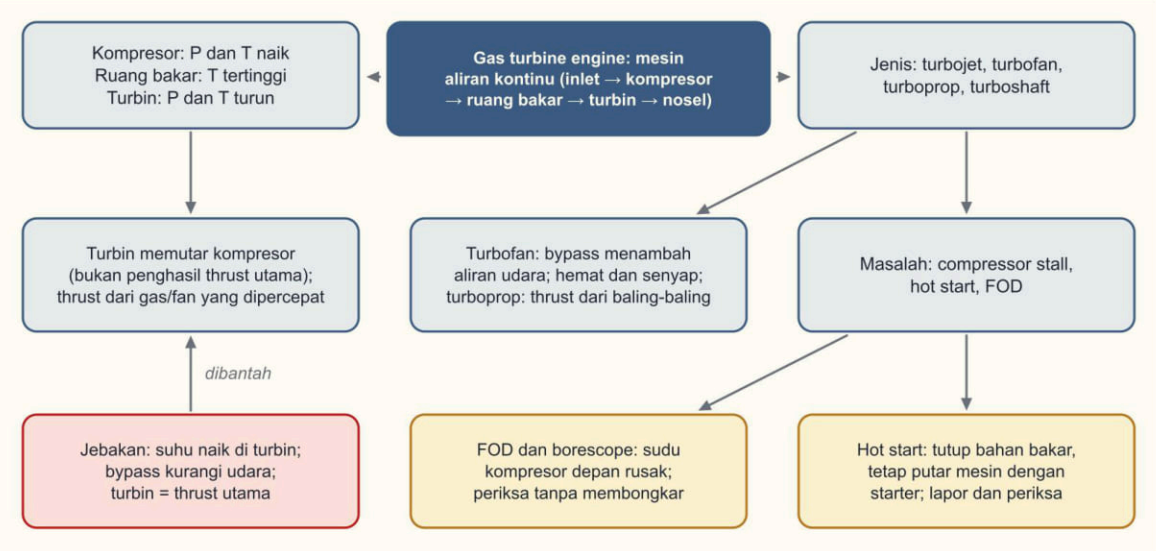
Pada 2027, tiga kebutuhan dibahas di sekolah penerbangan: (X) pesawat penumpang jelajah jauh yang hemat bahan bakar dan senyap; (Y) helikopter yang butuh daya poros untuk memutar rotor; (Z) pesawat angkut jarak pendek yang terbang pada kecepatan menengah dari landasan pendek. Pilih jenis mesin tiap kebutuhan. Untuk X, mesin mengalirkan 20 kg/s udara lewat inti dengan kecepatan keluar 400 m/s, dan 200 kg/s lewat bypass dengan kecepatan keluar 280 m/s; kecepatan terbang 100 m/s. Hitung gaya dorong. *(Kasus fiktif.)*

1. **Pilih jenis:** X = turbofan (bypass besar, hemat dan senyap); Y = turboshaft (daya poros); Z = turboprop (baling-baling efisien pada kecepatan menengah dan landasan pendek).
2. **Gaya dorong aliran inti:** $F_{inti} = 20 \times (400 - 100) = 20 \times 300 = 6.000\ \text{N}$.
3. **Gaya dorong aliran bypass:** $F_{bypass} = 200 \times (280 - 100) = 200 \times 180 = 36.000\ \text{N}$.
4. **Jumlahkan:** $F = 6.000 + 36.000 = 42.000\ \text{N} = 42\ \text{kN}$.
5. **Perbandingan bypass:** $\frac{200}{20} = 10$, dan bypass memberi $\frac{36}{42} \approx 86\ \%$ gaya dorong.

Jawaban: X turbofan, Y turboshaft, Z turboprop; gaya dorong turbofan 42 kN. Cek akal: aliran bypass jauh lebih banyak massa walaupun pertambahan kecepatannya lebih kecil, sehingga sumbangannya terbesar. Bila hanya aliran inti yang bekerja, gaya dorongnya hanya 6 kN.

❖ PETA KONSEP

Gambar 3.38 merangkum isi sub bab ini.



Gambar 3.38 Peta konsep mesin turbin gas. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

Yang harus kamu ingat:

- **Urutan aliran:** inlet → kompresor → ruang bakar → turbin → nosel. Mesin aliran kontinu.
- **Kompresor:** tekanan dan suhu naik. **Ruang bakar:** suhu **tertinggi**, tekanan hampir tetap. **Turbin:** tekanan dan suhu **turun** karena energi diambil untuk memutar kompresor. **Nosel:** kecepatan naik banyak, gaya dorong.
- **Jenis:** turbojet (gas berkecepatan tinggi), turbofan (fan + bypass, hemat), turboprop (baling-baling lewat roda gigi), turboshaft (poros keluaran).
- ***Compressor stall*:** aliran di kompresor terganggu; ***hot start*:** suhu gas melewati batas saat start, tutup bahan bakar dan teruskan memutar mesin dengan starter; ***FOD*:** benda asing merusak sudu depan.
- ***Borescope*** memeriksa bagian dalam mesin tanpa membongkar; temuan dinilai terhadap batas manual.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal mesin turbin gas:

1. **Tentukan urutan aliran** dan tandai posisi tiap titik atau bagian.
2. **Hubungkan perubahan dengan fungsi bagian:** dimampatkan (tekanan naik), dibakar (suhu naik), diputar (energi diambil), dipercepat (kecepatan naik).
3. **Untuk gangguan,** cari kecocokan antara letak kerusakan dan jalur masuk penyebabnya (kerusakan terpusat di depan berarti benda asing lewat inlet).
4. **Untuk tindakan,** pilih yang mencegah kerusakan lanjut: tutup bahan bakar, teruskan memutar mesin, lapor, dan periksa.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Turbin dianggap penghasil gaya dorong utama** pada turbojet; padahal ia memutar kompresor.
- **Suhu dianggap naik di turbin**; yang benar turun karena energi diambil.
- **Suhu tertinggi dianggap di kompresor**; yang benar di ruang bakar.
- **Bypass dianggap mengurangi udara masuk** atau gaya dorong; padahal menambah jumlah udara yang dipercepat.
- ***Hot start* ditangani dengan menambah tenaga** atau mematikan semuanya sekaligus; yang benar tutup bahan bakar dan teruskan memutar mesin.
- **Kerusakan kompresor dianggap tidak memengaruhi kinerja** karena "daya dihasilkan turbin".
- **Benda asing dianggap tidak mungkin dari apron**; padahal potongan paku keling atau batu kecil sering terisap.

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa menjawab bahwa pada turbojet suhu tertinggi terjadi setelah kompresor "karena udara ditekan paling kuat di sana". Yang benar, tekanan tertinggi ada di akhir kompresor, tetapi suhu tertinggi ada setelah ruang bakar, tempat bahan bakar dibakar.

● BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut membahas kerusakan sudu kompresor yang ditemukan dengan *borescope* dan hubungannya dengan *FOD*. Pakai bagian 5 dan 6: letak kerusakan menunjukkan jalur masuk benda asing.

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

►. Pada inspeksi borescope mesin turbofan pesawat jet latih pada 2027, teknisi menemukan beberapa sudu kompresor tingkat pertama penyok dan tergores, sedangkan sudu turbin dalam kondisi baik. Sehari sebelumnya ada pekerjaan perbaikan di apron, dan beberapa potongan paku keling ditemukan di dekat garis parkir pesawat 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
Karena turbin masih baik, kerusakan sudu kompresor tidak berpengaruh pada kinerja mesin sebab daya dihasilkan turbin.	○	○
Kerusakan yang terpusat di kompresor depan sesuai dengan benda asing (FOD) yang terisap melalui saluran masuk.	○	○
FOD walk di apron sebelum mesin dihidupkan merupakan langkah pencegahan yang sesuai untuk kasus ini.	○	○

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

Konsep: Mesin turbin gas: udara diisap dan ditekan kompresor, dibakar di ruang bakar, gas panas memutar turbin (yang memutar kompresor) lalu keluar melalui nozzle. Benda asing di apron dapat terisap inlet dan merusak sudu kompresor depan (FOD).

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1 → Salah.** Jebakan: kompresor yang rusak menurunkan tekanan udara masuk ruang bakar; turbin juga harus memutar kompresor, sehingga kinerja mesin turun.

• **Pernyataan 2 → Benar.** Benda asing masuk lewat inlet dan pertama kali mengenai sudu kompresor depan.

• **Pernyataan 3 → Benar.** Sumber FOD (paku keling) ada di apron; menyisir apron mencegah benda terisap.

Jawaban: Salah, Benar, Benar.

✎ LATIHAN

Untuk tiap soal, tulis dulu urutan aliran dan perubahan tiap bagian, lalu pilih pernyataan atau tindakan yang sesuai prosedur.

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

1. Pada praktikum 2027, siswa membaca data uji darat mesin turbojet latih di bengkel sekolah penerbangan. Tekanan dan suhu aliran di empat titik di sepanjang mesin disajikan pada tabel.

Titik	Tekanan (kPa)	Suhu (°C)
1 – setelah saluran masuk	101	30
2 – setelah kompresor	606	250
3 – setelah ruang bakar	580	900
4 – setelah turbin	180	600

(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
Suhu tertinggi terjadi setelah kompresor karena udara ditekan paling kuat di bagian itu.	○	○
Tekanan setelah ruang bakar naik karena pembakaran bahan bakar menambah tekanan gas.	○	○
Turunnya tekanan dan suhu di turbin menunjukkan energi gas diambil untuk memutar kompresor.	○	○

2. Pada 2027, teknisi berlisensi menghidupkan mesin turboprop pesawat latih di apron, sementara Rina mengamati instrumen dari kursi kanan. Setelah bahan bakar dibuka dan nyala terjadi (light-off), suhu gas (ITT) naik sangat cepat mendekati batas start, sedangkan putaran gas generator baru 15% dan naik lambat. Manual menyebut keadaan ini hot start.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tindakan yang sesuai prosedur adalah ....

A. Mendorong power lever ke depan agar aliran udara bertambah dan suhu turun
B. Mematikan bahan bakar dan starter bersamaan agar mesin cepat berhenti
C. Membiarkan start berlanjut karena suhu akan turun sendiri saat mencapai idle
D. Mematikan sakelar penyalaan saja, sedangkan aliran bahan bakar dibiarkan
E. Menutup bahan bakar, lalu tetap memutar mesin dengan starter agar dingin

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

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa suhu tertinggi pada turbojet ada di ruang bakar dan bukan di kompresor?
- Mengapa turbin menyebabkan tekanan dan suhu gas turun?
- **Yang harus kuingat:** inlet, kompresor, ruang bakar, turbin, nosel; tekanan naik di kompresor, suhu tertinggi di ruang bakar, turun di turbin; turbofan memakai bypass dan

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

paling hemat; *hot start* = tutup bahan bakar lalu teruskan memutar mesin; *FOD* merusak sudu depan; *borescope* memeriksa tanpa membongkar.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 3.7: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktpu&node=SMKTPU-3.7

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

Kuis Akhir Bab 3

SMKTPU-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-smktpu&node=SMKTPU-KB3

1. Pada 2027, Sinta duduk di kokpit pesawat latih yang diparkir untuk uji gerak kendali setelah penggantian kabel. Ia menekan pedal rudder sebelah kiri sambil rekannya, Doni, mengamati ekor pesawat dari belakang.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Hasil yang benar menurut fungsi *rudder* adalah ....

A. Rudder bergerak ke kanan dan pada penerbangan hidung berputar ke kiri
B. Rudder bergerak ke kiri dan pada penerbangan hidung berputar ke kanan
C. Rudder bergerak ke kiri dan pada penerbangan pesawat berguling (*roll*) ke kiri
D. Rudder bergerak ke kiri dan pada penerbangan hidung berputar ke kiri (*yaw*)
E. Rudder bergerak ke kiri dan pada penerbangan hidung naik (*pitch up*)

2. Pada 2027, saat *rigging* aileron pesawat latih, Rudi mengukur gerak aileron kanan dan kiri ketika *control wheel* diputar penuh ke kanan: aileron kanan naik 20° dan aileron kiri turun 12°. Manual menjelaskan bahwa desain itu disengaja (aileron diferensial) dan bukan kesalahan penyetelan.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Alasan desain itu yang paling tepat adalah ....

A. Aileron yang turun harus lebih kecil gerakannya agar sayap kiri menghasilkan lift lebih besar
B. Aileron naik bergerak lebih besar agar hambatan kedua sayap seimbang dan adverse yaw berkurang
C. Gerak kedua aileron dibuat tidak sama karena kabel kendali sebelah kiri pasti lebih panjang
D. Aileron yang naik bergerak lebih besar agar pesawat berguling lebih lambat dan lebih aman
E. Perbedaan itu hanya toleransi pembuatan yang tidak memengaruhi penerbangan sama sekali

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

3. Pada 2027, pesawat latih terbang datar pada kecepatan 40 m/s dan gaya angkatnya sama dengan beratnya. Pilot kemudian mengurangi kecepatan menjadi 30 m/s tanpa mengubah sudut serang, luas sayap, maupun rapat udara. Gaya angkat sebanding dengan kuadrat kecepatan (lift $\propto v^2$).

Kondisi	Kecepatan (m/s)	Gaya angkat (N)
Awal	40	10.000 (sama dengan berat)
Sesudah	30	?

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pernyataan yang tepat tentang kondisi sesudah adalah ....

A. Gaya angkat ≈ 5.625 N, lebih kecil daripada berat sehingga pesawat mulai turun
B. Gaya angkat 7.500 N, lebih kecil daripada berat sehingga pesawat mulai turun
C. Gaya angkat 10.000 N tetap karena sudut serang dan luas sayap tidak berubah
D. Gaya angkat ≈ 17.778 N, lebih besar daripada berat sehingga pesawat mulai naik
E. Gaya angkat ≈ 5.625 N, lebih kecil daripada berat sehingga pesawat mulai naik

4. Pada 2027, instruktur menjelaskan sudut serang kepada siswa magang sambil menunjukkan sebuah model sayap. Siswa sering mencampuradukkan sudut serang dengan sudut tanjak (sikap hidung pesawat terhadap horizon).
(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. Sudut serang adalah sudut antara sumbu pesawat dan garis horizon bumi
☐ B. Pesawat yang terbang datar dan pelan dapat memiliki sudut serang besar
☐ C. Sayap *stall* bila sudut serangnya melampaui sudut kritis, apa pun kecepatannya
☐ D. Sayap hanya dapat *stall* bila pesawat terbang pada kecepatan rendah
☐ E. Sudut tanjak adalah sudut sumbu pesawat terhadap horizon dan tidak sama dengan sudut serang

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

5. Pada 2027, siswa magang di AMO sekolah penerbangan melakukan pemeriksaan permukaan kendali sekunder sebuah pesawat latih: flap, slat, dan spoiler. Pembimbing menanyakan fungsi masing-masing sebelum pemeriksaan dimulai.
(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. Flap yang diturunkan menambah kelengkungan (*camber*) sehingga lift pada kecepatan rendah bertambah
☐ B. Spoiler yang dinaikkan di atas sayap justru menambah lift untuk membantu pesawat naik
☐ C. Spoiler yang dinaikkan mengurangi lift dan menambah hambatan pada sayap itu
☐ D. Penurunan flap umumnya menambah hambatan (*drag*) bersama lift yang bertambah
☐ E. Slat berfungsi mengurangi lift di tepi depan sayap supaya pesawat lebih stabil

6. Pada 2027, siswa praktikum aerodinamika di sekolah penerbangan mengukur aliran udara pada sebuah tabung venturi di terowongan angin kecil. Udara mengalir dengan kecepatan 20 m/s pada bagian yang lebar dan 40 m/s pada leher yang sempit. Rapat udara 1,2 kg/m³ dan ketinggian kedua titik sama. Mereka memakai persamaan Bernoulli: tekanan statis ditambah ½ρv² bernilai tetap sepanjang aliran.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tekanan statis di leher venturi dibandingkan dengan bagian yang lebar ....

A. lebih rendah 960 Pa
B. lebih rendah 240 Pa
C. lebih rendah 720 Pa
D. lebih rendah 1.440 Pa
E. lebih tinggi 720 Pa

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

7. Pada 2027, siswa magang mempelajari tabung pitot pada pesawat latih yang sedang diperiksa. Instruktur menjelaskan bahwa tabung itu menghadap aliran udara, sedangkan lubang tekanan statis berada di sisi badan, dan penunjuk kecepatan memakai perbedaan keduanya.
(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. Tekanan total pada aliran sama dengan tekanan statis ditambah tekanan dinamik
☐ B. Bila kecepatan aliran menjadi dua kali, tekanan dinamik $\frac{1}{2}\rho v^2$ menjadi empat kali
☐ C. Pada aliran datar tanpa perubahan ketinggian, tekanan statis naik bila kecepatan naik
☐ D. Di ujung tabung pitot aliran diperlambat sampai berhenti dan tekanan dinamiknya terbaca sebagai tambahan tekanan
☐ E. Tekanan dinamik tidak bergantung pada rapat udara sehingga sama di ketinggian berapa pun

8. Pada 2027, Wawan membaca laporan penerbangan latih. Pilot menulis bahwa pada kecepatan jelajah ia harus terus menahan *control column* sedikit ke depan, tangannya cepat lelah, dan pesawat terasa "berat" di bagian hidung. Setelah teknisi menyetel *trim tab* elevator, gaya yang harus ditahan pilot menjadi hampir nol.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Fungsi *trim tab* yang paling sesuai dengan kejadian itu adalah ....

A. Menambah daya mesin pada kecepatan jelajah supaya tangan pilot tidak mudah lelah
B. Mengurangi sudut serang sayap secara otomatis tanpa pilot memegang kemudi sama sekali
C. Menambah hambatan di bagian ekor agar pesawat lebih stabil saat terbang lurus
D. Menggantikan elevator sehingga kemudi pilot tidak lagi diperlukan di dalam kokpit
E. Mengimbangi gaya pada kemudi sehingga pilot tidak perlu menahannya terus-menerus

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

9. Pada 2027, instruktur menjelaskan kepada siswa magang bagaimana sayap pesawat latih menghasilkan gaya angkat pada sudut serang kecil. Seorang siswa mengajukan tiga penjelasan dari buku yang berbeda dan meminta instruktur menilainya.
(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
Udara di atas sayap umumnya bergerak lebih cepat daripada udara di bawahnya, sehingga tekanan di atas sayap lebih rendah.	○	○
Dua bagian udara yang terbelah di depan sayap harus tiba bersamaan di tepi belakang sayap, sehingga udara atas pasti lebih cepat.	○	○
Sayap juga membelokkan aliran udara ke bawah, dan reaksi dari pembelokan itu ikut menghasilkan gaya angkat.	○	○

10. Pada 2027, sebuah pesawat latih terbang datar pada ketinggian dan kecepatan tetap. Instrumen menunjukkan gaya angkat (*lift*) sebesar 12.000 N dan gaya dorong (*thrust*) sebesar 1.500 N. Instruktur meminta Ilham menentukan berat pesawat dan gaya hambat (*drag*) pada kondisi itu.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Jawaban yang tepat adalah ....

A. Berat 1.500 N dan hambatan 12.000 N
B. Berat 12.000 N dan hambatan 1.500 N
C. Berat 13.500 N dan hambatan 10.500 N
D. Berat 12.000 N dan hambatan 13.500 N
E. Berat 10.500 N dan hambatan 1.500 N

11. Pada 2027, siswa magang mengamati sebuah pesawat jet latih yang mendarat dan memakai *thrust reverser*, lalu membahas bersama instruktur hukum-hukum fisika yang bekerja pada tenaga pendorong.
(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. Baling-baling mendorong udara ke belakang sehingga udara mendorong pesawat ke depan (aksi-reaksi)
☐ B. Gaya aksi dan reaksi saling meniadakan sehingga pesawat tidak pernah dapat bergerak maju
☐ C. Energi kimia bahan bakar berubah menjadi kerja dan panas, dan sebagian terbuang lewat gas buang
☐ D. Efisiensi mesin dapat melebihi 100 % bila gas buang dipanaskan lebih tinggi
☐ E. *Thrust reverser* membelokkan sebagian aliran gas ke depan sehingga menimbulkan gaya pengereman

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

12. Pada 2027, siswa magang bertanya kepada instruktur mengapa mesin piston pesawat latih memiliki dua magneto dan dua busi pada setiap silinder, padahal satu pasang sudah dapat menyalakan campuran.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Alasan yang paling tepat adalah ....

A. Agar daya mesin menjadi dua kali lipat karena setiap silinder dinyalakan dua kali tiap putaran
B. Agar mesin tidak memerlukan aki sama sekali selama penerbangan
C. Agar ada cadangan bila satu sistem rusak dan pembakaran menjadi lebih sempurna
D. Agar bahan bakar yang dipakai dapat diganti dengan jenis apa pun tanpa batasan
E. Agar suhu silinder otomatis turun karena percikan terbagi ke dua titik

13. Pada 2027, instruktur menjelaskan jenis beban pada struktur pesawat latih kepada siswa magang: tarik, tekan, geser, lentur, dan puntir. Ia menggambarkan sebuah sayap yang melengkung ke atas ketika pesawat terbang karena gaya angkat.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

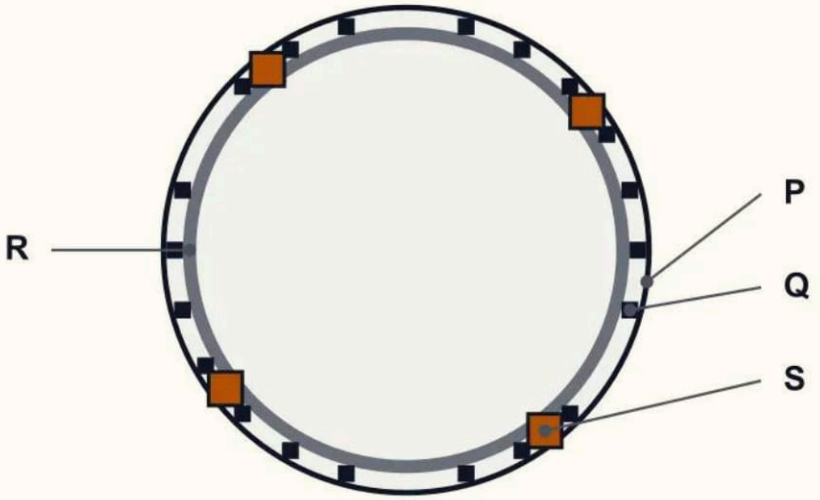
Pernyataan	Benar	Salah
Beban tarik meregangkan bahan, sedangkan beban tekan memendekkannya.	○	○
Pada sayap yang melengkung ke atas saat terbang, sisi atas mengalami tekan dan sisi bawah mengalami tarik.	○	○
Beban puntir adalah beban yang menekan bahan dari dua arah berlawanan sehingga bahan memendek.	○	○

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

14. Pada 2027, siswa magang di AMO mempelajari penampang badan pesawat latih berkonstruksi *semi monocoque* seperti pada gambar. Gambar memperlihatkan kulit luar, sebuah ring penguat tebal yang melingkar di dalam kulit, banyak profil kecil memanjang di sepanjang kulit, dan empat profil besar di sudut penampang. Instruktur meminta mereka menunjuk bagian yang berfungsi mempertahankan bentuk penampang badan dan menumpu tepi kulit serta profil kecil agar kulit tidak tekuk.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Bagian yang dimaksud adalah huruf ....

Penampang badan pesawat latih (semi monocoque)



Gambar menunjukkan kulit, ring penguat, profil kecil banyak, dan profil besar di empat sudut.

A. P, yaitu kulit luar badan
B. Q, yaitu profil kecil memanjang
C. R, yaitu ring penguat bulat
D. S, yaitu profil besar di sudut
E. P dan S bersama-sama sekaligus

15. Pada 2027, setelah penggantian silinder mesin piston berpendingin udara pada pesawat latih, penyekat aliran udara pendingin (*baffle*) di sekitar silinder belakang tidak dipasang kembali oleh teknisi yang terburu-buru. Mesin dihidupkan untuk uji darat selama beberapa menit pada daya sedang.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Akibat yang paling mungkin terjadi adalah ....

A. Silinder lebih dingin karena udara mengalir bebas ke segala arah di sekitar mesin tersebut
B. Silinder belakang kurang didinginkan sehingga suhunya naik melebihi batas
C. Tekanan oli menjadi turun karena udara mengurangi kekentalan oli di bak mesin
D. Putaran mesin otomatis turun untuk melindungi silinder dari panas berlebih
E. Busi menjadi lebih awet karena suhu ruang bakar di silinder belakang lebih rendah

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

16. Pada 2027, siswa magang mempelajari siklus empat langkah pada satu silinder mesin piston pesawat latih: isap, kompresi, usaha, dan buang. Instruktur meminta mereka menilai pernyataan tentang posisi piston dan katup pada tiap langkah.
(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 langkah isap, katup masuk terbuka dan piston bergerak naik menarik campuran

☐ B. Pada langkah kompresi, kedua katup tertutup dan piston bergerak naik menekan campuran

☐ C. Busi menyala tepat pada titik mati atas akhir langkah buang agar langkah isap segera mulai

☐ D. Pada langkah usaha, gas terbakar mendorong piston turun dan memutar poros engkol

☐ E. Pada langkah buang, katup buang terbuka dan piston naik mendorong gas bekas keluar

17. Pada 2027, siswa praktikum tenaga pendorong menguji sebuah baling-baling pesawat latih yang ditahan di tempat. Baling-baling itu mempercepat udara sebanyak 120 kg per detik dari keadaan diam sampai 25 m/s ke belakang. Gaya dorong sama dengan massa udara per detik dikali perubahan kecepatannya (hukum Newton).
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Gaya dorong yang dihasilkan adalah ....

A. 5 N

B. 145 N

C. 1.500 N

D. 6.000 N

E. 3.000 N

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

18. Pada 2027, saat inspeksi berkala pesawat latih, teknisi membuka panel sayap dan menemukan korosi ringan pada *spar cap* depan dekat *fitting* sambungan sayap dan retak kecil di sekitar lubang baut sebuah *longeron* badan. Pesawat dijadwalkan terbang dua hari lagi.
(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. *Spar cap* dan *fitting* sambungan sayap termasuk struktur utama sehingga korosi di sana dinilai lebih dulu
☐ B. Korosi ringan pada struktur utama tetap dinilai menurut batas di manual sebelum pesawat terbang
☐ C. Korosi pada struktur sekunder boleh diabaikan tanpa dicatat selama pesawat masih tampak normal
☐ D. Karena pesawat belum pernah retak, pemeriksaan longeron tidak perlu dijadwalkan lagi
☐ E. Retak kecil di sekitar lubang baut longeron dilaporkan karena tegangan terkonsentrasi di sana

19. Pada 2027, siswa magang membuka panel sayap pesawat latih dan melihat sebuah balok memanjang dari pangkal sampai ujung sayap yang menjadi tempat rib-rib terpasang. Pembimbing menjelaskan bahwa bagian itu memikul sebagian besar beban lentur yang timbul dari gaya angkat.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Bagian sayap yang dimaksud adalah ....

A. *Rib*
B. *Skin*
C. *Stringer*
D. *Spar*
E. *Longeron*

20. Pada 2027, siswa praktikum menganalisis sebuah mesin pesawat latih jet kecil saat terbang datar. Bahan bakar yang dibakar setiap detik melepaskan energi kimia setara daya 400 kW. Mesin itu menghasilkan gaya dorong 2.000 N pada kecepatan 60 m/s. Daya dorong = gaya dorong × kecepatan, dan efisiensi = daya dorong ÷ daya energi bahan bakar.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Efisiensi mesin pada kondisi itu adalah ....

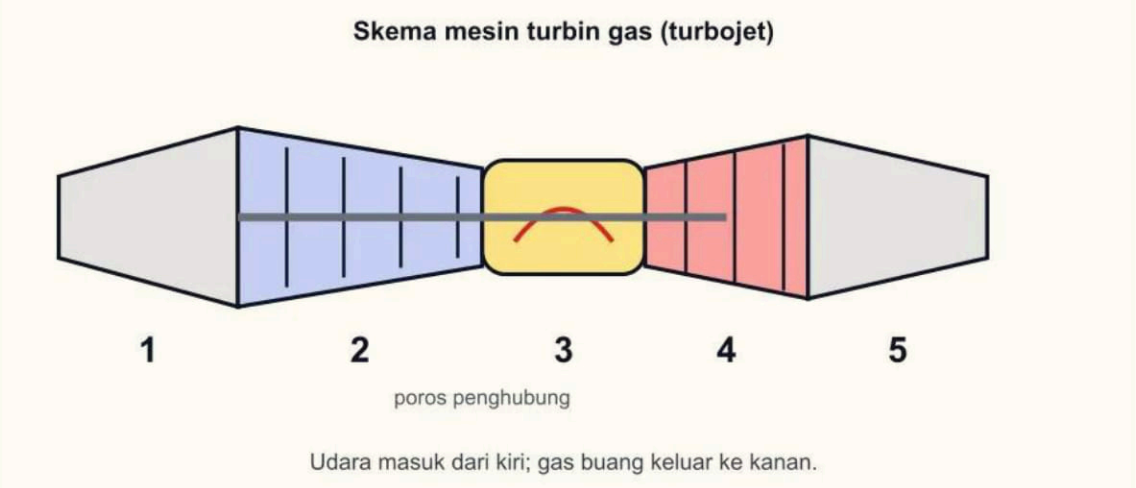
A. 30 %
B. 3,3 %
C. 70 %
D. 120 %
E. 0,3 %

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

21. Pada 2027, Pak Hadi memeriksa pesawat latih tua yang berkonstruksi rangka pipa baja las dengan penutup kain. Kain di bagian badan belakang sobek sepanjang 40 cm, tetapi semua pipa rangka di bagian itu utuh, lurus, dan tanpa karat. Ia menimbang dampak kerusakan itu bagi struktur.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Kesimpulan yang paling tepat adalah ....

A. Rangka pipa memikul beban utama; sobekan kain memengaruhi aerodinamika dan perlindungan rangka, sehingga tetap diperbaiki
B. Kain memikul sebagian besar beban badan, sehingga sobekan itu langsung menurunkan kekuatan struktur pesawat
C. Sobekan tidak perlu diperbaiki karena rangka pipa yang utuh berarti pesawat tetap laik tanpa perawatan lain apa pun
D. Rangka pipa baja tidak pernah berkarat, sehingga sobekan kain tidak membahayakan bagian dalam rangka sama sekali
E. Karena penutupnya kain, pesawat berkonstruksi monocoque dan seluruh beban dipikul oleh kulit penutupnya

22. Pada 2027, instruktur menunjukkan skema sebuah mesin turbin gas pada gambar kepada siswa magang. Udara masuk dari sisi kiri dan gas buang keluar di sisi kanan. Gambar memperlihatkan lima bagian bernomor 1 sampai 5, dan sebuah poros menghubungkan bagian kedua dengan bagian keempat. Instruktur meminta mereka menunjuk bagian yang menyerap energi gas panas untuk memutar kompresor lewat poros.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Bagian yang dimaksud adalah ....



A. Nomor 1 (saluran masuk)
B. Nomor 2 (kompresor)
C. Nomor 3 (ruang bakar)
D. Nomor 5 (nosel buang)
E. Nomor 4 (turbin)

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

23. Pada 2027, instruktur menelusuri jalur beban dari sayap ke badan pesawat latih bersama siswa magang: gaya angkat bekerja pada kulit sayap, sedangkan sayap bertumpu pada badan lewat *fitting* sambungan.
(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. Gaya angkat sayap langsung diteruskan ke roda pendarat lewat kulit sayap saja
☐ B. Beban lentur sayap tidak sampai ke badan karena sayap bekerja sendiri-sendiri
☐ C. Gaya angkat dipikul kulit dan rib menuju spar, lalu diteruskan lewat fitting ke struktur badan
☐ D. Saat parkir, berat sayap dan bahan bakar melenturkan sayap ke bawah, berlawanan dengan saat terbang
☐ E. Fitting sambungan sayap dan badan diperiksa teliti karena beban terpusat di titik itu

24. Pada 2027, siswa magang membaca diagram tekanan dan suhu sepanjang mesin turbin gas pesawat latih jet. Instruktur meminta mereka menilai pernyataan tentang perubahan tekanan dan suhu gas pada bagian-bagian mesin.
(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 ruang bakar, tekanan gas naik sangat tinggi karena pembakaran.	○	○
Kompresor menaikkan tekanan dan suhu udara sebelum masuk ke ruang bakar.	○	○
Turbin menyerap energi gas panas untuk memutar kompresor sehingga suhu dan tekanan gas turun setelah melewati turbin.	○	○

25. Pada 2027, siswa praktikum menganalisis mesin turbofan kecil pesawat jet latih. Gaya dorong tiap aliran sama dengan massa udara per detik dikali selisih kecepatan keluar dan kecepatan masuk. Data mesin pada daya tetap (angka latihan):

Aliran	Massa udara (kg/s)	Kecepatan masuk (m/s)	Kecepatan keluar (m/s)
Inti (melewati ruang bakar)	20	100	400
Kipas (*bypass*)	100	100	160

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

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Gaya dorong total dan bagian yang berasal dari aliran *bypass* adalah ....

A. 6.000 N dan 50 % dari gaya dorong total
B. 12.000 N dan 83 % dari gaya dorong total
C. 12.000 N dan 17 % dari gaya dorong total
D. 12.000 N dan 50 % dari gaya dorong total
E. 24.000 N dan 67 % dari gaya dorong total

Tabel skor dan anjuran

Sub bab / subtopik	Nomor soal	Benar	Jika kurang separuh benar
Sub bab 3.1 · Prinsip Bernoulli dan aerodinamika	6, 7, 9	___ / 3	Ulangi hlm. 178
Sub bab 3.2 · Gaya-gaya pada pesawat	3, 4, 10	___ / 3	Ulangi hlm. 193
Sub bab 3.3 · Flight control surfaces	1, 2, 5, 8	___ / 4	Ulangi hlm. 206
Sub bab 3.4 · Jenis konstruksi dan bagian struktur pesawat	13, 14, 18, 19, 21, 23	___ / 6	Ulangi hlm. 217
Sub bab 3.5 · Hukum Newton, kekekalan energi, dan tenaga pendorong	11, 17, 20	___ / 3	Ulangi hlm. 232
Sub bab 3.6 · Piston engine	12, 15, 16	___ / 3	Ulangi hlm. 243
Sub bab 3.7 · Gas turbine engine	22, 24, 25	___ / 3	Ulangi hlm. 256

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.)

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

Bab 4 · Aircraft Material, Hardware, dan Tools Equipment

SMKTPU-B4

Setelah mempelajari bab ini, kamu dapat:

- mengidentifikasi jenis dan spesifikasi material pesawat serta memilih material yang sesuai
- mengidentifikasi macam dan spesifikasi aircraft hardware dan memasangnya dengan benar
- menerapkan tools equipment seperti kunci momen, dongkrak, dan peralatan pendukung

Peta bab

Sub bab	Judul
4.1	Aircraft material: material pesawat dan korosi
4.2	Aircraft hardware: baut, mur, rivet, dan pengunci
4.3	Tools equipment: kunci momen, dongkrak, dan peralatan pendukung

Bab 4 di LMS

Buka seluruh latihan bab ini di LMS.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktpu&node=SMKTPU-B4

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

Sub bab 4.1 · Aircraft material: material pesawat dan korosi

SMKTPU-4.1

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu **mengidentifikasi dan menjelaskan jenis serta spesifikasi *aircraft material***. Levelnya pemahaman dan aplikasi: kamu diminta menentukan material atau tindakan yang tepat untuk satu kasus kerja, bukan sekadar menyebut nama bahan.

Pola soal yang sering muncul: (1) **memilih material** dari tabel sifat dengan syarat berlapis, misalnya tahan suhu tertentu, tidak mudah berkarat, lalu yang paling ringan; (2) **korosi**: alat pembersih yang benar untuk aluminium atau magnesium, atau mengapa dua bahan tidak boleh bersentuhan; (3) **komposit**: mengapa serat karbon dan aluminium bermasalah bila dipasang langsung, serta perlakuan khusus pada rivet dan panel.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan sifat dan pemakaian paduan aluminium, baja, titanium, magnesium, dan komposit pada pesawat;
- membaca kode paduan dan *temper* seperti 2024-T3 serta kode baja seperti 4130;
- menjelaskan empat syarat korosi, bentuk-bentuk korosi, dan cara mencegahnya, termasuk korosi galvanik;
- memilih material dan menentukan tindakan perawatan dengan alasan yang runtut.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Pesawat harus ringan, tetapi juga harus kuat, tahan getaran, tahan hujan dan garam, dan tahan panas di dekat mesin. Tidak ada satu bahan yang unggul di semua hal. Karena itu pembuat pesawat memakai **beberapa bahan sekaligus**, dan teknisi harus tahu mana yang cocok untuk apa, serta apa yang membuatnya rusak. Sub bab ini memperkenalkan bahan-bahan utama, cara membaca kodenya, dan musuh terbesarnya: korosi.

1. Sifat bahan yang perlu kamu kenal

Enam istilah ini muncul terus dalam manual dan soal.

- **Kekuatan** (*strength*): kemampuan menahan gaya tanpa patah.
- **Kekakuan** (*stiffness*): kemampuan menahan perubahan bentuk. Bahan kaku tidak mudah melengkung.
- **Keuletan** (*ductility*): kemampuan ditarik atau ditekuk sebelum patah. Bahan ulet memberi tanda sebelum rusak.
- **Kekerasan** (*hardness*): kemampuan menahan goresan atau penetrasi.
- **Kelelahan** (*fatigue*): melemahnya bahan karena beban yang berulang-ulang, walaupun tiap beban kecil.

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

- **Massa jenis** (*density*): massa per volume, dalam g/cm^3. Makin kecil massa jenis, makin ringan bahan itu untuk volume yang sama.

Ada satu aturan umum: **proses yang menaikkan kekuatan baja biasanya menurunkan keuletannya**. Baja yang sangat keras juga lebih getas. Karena itu perlakuan panas tidak boleh dilakukan sembarangan, dan bila ingin memeriksa apakah suatu bagian sudah diberi perlakuan panas yang benar, teknisi memakai uji kekerasan sesuai manual.

Untuk membandingkan bahan ringan, rumusnya sederhana: **massa = massa jenis × volume**, atau $m = \rho \times V$. Dua komponen berukuran sama akan berbeda beratnya sebesar selisih massa jenisnya. Gambar 4.1 membandingkan lima kelompok bahan yang dibahas di sini.

Perbandingan lima kelompok material pesawat

Material	Massa jenis (bar pendek = ringan)	Kelebihan	Perhatian
Paduan aluminium (2024, 7075)	≈ 2,78 g/cm³	ringan, kuat, mudah dibentuk; kulit dan rangka pesawat	mudah berkorosi, perlu pelindung (alclad, anodisasi); kekuatan turun pada suhu tinggi
Paduan magnesium	≈ 1,8 g/cm³	paling ringan di antara logam struktur; rumah roda gigi, pelek	paling mudah berkorosi dan sulit dilindungi; serpihan mudah terbakar
Titanium (Ti-6Al-4V)	≈ 4,43 g/cm³	kuat, tahan karat, tahan panas lebih baik daripada aluminium	mahal dan sulit dikerjakan; dipakai di bagian yang perlu tahan panas, pengencang
Baja (4130, tahan karat)	≈ 7,85 g/cm³	sangat kuat dan kaku, tahan panas; rangka pipa, roda pendarat, knalpot	berat; baja 4130 berkarat bila tidak dilindungi
Komposit (serat karbon–epoksi)	≈ 1,6 g/cm³	ringan, kuat, tidak berkarat, bentuk mulus	delaminasi; kerusakan benturan sering tak terlihat; karbon + aluminium = korosi galvanik

Angka massa jenis hanya pendekatan untuk membandingkan; nilai tepat ada di data manual atau lembar spesifikasi bahan.

Gambar 4.1 Perbandingan lima kelompok material pesawat: massa jenis, kelebihan, dan hal yang harus diperhatikan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

2. Paduan aluminium

Aluminium murni lunak. Dengan menambahkan sedikit unsur lain, misalnya tembaga atau seng, kekuatannya naik berlipat-lipat. Campuran logam seperti ini disebut **paduan** (*alloy*). **Paduan aluminium adalah bahan yang paling banyak dipakai** pada kulit dan rangka pesawat karena ringan, cukup kuat, mudah dibentuk, dan mudah diperbaiki.

Membaca kode. Paduan aluminium diberi kode empat angka, lalu tanda hubung, lalu huruf dan angka *temper* (Gambar 4.2).



Gambar 4.2 Cara membaca kode paduan aluminium: empat angka menunjukkan kelompok paduan, huruf dan angka setelah tanda hubung menunjukkan temper. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Angka pertama menunjukkan **unsur paduan utama**: 1xxx aluminium murni, 2xxx tembaga, 3xxx mangan, 4xxx silikon, 5xxx magnesium, 6xxx magnesium dan silikon, 7xxx seng. Untuk struktur pesawat yang sering kamu temui: **2024** (kulit dan struktur, kuat dan tahan lelah), **7075** (struktur berkekuatan sangat tinggi), **2117, 2017, dan 5056** (bahan rivet), serta **1100** (aluminium hampir murni untuk bagian bukan struktur).

Temper adalah keadaan kekerasan bahan setelah diproses. Huruf **O** berarti dilunakkan penuh, **F** berarti seperti hasil pembuatan, **H** berarti dikeraskan dengan regangan dingin (untuk paduan yang tidak dapat diperkeras dengan panas), dan **T** berarti diberi perlakuan panas. Tiga yang paling sering muncul: **T3** (perlakuan panas pelarutan lalu kerja dingin berupa peluruan atau pelurusan), **T4** (perlakuan panas pelarutan lalu dibiarkan menua sendiri pada suhu ruang), dan **T6** (perlakuan panas pelarutan lalu *penuaan buatan*, yaitu dipanaskan pada suhu rendah supaya makin keras).

Perlakuan panas pelarutan artinya bahan dipanaskan sampai unsur paduan larut merata, lalu didinginkan cepat dengan dicelup. Bahan yang baru didinginkan itu masih lunak, kemudian **mengeras sendiri seiring waktu**. Inilah alasan *rivet* tertentu (2017 berdiameter di atas 3/16 inci, dan semua rivet 2024) harus disimpan di lemari pendingin atau es kering sampai

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

sesaat sebelum dipasang: dingin memperlambat pengerasan. Rivet yang sudah terlanjur keras akan retak saat dibentuk dan harus diberi perlakuan panas ulang. Sebaliknya rivet **2117-T4** boleh dipasang apa adanya, sehingga ia rivet yang paling umum di bengkel.

Lembar dan pelat aluminium biasanya diberi tanda kode paduan dan *temper* setiap sekitar 5 inci, sehingga bahan yang belum dipakai dapat dikenali. Bahan tanpa tanda tidak boleh ditebak jenisnya.

Alclad. Paduan berkekuatan tinggi seperti 2024 dan 7075 kurang tahan korosi. Karena itu lembarannya sering dilapisi aluminium murni yang tipis di kedua sisi, disebut ***alclad*** (*clad* = berlapis). Lapisan murni ini mudah menempel, tahan korosi, dan melindungi inti paduan di bawahnya. Akibatnya, pada panel alclad **lapisan itu tidak boleh dikikis berlebihan**: bila lapisan tembus, inti paduan terbuka dan mulai berkorosi. Aluminium juga **membentuk lapisan oksida tipis dan rapat** yang melindunginya sendiri. Perlakuan ***anodisasi*** (*anodizing*) menebalkan lapisan oksida itu secara buatan dan menjadi dasar yang baik untuk cat. Lapisan ini harus dijaga: sekali rusak, ia hanya dapat dipulihkan sebagian.

3. Baja

Baja adalah besi yang dicampur karbon dan unsur lain. Makin tinggi kadar karbon, makin keras dan makin getas. Baja karbon rendah (kadar karbon sekitar 0,08 sampai 0,30 persen) lunak dan mudah dilas, sedangkan baja karbon sedang (0,30 sampai 0,60 persen) lebih kuat.

Baja diberi **kode empat angka**: angka pertama menunjukkan jenis (1 berarti baja karbon), angka kedua menunjukkan kira-kira persentase unsur paduan utama, dan **dua angka terakhir menunjukkan kadar karbon dalam seperseratus persen**. Contoh: **4130** adalah baja kromium-molibdenum dengan kira-kira 1 persen kromium, 0,2 persen molibdenum, dan **0,30 persen karbon**. Baja 4130 kuat dan mudah dilas, sehingga dipakai untuk **rangka pipa** (*truss*), dudukan mesin, dan bagian roda pendarat. Baja ini tidak tahan karat bila tidak dilapisi atau dicat.

Baja tahan karat (*stainless steel*) mengandung kromium tinggi, yang membentuk lapisan oksida pelindung. Ada dua kelompok. Seri **300** (austenitik, tidak bersifat magnet) jauh lebih tahan karat, termasuk di lingkungan laut. Seri **400** (bersifat magnet) kurang tahan karat dan sebagian dapat diperkeras. Baja tahan karat dipakai untuk dinding api (*firewall*), rangka dan penjepit knalpot, serta pengencang di tempat panas. Lapisan oksidanya tidak boleh dikikis atau dirusak, karena bila rusak ia tidak selalu pulih sendiri.

4. Titanium dan magnesium

Titanium (misalnya Ti-6Al-4V, artinya 6 persen aluminium dan 4 persen vanadium) hampir sekuat baja tetapi massa jenisnya sekitar 4,4 g/cm^3, jauh lebih ringan daripada baja (7,85 g/cm^3). Ia membentuk lapisan oksida yang membuatnya **sangat tahan karat** dan tahan panas lebih baik daripada aluminium. Kekurangannya: mahal dan sulit dikerjakan. Karena itu titanium dipakai di tempat yang menuntut tahan panas atau tahan karat sambil tetap ringan, misalnya di dekat mesin, sebagai pengencang, atau sebagai pengencang pada struktur komposit.

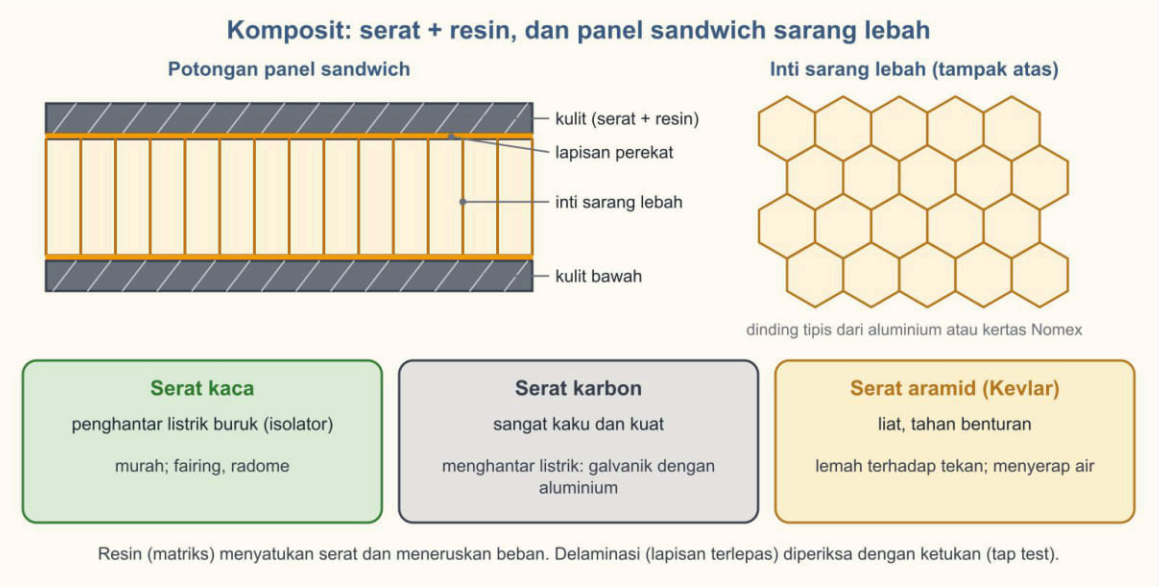
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

Magnesium adalah logam struktur yang **paling ringan** (sekitar 1,8 g/cm^3). Ia dipakai untuk coran besar yang rumit seperti rumah roda gigi dan pelek roda. Namun magnesium adalah logam yang **paling aktif secara kimia**, paling mudah berkorosi, dan paling sulit dilindungi. Tanda awal korosinya mudah dilihat: cat terangkat dan muncul bintik putih yang cepat tumbuh menjadi gundukan seperti salju. Serpihan dan serbuk magnesium juga **mudah terbakar**, dan api magnesium tidak boleh disiram air. Rivet untuk struktur magnesium memakai paduan **5056**, karena cocok secara korosi.

5. Komposit dan sarang lebah

Komposit (*composite*) adalah gabungan dua bahan: **serat** yang menahan beban dan **resin** (*matrix*) yang menyatukan serat serta meneruskan beban. Contoh sehari-hari: beton bertulang. Tiga jenis serat yang umum (Gambar 4.3):

- **Serat kaca** (*fiberglass*): murah, bukan penghantar listrik, dipakai untuk penutup (*fairing*) dan penutup antena radar (*radome*).
- **Serat karbon** (*carbon* atau *graphite fiber*): sangat kaku dan kuat untuk beratnya, tetapi **menghantar listrik**, dan inilah penyebab masalah korosi galvanik dengan aluminium.
- **Serat aramid** (*Kevlar*): liat dan tahan benturan, tetapi lemah terhadap tekanan dan menyerap air.



Gambar 4.3 Serat dan resin pada komposit, serta penampang panel sandwich dengan inti sarang lebah. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Panel **sandwich** terdiri atas dua **kulit** tipis yang saling berjauhan, dengan **inti sarang lebah** (*honeycomb*) di antaranya, dan perekat yang menyatukannya. Seperti balok I, kulit menahan lentur dan inti menjaga jaraknya, sehingga panelnya kaku tetapi ringan. Inti dibuat dari dinding tipis aluminium atau kertas Nomex.

Komposit **tidak berkarat**, tetapi bukan berarti tidak perlu diperiksa. Masalah khasnya: ***delaminasi*** (lapisan terlepas satu sama lain), kerusakan benturan yang dari luar nyaris tak terlihat, dan masuknya air ke inti sarang lebah. Delaminasi dicari dengan **uji ketukan** (*tap test*): bagian yang baik berbunyi nyaring, bagian yang terlepas berbunyi tumpul. Saat

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

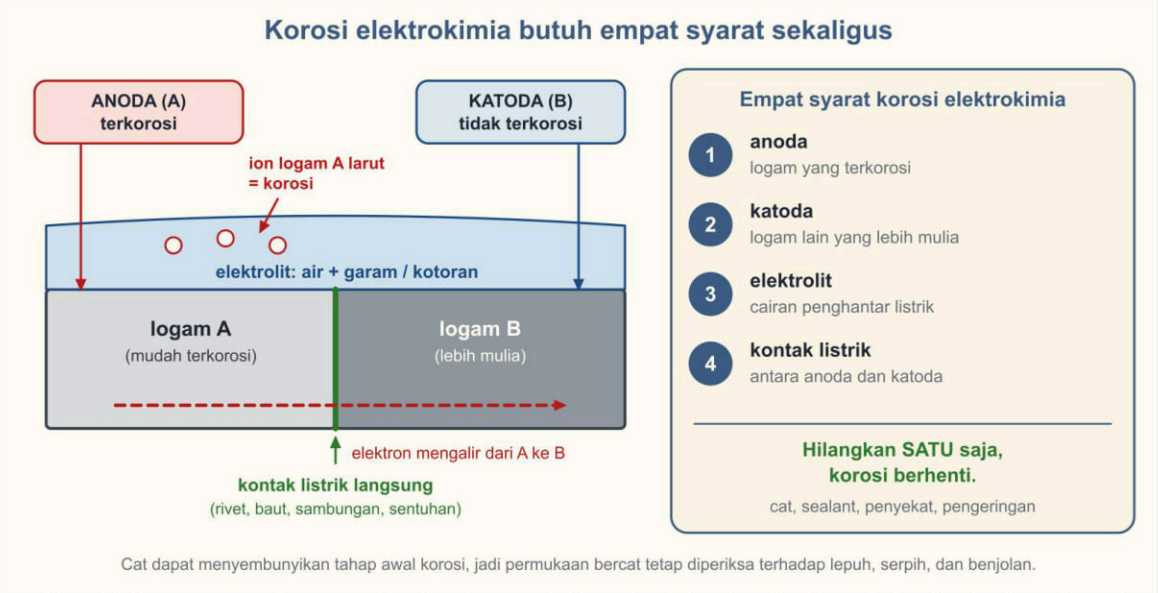
mengampelas serat kaca, debunya mengiritasi kulit dan paru-paru, jadi pelindung wajib dipakai.

6. Korosi: musuh terbesar logam

Korosi adalah kerusakan logam akibat reaksi kimia atau elektrokimia dengan lingkungannya, yang mengubah logam kembali menjadi senyawa. Pada logam pesawat, korosi **tidak boleh diabaikan** karena hasilnya makan tempat lebih besar daripada logam semula, sehingga cat melepuh dan serpih terangkat, dan lubang kecil bisa menjalar dalam.

Empat syarat korosi elektrokimia (Gambar 4.4) harus ada **sekaligus**:

1. **anoda**: logam yang terkorosi;
2. **katoda**: logam lain yang lebih mulia dan tidak terkorosi;
3. **elektrolit**: cairan penghantar listrik, misalnya air hujan, air laut, atau cairan baterai;
4. **kontak listrik** antara anoda dan katoda, misalnya lewat rivet, baut, atau sambungan.



Gambar 4.4 Empat syarat korosi elektrokimia: anoda, katoda, elektrolit, dan kontak listrik. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Konsekuensinya penting: **bila satu syarat dihilangkan, korosi berhenti**. Cat dan sealant memutus elektrolit; penyekat memutus kontak; menjaga bagian tetap kering menghilangkan elektrolit. Pencegahan korosi sebenarnya adalah pekerjaan memutus salah satu dari keempat mata rantai itu.

Beberapa hal mempercepat korosi: garam laut, kotoran, gas knalpot, suhu tinggi, dan kelembapan. Logam yang tegangannya tinggi juga lebih rentan. Bahkan **coretan pensil grafit pada logam pesawat** dapat memicu korosi, karena grafit lebih mulia daripada logam struktur. Karena itu penandaan pada logam memakai spidol atau cara yang dibolehkan manual, bukan pensil.

Bentuk-bentuk korosi. Korosi dikelompokkan dari penampilannya (Gambar 4.5).

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



Gambar 4.5 Enam bentuk korosi yang paling sering dibahas, digambarkan sebagai potongan samping. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

- **Korosi permukaan merata**: bentuk paling umum. Permukaan menjadi kusam, lalu kasar.
- **Sumuran** (*pitting*): salah satu bentuk yang paling merusak. Pada aluminium dan magnesium, tampak sebagai **bubuk putih atau abu-abu** seperti debu. Setelah dibersihkan, terlihat lubang kecil yang bisa dalam sekali, sehingga kerusakan sebenarnya jauh lebih besar daripada penampilannya.
- **Korosi celah** (*concentration cell*): terjadi di antara dua permukaan yang bertemu, di bawah gasket, atau di bawah benda yang menempel. Cairan terjebak dan kekurangan oksigen, sehingga bagian itu menjadi anoda.
- **Filiform**: jejak berkelok seperti cacing di bawah lapisan cat. Muncul pada kelembapan sekitar 78 sampai 90 persen, terutama pada cat poliuretan. Pencegahannya antara lain menyimpan pesawat di tempat yang kelembapannya di bawah 70 persen dan mencuci kotoran yang bersifat asam.
- **Antar butir** (*intergranular*) dan **mengelupas** (*exfoliation*): serangan di batas butir logam. Pada tahap lanjut lapisan logam terangkat seperti serpih. Paduan kuat seperti 2014 dan 7075 rentan bila perlakuan panasnya salah.
- **Galvanik**: dua logam berbeda bersentuhan dengan adanya elektrolit. Korosi menumpuk di sambungan, pada logam yang menjadi anoda.

Ada juga **retak korosi tegangan** (beban tarik tetap ditambah lingkungan korosif), **korosi lelah** (beban berulang ditambah lingkungan korosif; retak muncul pada tegangan yang jauh lebih rendah daripada batas lelah normal), dan **korosi gesek** (*fretting*), yaitu keausan karena dua permukaan yang kencang bergetar saling gosok. Contohnya adalah *smoking rivet*, rivet yang mengeluarkan jelaga hitam di kulit sayap dan *cowling*. Jenis ini tidak membutuhkan elektrolit.

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

Pada baja, **karat merah** adalah hasil oksidasi. Karat merah **tidak melindungi** baja di bawahnya, malah menarik lembap sehingga menjalar. Pada baut kecil di bagian tak kritis ia belum langsung berbahaya, tetapi menandakan perawatan yang kurang. Pada baja berkekuatan tinggi yang menahan beban besar, karat sekecil apa pun harus segera dibuang.

7. Korosi galvanik dan deret galvanik

Logam punya kecenderungan berbeda untuk melepas elektron. Logam yang mudah melepas elektron (magnesium, aluminium) disebut **anodik**, sedangkan logam yang sulit melepasnya (titanium, grafit) disebut **katodik** atau **mulia**. Bila dua logam yang berbeda bersentuhan dan ada elektrolit, **logam yang lebih anodik berkorban**: dialah yang terkorosi, sedangkan logam yang lebih mulia terlindung. Urutan sederhana dari paling anodik ke paling mulia ditunjukkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Deret galvanik yang disederhanakan: makin jauh dua logam di dalam deret, makin cepat logam yang lebih atas berkorosi. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

Tiga aturan membaca deret ini:

1. Dalam satu pasangan, **logam yang lebih atas menjadi anoda** dan terkorosi.
2. **Makin jauh jarak** dua logam di dalam deret, makin cepat korosinya. Bila dekat, korosinya lambat.
3. **Luas permukaan penting.** Bila logam anoda berukuran kecil dan katodanya besar, korosinya sangat cepat. Contohnya pengencang aluminium kecil pada panel baja yang besar.

Serat karbon ada di dekat bagian paling mulia, sehingga **aluminium yang menyentuh serat karbon yang lembap akan terkorosi**. Karena itu rivet aluminium tidak dipakai langsung pada panel karbon. Dua cara yang lazim: memberi **penyekat** (misalnya satu lapis serat kaca atau *sealant* di antara dua bahan), dan memakai **pengencang titanium** yang letaknya dekat serat karbon di deret galvanik. Pada struktur aluminium, pengencang baja dilapisi kadmium, dan **cincin baja berlapis kadmium** dipasang di bawah kepala baut dan mur pada struktur aluminium atau magnesium, agar korosi terjadi pada cincin yang murah, bukan pada strukturnya. Pasangan **magnesium dengan baut baja** berbahaya bila tanpa pelindung.

Satu jebakan teknisi: **alat pembersih** bisa menjadi pasangan galvanik. Sikat kawat baja atau wol baja meninggalkan serpihan baja yang tertanam di aluminium. Serpihan itu menjadi katoda kecil dan memicu korosi baru. Karena itu serpihan logam berbeda adalah musuh tersembunyi.

8. Mencegah dan menangani korosi

Pencegahan mengikuti empat syarat korosi:

- **Menjaga bersih dan kering**: cuci garam dan kotoran, keringkan, dan pastikan saluran buang air tidak tersumbat.
- **Memberi lapisan**: anodisasi, lapisan konversi kimia, cat dasar (*primer*), lalu cat akhir. Pada panel alclad, lapisan murninya sendiri pelindung.
- **Menyekat logam berbeda**: *sealant*, pita, atau lapisan penyekat. Pengencang baru dipasang basah dengan *sealant* pada panel aluminium agar tidak ada celah masuk air.
- **Memeriksa rutin**: terutama di dekat dapur, toilet, aki, sambungan, dan bagian bawah tempat air terkumpul. Cat dapat menyembunyikan tahap awal korosi.

Penanganan korosi pada aluminium mengikuti urutan yang tetap (urutan dari manual):

1. **Pastikan** logam yang dikerjakan benar-benar aluminium.
2. **Bersihkan** bagian itu, lalu kelupas cat bila perlu.
3. **Tentukan luas dan kedalaman** kerusakan.
4. **Buang korosi ringan** dengan bahan lembut yang diizinkan: *wol aluminium*, sikat berbulu serat atau nilon, bantalan abrasif nonlogam, kain atau kertas amplas halus, atau bubuk batu apung.
5. **Dilarang** memakai wol baja, kain amplas *emery*, sikat kawat baja, sikat kuningan atau tembaga, dan sikat kawat putar pada permukaan aluminium.

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

6. **Periksa** apakah korosi masih tersisa dan **bandingkan kedalaman pengerjaan dengan batas manual**. Bila melampaui batas, hubungi teknisi struktur atau pabrikan.
7. **Haluskan** tepi daerah yang dikerjakan dengan perbandingan landai **20 : 1** (panjang : kedalaman), lalu selesaikan dengan amplas yang makin halus sampai 400.
8. **Segera beri lapisan konversi kimia**, lalu cat dasar dan cat akhir.

Bila korosi ada di sekitar **kepala pengencang**, pengencang itu **harus dilepas** supaya korosi di bawah kepalanya terbuang. Pengencang kemudian dipasang kembali dalam keadaan basah dengan *sealant*. Pada **magnesium**, hanya sikat berbulu kaku nonlogam yang dipakai; serpihan baja dari sikat baja justru lebih berbahaya daripada korosi awalnya, dan serbuknya dikumpulkan karena mudah terbakar.

9. Memilih material untuk sebuah komponen

Cara berpikir yang sehat dalam memilih material mengikuti tiga langkah:

1. **Saring syarat wajib** dahulu: suhu kerja, ketahanan karat, kekuatan, ketersediaan data perbaikan yang disetujui. Bahan yang gagal di satu syarat wajib langsung gugur.
2. **Bandingkan kriteria tambahan** pada bahan yang lolos: paling ringan, paling murah, paling mudah dikerjakan.
3. **Periksa kecocokan** dengan bahan di sekitarnya: apakah pasangan galvaniknya aman, apakah boleh dilas, dan apakah ada data perbaikan yang disetujui.

Urutan ini penting karena kriteria "paling ringan" tidak berarti apa-apa bila bahannya gugur di suhu kerja. Kesalahan klasik adalah memilih bahan paling ringan lebih dulu, lalu memeriksa syarat wajib belakangan.

CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1: memilih material untuk lima komponen

Pada 2026, Rina di bengkel sekolah penerbangan menerima lima pekerjaan. Pilihan bahan di gudang: aluminium 2024-T3 alclad, baja 4130, baja tahan karat 321, magnesium, dan komposit karbon–epoksi. Tentukan bahan untuk tiap komponen. *(Kasus fiktif.)*

1. **Kulit badan:** perlu ringan, mudah dibentuk, tahan karat dengan lapisan pelindung, dan murah → **2024-T3 alclad**.
2. **Dudukan mesin dari pipa yang dilas:** perlu sangat kuat dan mudah dilas → **baja 4130**, dengan lapisan pelindung karat.
3. **Penjepit pipa knalpot di dekat mesin panas, tidak boleh berkarat: → baja tahan karat 321**. Aluminium dan komposit gugur di suhu itu; 4130 gugur karena berkarat.
4. **Rumah roda gigi cor yang ringan, di tempat kering: → magnesium**, dengan konsekuensi pelapisan teliti dan penyekat terhadap baut baja.
5. **Penutup besar berbentuk lengkung halus, ringan, tanpa karat: → komposit karbon–epoksi**. Bila dipasang pada rangka aluminium, perlu penyekat.

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

Sebagai cek akal sehat, Rina membandingkan massa dua braket pengganti berukuran 80 cm^3 yang sama-sama memenuhi syarat kekuatan: dari 2024, $m = 2{,}78 \times 80 = 222{,}4$ g; dari titanium Ti-6Al-4V, $m = 4{,}43 \times 80 = 354{,}4$ g. Aluminium lebih ringan **132 g**. Dari baja 4130, massanya $7{,}85 \times 80 = 628$ g, lebih dari dua kali berat aluminium.

Jawaban: kulit badan 2024-T3 alclad; dudukan mesin 4130; penjepit knalpot baja tahan karat 321; rumah roda gigi magnesium; penutup komposit karbon–epoksi.

Contoh 2: menilai pasangan logam

Pada 2027, Doni mendapat empat pasangan bahan dan diminta menilai mana yang berisiko korosi galvanik bila lembap. Pakai urutan pada Gambar 4.6 (magnesium, aluminium, kadmium, baja karbon, baja tahan karat, titanium, serat karbon). *(Kasus fiktif.)*

Pasangan	Posisi pada deret	Jarak	Penilaian
A. magnesium + baut baja polos	1 dan 4	jauh	magnesium (lebih atas) berkorban dan berkorosi cepat
B. aluminium + baut baja berlapis kadmium	2 dan 3	dekat	risiko kecil; tetap dipasang dengan *sealant*
C. aluminium + panel serat karbon	2 dan 7	sangat jauh	aluminium berkorosi cepat; perlu penyekat
D. panel serat karbon + pengencang titanium	7 dan 6	dekat	risiko kecil; pilihan lazim

1. **Urutkan** tiap pasangan pada deret.
2. **Tentukan anoda**: logam yang lebih atas.
3. **Nilai jarak**: dekat berarti lambat, jauh berarti cepat.
4. **Pilih pencegahan** untuk pasangan berisiko: penyekat dan *sealant*, atau ganti pengencang dengan yang lebih dekat.

Jawaban: pasangan A dan C berisiko tinggi (dengan anoda magnesium dan aluminium); pasangan B dan D relatif aman. Cek akal sehat: pasangan yang berisiko selalu melibatkan logam yang sangat anodik dan lawan yang jauh lebih mulia.

Contoh 3: menangani korosi di sekitar kepala pengencang

Pada 2027, Hana menemukan serbuk putih dan cat melepuh di sekitar kepala baut baja pada panel akses aluminium setebal 1,6 mm. Kartu kerja menyatakan batas kedalaman pengerjaan 10 persen dari tebal panel. Setelah korosi dibuang, kedalaman terdalam terukur 0,12 mm. Susun tindakan dan periksa batasnya. *(Kasus fiktif.)*

1. **Pastikan logamnya** aluminium, lalu **lepas baut** supaya korosi di bawah kepalanya terjangkau.
2. **Bersihkan dan kupas cat** di sekitarnya, lalu **buang korosi** dengan wol aluminium atau bantalan abrasif nonlogam. Sikat kawat baja **tidak dipakai**.

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

3. **Hitung batas:** $10\% \times 1{,}6 = 0{,}16$ mm. Kedalaman terukur 0,12 mm lebih kecil, jadi masih **di dalam batas**.
4. **Haluskan tepi** dengan perbandingan 20 : 1: panjang pelandaian $20 \times 0{,}12 = 2{,}4$ mm. Selesaikan dengan amplas halus sampai 400.
5. **Beri lapisan konversi kimia** segera, lalu cat dasar dan cat akhir.
6. **Pasang baut** dalam keadaan basah dengan *sealant*, dan bila lapisan kadmiumnya rusak, ganti bautnya. Catat pekerjaan.

Jawaban: pengerjaan di dalam batas (0,12 mm < 0,16 mm), pelandaian 2,4 mm, lalu pelindung lengkap dan baut dipasang dengan *sealant*. Bila kedalaman terukur 0,20 mm, batas terlampaui dan Hana harus menghubungi teknisi struktur, bukan melanjutkan sendiri.

❖ PETA KONSEP

Gambar 4.7 merangkum isi sub bab ini.



Gambar 4.7 Peta konsep aircraft material. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

Yang harus kamu ingat:

- **Paduan aluminium** paling banyak dipakai: 2024 untuk kulit, 7075 untuk struktur kuat. Kode **2024-T3** = paduan 2xxx, *temper* T3. **Alclad** = inti kuat berlapis aluminium murni; lapisan itu tidak boleh dikikis.
- Kode baja: **4130** = kromium-molibdenum, 0,30 persen karbon. Seri 300 baja tahan karat tidak bersifat magnet dan lebih tahan karat.
- **Titanium**: ringan, tahan karat dan panas, mahal. **Magnesium**: paling ringan tetapi paling mudah berkorosi dan serbuknya mudah terbakar. **Komposit**: ringan dan tidak berkarat, tetapi bisa mengalami delaminasi, dan **serat karbon + aluminium = korosi galvanik**.
- **Korosi butuh empat syarat**: anoda, katoda, elektrolit, kontak listrik. **Hilangkan satu, korosi berhenti.**
- Alat dan bahan bersih pada aluminium: wol aluminium, sikat nilon. **Dilarang**: wol baja, sikat kawat baja, sikat kuningan.
- **Memilih material**: saring syarat wajib dulu, baru pilih yang paling ringan atau murah.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal material dan korosi:

1. **Tulis apa yang ditanyakan:** memilih bahan, menilai pasangan, atau memilih tindakan?
2. **Pisahkan syarat wajib dari kriteria tambahan.** Coret bahan yang gagal di syarat wajib sebelum membandingkan bobot atau harga.
3. **Untuk soal korosi, tanyakan dua hal:** apakah ada logam berbeda yang bersentuhan atau tertinggal (serpihan, pengencang, alat), dan apakah lapisan pelindung ikut rusak oleh tindakannya.
4. **Cek tiap opsi terhadap data di soal**, bukan terhadap kebiasaan.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Bahan paling ringan dipilih lebih dulu**, padahal suhu kerjanya tidak cukup atau mudah berkarat.
- **Titanium atau baja dianggap aman bagi aluminium** karena "lebih kuat". Kekuatan tidak menjawab masalah korosi galvanik.
- **Komposit dianggap bebas masalah** karena tidak berkarat. Ia bisa delaminasi, dan seratnya menghantar listrik.
- **Sikat kawat baja atau wol baja dianggap aman** setelah dibilas air. Serpihan yang tertanam tidak terbilas.
- **Amplas kasar** dipakai pada panel alclad, sehingga lapisan pelindung ikut terangkat.
- **Rivet 2024 yang sudah lama di suhu ruang** dipakai saja. Ia sudah mengeras dan akan retak; ganti dengan yang baru dari pendingin atau perlakuan panas ulang.
- **Cat yang tampak utuh** dianggap berarti tidak ada korosi. Cat dapat menyembunyikan tahap awal.

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa memilih magnesium untuk braket di dekat pipa knalpot "karena paling ringan". Padahal syarat wajibnya tahan suhu tinggi dan tidak mudah berkarat, dan magnesium gugur di keduanya. Urutan yang benar: saring suhu kerja dan ketahanan karat dahulu, baru pilih yang paling ringan di antara yang lolos.

● BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut meminta memilih bahan dengan beberapa syarat sekaligus. Pakai bagian 9 (memilih material): saring syarat wajib dahulu, baru bandingkan massa jenis.

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

►. Bengkel komponen akan membuat ulang pelindung panas (heat shield) di dekat pipa knalpot mesin piston pesawat latih pada 2027 sesuai data perbaikan yang disetujui. Suhu di lokasi itu dapat mencapai 450 °C, komponen tidak boleh mudah berkarat, dan supervisor meminta bahan paling ringan di antara yang memenuhi syarat.

Bahan	Massa jenis (g/cm^3)	Suhu kerja maks. (°C)	Ketahanan karat
Aluminium 2024-T3	2,78	150	perlu pelapis
Titanium Ti-6Al-4V	4,43	400	baik
Baja paduan 4130	7,85	450	mudah berkarat
Baja stainless 321	7,92	800	baik
Paduan nikel 625	8,44	980	baik

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

Bahan yang paling tepat dipilih adalah ....

A. Titanium Ti-6Al-4V
B. Baja paduan 4130
C. Paduan nikel 625
D. Aluminium 2024-T3
E. Baja stainless 321

Pembahasan **Kunci: E**

Konsep: Pemilihan material: saring dulu syarat yang wajib (suhu kerja, ketahanan karat), lalu pilih yang terbaik pada kriteria tambahan (paling ringan = massa jenis terkecil).

Langkah:

1. Syarat suhu ≥ 450 °C: 4130, 321, 625 (titanium 400 °C dan aluminium 150 °C gugur).
2. Syarat tahan karat: 321 dan 625 (4130 gugur).
3. Paling ringan di antara 321 (7,92) dan 625 (8,44) → baja stainless 321.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: paling ringan di antara bahan tahan karat, tetapi suhu kerjanya hanya 400 °C.
- **B.** ✗ Jebakan: tahan 450 °C dan sedikit lebih ringan dari 321, tetapi mudah berkarat.
- **C.** ✗ Memenuhi semua syarat, tetapi lebih berat dari baja stainless 321.
- **D.** ✗ Paling ringan, tetapi suhu kerjanya jauh di bawah 450 °C.
- **E.** ✓ Lolos syarat suhu dan karat, serta paling ringan di antara yang lolos.

Jawaban: E.

✎ LATIHAN

Untuk tiap soal, tulis dulu syarat wajib dan logam berbeda yang bersentuhan, baru pilih jawaban.

1. Pada 2027, Sari menemukan korosi ringan berupa bintik putih keabuan pada panel aluminium berlapis (alclad) di dekat toilet pesawat latih bermesin ganda. Korosi harus

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

dibersihkan sebelum panel dilapisi kembali. Di bengkel tersedia sikat kawat baja, wol baja (steel wool), sikat kawat kuningan, wol aluminium, sikat nilon, dan amplas kasar nomor 80. *(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pilihan alat dan alasan yang paling tepat adalah ....

A. Wol aluminium atau sikat nilon; tidak meninggalkan serpihan logam lain
B. Wol baja, karena lebih cepat mengangkat korosi daripada wol aluminium
C. Sikat kawat baja, asalkan permukaan dibilas air bersih setelah disikat
D. Amplas kasar nomor 80, agar lapisan alclad terangkat bersama korosinya
E. Sikat kawat kuningan, karena logamnya lebih lunak daripada kawat baja

2. Pada 2027, bengkel memasang panel penutup serat karbon (carbon fiber) baru pada rangka aluminium pesawat latih. Seorang teknisi baru berencana memakai rivet aluminium biasa yang tersedia banyak di gudang karena lebih ringan. Supervisor menolak rencana itu dengan alasan korosi galvanik, dan Kiara, siswa magang, diminta memahami alasannya.
(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. Serat karbon bersifat konduktif dan jauh lebih mulia daripada aluminium, sehingga aluminium yang menyentuhnya cepat terkorosi.
☐ B. Rivet aluminium tidak terpengaruh karena serat karbon bukan logam sehingga tidak ada pasangan galvanik.
☐ C. Lapisan penyekat seperti serat kaca atau sealant di antara karbon dan aluminium membantu mencegah kontak langsung.
☐ D. Rivet baja karbon biasa lebih aman dipakai karena baja lebih kuat daripada aluminium.
☐ E. Pengencang titanium sering dipakai pada struktur karbon karena lebih tahan terhadap korosi galvanik.

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

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

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa rivet 2024 dan 2017 (di atas 3/16 inci) disimpan dingin sampai saat dipasang, sedangkan 2117-T4 boleh langsung dipakai?
- Dari empat syarat korosi elektrokimia, mana yang diputus oleh *sealant* dan penyekat?
- **Yang harus kuingat:** syarat wajib dahulu baru yang paling ringan; aluminium + serat karbon berisiko galvanik; wol aluminium dan sikat nilon boleh untuk aluminium, wol baja dan sikat kawat baja dilarang; kedalaman pengerjaan korosi harus di dalam batas manual.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 4.1: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktpu&node=SMKTPU-4.1

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

Sub bab 4.2 · Aircraft hardware: baut, mur, rivet, dan pengunci

SMKTPU-4.2

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu **mengidentifikasi dan menjelaskan macam serta spesifikasi *aircraft hardware***, yaitu pengencang dan pengunci kecil yang menyatukan seluruh bagian pesawat. Levelnya aplikasi dan penalaran: kamu diminta membaca kode, menghitung ukuran yang tepat, lalu menilai pemasangan yang benar atau salah, sering kali dari sebuah gambar.

Pola soal yang sering muncul: (1) **panjang *grip* baut dan jumlah *washer*** yang tepat; (2) **arah *safety wire*** pada dua baut, dengan gambar tampak atas; (3) **mur bermahkota dan pena belah**: apa yang dilakukan bila lubang pena tidak segaris dengan celah mur; (4) **membaca kode** baut atau rivet.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- membaca kode baut AN dan rivet, serta menjelaskan jenis baut, mur, cincin, dan pin;
- menentukan panjang *grip* baut, jumlah *washer*, panjang rivet, serta jarak rivet;
- memasang *safety wire* dengan arah dan pilinan yang benar;
- menjelaskan mur bermahkota, pena belah, dan mur kunci-sendiri beserta aturan torsinya.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Pesawat adalah ribuan bagian yang disatukan. Satu pesawat kecil memuat ribuan baut dan rivet, dan hampir semuanya menahan **gaya geser** (gaya yang berusaha menggeser dua pelat satu terhadap yang lain) atau **gaya tarik** (gaya yang berusaha menarik sambungan terlepas). Getaran mesin menggoyang sambungan itu setiap detik. Karena itu pengencang pesawat tidak boleh asal: ukurannya tepat, bahannya tepat, torsinya tepat, dan harus **dikunci** supaya tidak mengendur.

1. Hardware: kecil, tetapi harus bisa ditelusuri

Dalam perawatan, ***hardware*** berarti pengencang dan benda kecil yang dipakai merakit pesawat: baut, mur, cincin (*washer*), rivet, pin, dan pengunci. Pedoman FAA menegaskan bahwa **hanya hardware yang dapat ditelusuri asal pembuatannya** yang boleh dipakai. Penelusuran (*traceability*) membuktikan bahwa bagian itu dibuat sesuai proses yang disetujui dan sifat fisiknya terjamin. Hardware yang tidak bisa ditelusuri atau diubah-ubah bisa saja di bawah standar atau bahkan palsu, dan sifatnya tidak dapat dibuktikan. Karena itu baut dari kotak tanpa label tidak dipakai, sekalipun ukurannya tampak cocok.

Aturan kedua: pengencang diganti dengan **jenis yang sama**. Pabrikan kadang membuat baut

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

dengan ukuran atau kekuatan khusus untuk satu tempat. Menggantinya dengan baut "yang mirip" dapat berbahaya.

2. Baut, sekrup, dan jenis-jenisnya

Baut dan sekrup sekilas mirip. **Sekrup** (*screw*) umumnya lebih lemah, ulirnya lebih longgar, bentuk kepalanya untuk obeng, dan poros polosnya pendek atau tidak ada. **Baut** (*bolt*) lebih kuat, mempunyai bagian polos yang jelas (*grip*), dan dikencangkan pada mur. Sekrup berulir pemotong sendiri (*self-tapping*) tidak boleh menggantikan baut, mur, atau rivet pada struktur.

Jenis baut yang paling sering ditemui:

- **Baut mesin kepala segi enam (AN3 sampai AN20):** baut serbaguna untuk beban tarik dan geser. Baja berukuran lebih kecil daripada No. 10-32 tidak dipakai pada struktur utama, dan **baut aluminium berdiameter di bawah ¼ inci tidak dipakai pada struktur utama**. Baut aluminium dan murnya juga tidak dipakai di tempat yang sering dilepas untuk pemeriksaan.
- **Baut kepala berlubang (AN73 sampai AN81):** kepalanya lebih dalam dan dibor untuk *safety wire*.
- **Baut engsel (*clevis bolt*, AN21 sampai AN36):** hanya untuk beban geser; sering menjadi pin pada sistem kendali.
- **Baut mata (*eyebolt*, AN42 sampai AN49):** untuk beban tarik dari luar; kepalanya dipasangi *turnbuckle* atau kait.
- **Baut toleransi sempit (*close-tolerance*):** pas rapat di lubangnya, dipakai bila sambungan mengalami beban bolak-balik dan getaran berat. Baut ini mungkin perlu diketuk pelan dengan palu lunak (mallet) untuk masuk dan tidak boleh diganti tanpa petunjuk.
- **Baut berkepala dalam (*internal wrenching*):** berkekuatan tinggi untuk beban tarik; memakai cincin khusus di bawah kepala dan mur.

Tanda di kepala baut memberi petunjuk bahan dan jenisnya (Gambar 4.8, bagian bawah). Baut baja standar AN bertanda timbul berupa garis atau bintang, baja tahan karat bertanda satu garis, dan paduan aluminium bertanda dua garis timbul. Baut toleransi sempit NAS bertanda segitiga, dan baut tanpa tanda berkekuatan rendah. Baut khusus bertanda "SPEC" atau nomor pabrikan.

3. Membaca kode baut

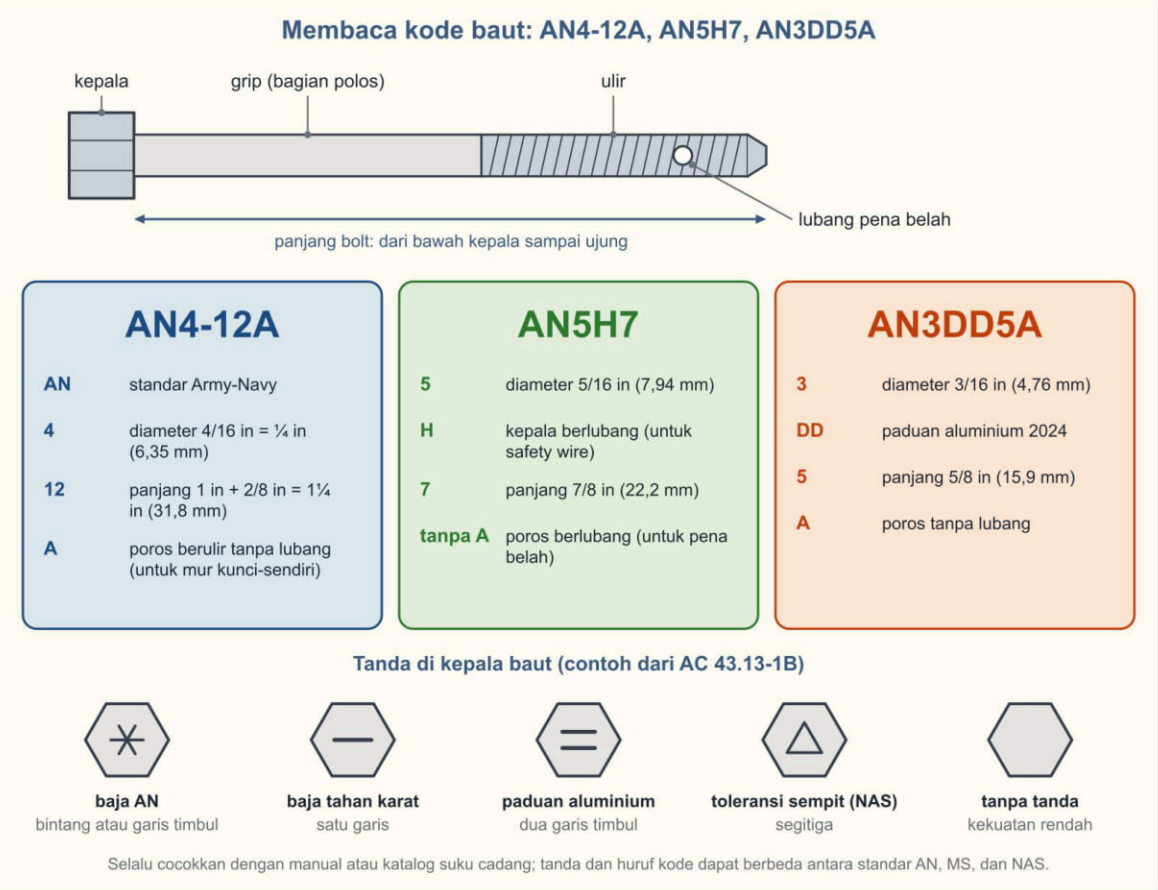
Baut standar mempunyai kode seperti **AN4-12A**. Cara membacanya (Gambar 4.8):

- **AN**: standar Army-Navy (standar militer Amerika yang kini banyak digantikan standar MS dan NAS, tetapi kodenya tetap dipakai).
- **Angka setelah AN**: diameter dalam **keenam belasan inci**. AN3 berarti 3/16 inci (4,76 mm), AN4 berarti 4/16 = ¼ inci (6,35 mm), AN5 berarti 5/16 inci (7,94 mm), dan seterusnya sampai AN20.

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

- **Huruf di antara**: kode bahan atau jenis. Tanpa huruf berarti baja berlapis kadmium, **C** baja tahan karat, **DD** paduan aluminium 2024, dan **H** menandakan kepala berlubang untuk *safety wire*.
- **Angka setelah tanda hubung**: panjang baut dalam **seperdelapan inci**, diukur dari bawah kepala sampai ujung. Angka 1 sampai 7 berarti 1/8 sampai 7/8 inci. Dua angka berarti inci utuh lalu sisa seperdelapan: "12" berarti 1 inci ditambah 2/8 inci = 1¼ inci, dan "16" berarti 1 inci ditambah 6/8 inci = 1¾ inci.
- **Huruf A di akhir**: poros berulir **tanpa lubang** (untuk mur kunci-sendiri). Bila tidak ada "A", poros dibor untuk pena belah.

Dengan aturan itu, **AN4-12A** adalah baut baja berdiameter ¼ inci (6,35 mm), panjang 1¼ inci (31,8 mm), dengan poros tanpa lubang. **AN5H7** adalah baut baja 5/16 inci (7,94 mm), kepala berlubang, panjang 7/8 inci (22,2 mm), poros berlubang. **AN3DD5A** adalah baut paduan aluminium 2024 berdiameter 3/16 inci, panjang 5/8 inci (15,9 mm), poros tanpa lubang.



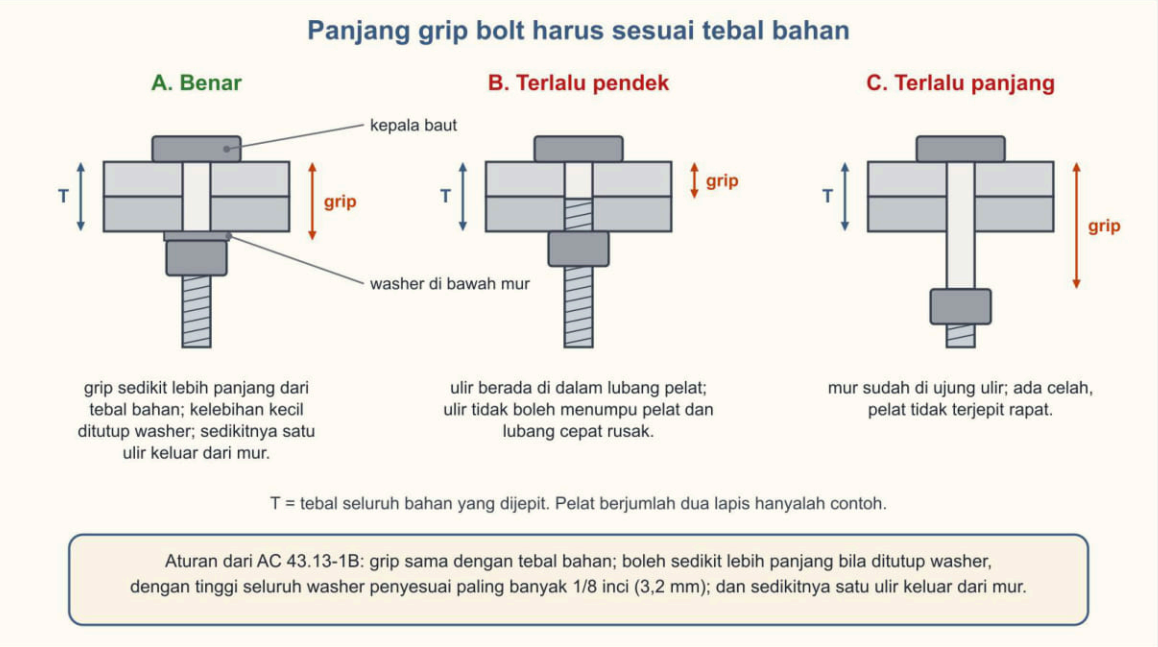
Gambar 4.8 Bagian-bagian baut, cara membaca kode AN4-12A, AN5H7, dan AN3DD5A, serta tanda di kepala baut. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

4. Panjang *grip* dan jumlah *washer*

Grip adalah bagian polos baut, yaitu bagian tanpa ulir. Fungsinya menahan gaya geser. Ulir tidak dirancang menahan geser dan lebih mudah aus. Karena itu aturannya (Gambar 4.9):

1. Panjang *grip* ideal **sama dengan tebal bahan** yang dijepit (jumlah semua lapis).
2. Bila *grip* sedikit lebih panjang, selisihnya ditutup dengan ***washer*** di bawah mur atau di bawah kepala, supaya mur duduk pada ulir dan dapat dikencangkan sampai menjepit bahan. Tinggi seluruh *washer* penyesuai ini **paling banyak 1/8 inci (3,2 mm)**; lebih dari itu pilih baut dengan *grip* yang lebih tepat.
3. *Grip* **tidak boleh lebih pendek** daripada tebal bahan. Ulir akan berada di dalam lubang pelat, lubang cepat aus, dan *washer* tidak memperbaikinya karena ulir tetap berada di dalam lubang.
4. Setelah dipasang, **sedikitnya satu ulir** harus menonjol keluar dari mur (untuk mur biasa dan kunci-sendiri).



Gambar 4.9 Panjang grip baut: benar (sedikit lebih panjang dan ditutup washer), terlalu pendek (ulir di dalam lubang), terlalu panjang (celah dan pelat tidak terjepit). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Washer biasa (AN960) setebal sekitar 1,6 mm (1/16 inci), sedangkan versi tipis kira-kira setengahnya; ketebalan pastinya ada di katalog atau kartu kerja. Pada mur pelat (*plate nut*), bila *grip* yang pas tidak tersedia, penyesuaian dilakukan dengan **shim** di bawah pelat. Aturan lain: lubang baut pada sambungan utama sangat teliti ukurannya. Lubang yang terlalu besar atau lonjong tidak diperbesar sembarangan karena jarak tepi dan kekuatan struktur ikut berubah; keputusannya diambil lewat manual perbaikan struktur atau pabrikan.

5. Mur dan cincin

Mur (*nut*) memegang baut. Beberapa jenis pokoknya:

- **Mur bermahkota** (*castle nut*, AN310): bagian atasnya bercelah-celah seperti mahkota

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

supaya pena belah atau *safety wire* dapat lewat. Dipakai pada baut berporos berlubang yang menahan beban tarik.

- **Mur bermahkota jenis geser** (*castellated shear nut*, AN320): lebih tipis, hanya untuk beban geser.
- **Mur polos** (AN315, AN335): kuat menahan tarik tetapi **membutuhkan pengunci tambahan** (mur penahan atau *safety wire*). Pemakaiannya pada struktur dibatasi.
- **Mur penahan** (*checknut*, AN316): pengunci bagi mur polos.
- **Mur kupu-kupu** (*wing nut*, AN350): dikencangkan dengan jari, biasanya dibor untuk *safety wire*.
- **Mur kunci-sendiri** (*self-locking nut*): mengunci lewat gesekan sendiri, tanpa pena belah.

Mur kunci-sendiri ada dua macam. Jenis **sisipan nilon atau serat** mengunci karena sisipannya berdiameter lebih kecil daripada baut, tetapi tidak boleh dipakai di tempat bersuhu **di atas sekitar 121 °C (250 °F)**. Jenis **seluruhnya logam** dipakai di tempat panas. Aturan penting mur kunci-sendiri:

- **jangan dipakai pada bagian yang berputar**;
- **jangan dipakai pada panel akses atau bagian yang dilepas setiap kali sebelum atau sesudah penerbangan**, karena pelepasan berulang menghilangkan daya kuncinya;
- **jangan dipakai** di tempat mur, baut, atau cincin yang lepas dapat terisap ke saluran masuk udara mesin turbin;
- jenis serat atau nilon **tidak dipakai ulang** bila **momen hambat minimumnya** tidak lagi tercapai. Momen hambat (*prevailing torque*) adalah momen yang dibutuhkan untuk memutar mur *sebelum* ia menyentuh bahan; di tabel manual, ia ditulis sebagai nilai minimum untuk mur bekas.

Cincin (*washer*) juga bermacam-macam. **Cincin polos** (AN960, AN970) memberi permukaan tumpuan yang rata, menyetel *grip*, dan mengatur posisi mur bermahkota terhadap lubang pena. **Cincin pegas** (*lock washer*, AN935 dan AN936) **tidak boleh dipakai pada struktur utama atau struktur sekunder** dan di tempat yang sering dilepas, bersentuhan dengan korosi, atau terkena aliran udara. Cincin baja berlapis kadmium dianjurkan di bawah kepala baut dan mur pada struktur aluminium atau magnesium untuk mencegah korosi.

6. Torsi: berapa kencang?

Mengencangkan baut berarti **menarik** baut sehingga menjepit bahan dengan gaya tertentu. Gaya jepit itu dikendalikan lewat **torsi** (momen pengencangan). Torsi kurang membuat sambungan longgar dan keausan cepat; torsi berlebih meregangkan baut atau merusak ulir. Aturan dari pedoman FAA:

- Torsi yang dipakai adalah torsi untuk **ukuran poros baut**, bukan ukuran kunci.
- Ulir baut dan mur **bersih dan kering**, kecuali manual menyebut lain.
- Putar mur sampai hampir menyentuh *washer*, ukur **momen hambatnya**, lalu **jumlahkan** dengan torsi yang diminta. Hasilnya disebut torsi akhir (*final torque*) yang dibaca pada kunci.

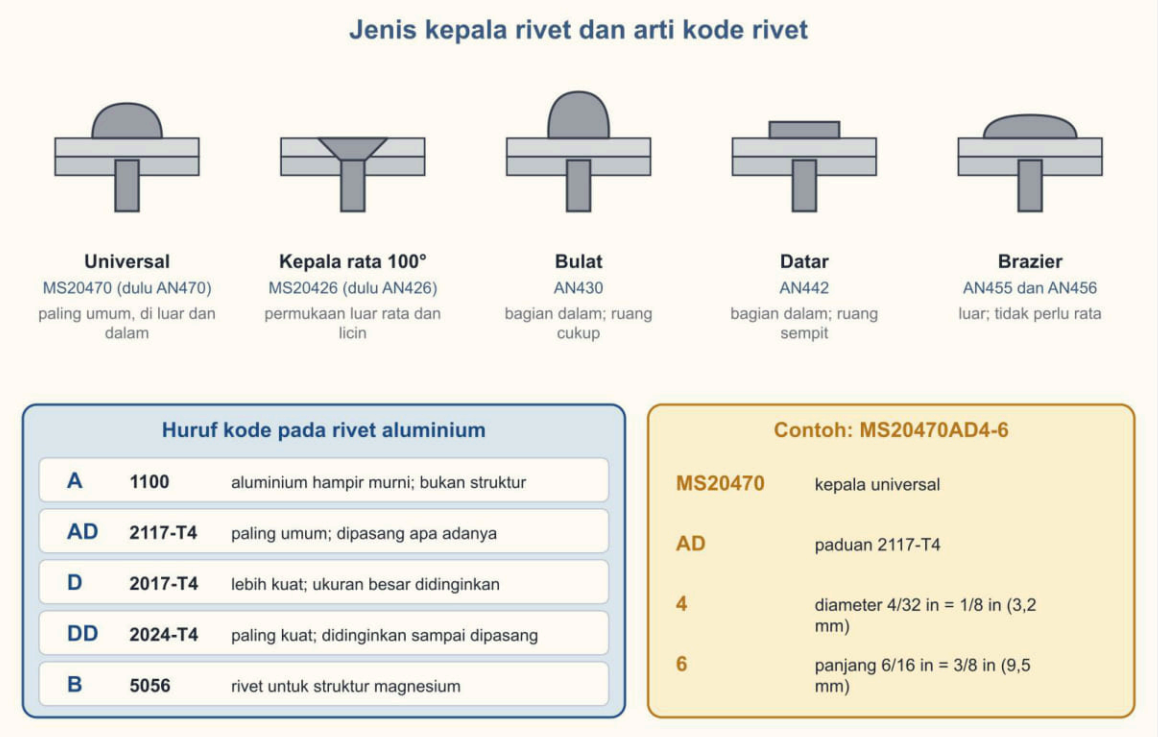
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

- Bila mungkin, kencangkan **murnya**, bukan baut, supaya baut tidak berputar di lubangnya.
- Tarik dengan gerak **halus dan merata**. Bila terasa menyentak atau bergetar, kendurkan lalu ulangi.
- Torsi dari manual selalu diutamakan. **Tabel torsi umum** dalam pedoman FAA hanya dipakai bila pabrikan tidak memberi nilai. Sebagai gambaran skala, untuk baut berulir halus ¼-28 dengan mur AN310 tabel itu menyebut 50 sampai 70 in-lb (5,6 sampai 7,9 N·m), dan untuk ⅜-24 menyebut 160 sampai 190 in-lb (18,1 sampai 21,5 N·m).

7. Rivet

Rivet menyambung pelat tipis secara tetap. **Rivet pejal** (*solid rivet*) dimasukkan ke lubang, lalu ujung batangnya dipukul dengan *rivet gun* sambil ditahan oleh *bucking bar* di sisi lain sampai membentuk kepala kedua yang disebut **kepala bentukan** (*shop head*). Jenis kepalanya (Gambar 4.10):

- **Universal** (MS20470, dulu AN470): standar untuk kepala menonjol; di luar maupun di dalam.
- **Kepala rata 100°** (MS20426, dulu AN426): dipakai di permukaan luar yang harus rata dan licin.
- **Bulat** (AN430) dan **datar** (AN442): bagian dalam pesawat.
- **Brazier** (AN455 dan AN456): di luar, bila tidak perlu rata.



Gambar 4.10 Jenis kepala rivet dan arti huruf kode rivet aluminium. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Bahan rivet dibedakan dengan huruf kode. **A** untuk aluminium 1100 (bukan struktur), **AD** untuk 2117-T4, **D** untuk 2017-T4, **DD** untuk 2024-T4, dan **B** untuk 5056. Rivet **2117-T4**

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

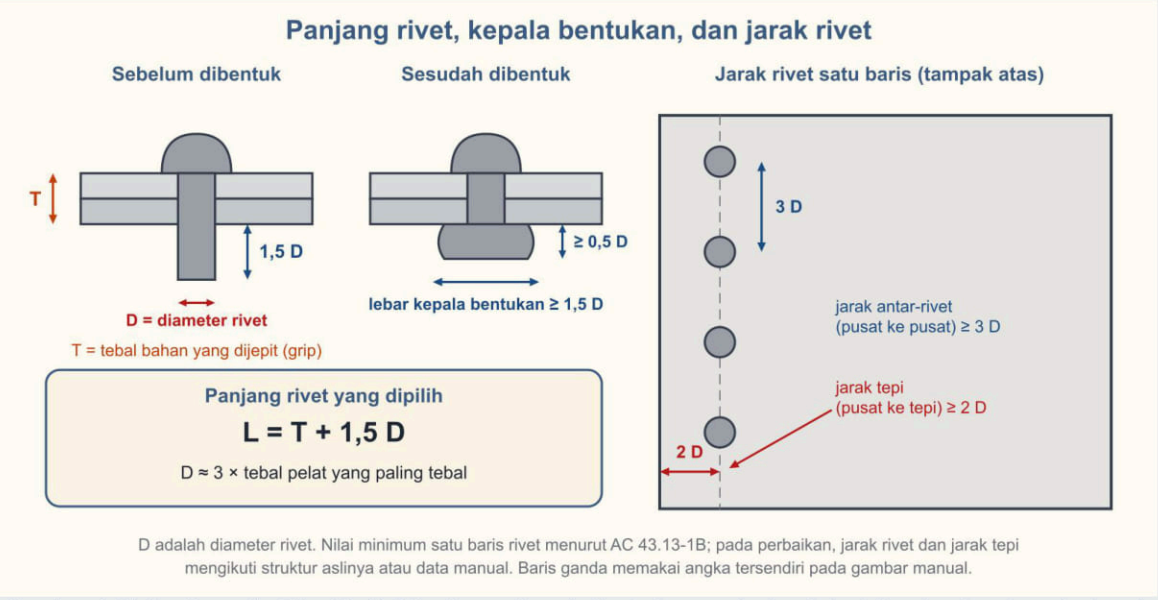
(AD) adalah yang paling umum karena boleh dipakai **dalam keadaan seperti diterima**. Rivet 2017 berdiameter di atas 3/16 inci dan semua rivet 2024 lebih kuat tetapi harus disimpan **dingin** (es kering atau lemari pendingin) sampai dipasang, atau diberi perlakuan panas ulang tepat sebelum dipakai, karena kalau tidak ia terlalu keras untuk dibentuk. Rivet **5056** dipakai khusus pada struktur magnesium. Rivet baja dipakai untuk baja, dan rivet baja tahan karat untuk bagian seperti dinding api dan penjepit knalpot.

Contoh kode **MS20470AD4-6**: kepala universal (MS20470), paduan 2117-T4 (AD), diameter **4/32 inci = 1/8 inci (3,2 mm)**, panjang **6/16 inci = 3/8 inci (9,5 mm)**. Bedakan dari baut: pada rivet, diameter dihitung dalam 32 bagian inci dan panjang dalam 16 bagian inci.

Panjang dan ukuran. Rivet harus cukup panjang agar ujungnya membentuk kepala yang sempurna (Gambar 4.11). Batang harus menonjol **1,5 kali diameter** (1,5 D) dari bahan terbawah. Karena itu:

$$L = T + 1{,}5\,D$$

dengan L panjang rivet, T tebal seluruh bahan yang dijepit, dan D diameter rivet. Diameter dipilih kira-kira **tiga kali tebal pelat yang paling tebal**. Kepala bentukan yang baik selebar sedikitnya 1,5 D dan setinggi sedikitnya 0,5 D.



Gambar 4.11 Panjang rivet L = T + 1,5 D, ukuran kepala bentukan, serta jarak tepi dan jarak antar-rivet pada satu baris. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Sebagai gambaran: dua pelat setebal 1,0 mm dan 1,6 mm. $D \approx 3 \times 1{,}6 = 4{,}8$ mm, sehingga dipilih 3/16 inci (4,76 mm). Panjang minimum $L = 2{,}6 + 1{,}5 \times 4{,}76 = 9{,}7$ mm, dan dipilih panjang standar berikutnya yang tersedia.

Jarak rivet (Gambar 4.11, kanan). Untuk satu baris rivet, **jarak tepi** (dari pusat lubang ke tepi pelat) tidak kurang dari **2 D**, dan **jarak antar-rivet** (pusat ke pusat) tidak kurang dari **3 D**. Baris ganda memakai angka tersendiri dari gambar manual. Pada perbaikan, jarak dan jarak tepi yang baik adalah meniru struktur aslinya. Jarak tepi yang terlalu kecil membuat pelat sobek ke arah tepi; jarak terlalu rapat melemahkan pelat di antara dua lubang.

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

Rivet buta (*blind rivet*) dipasang dari satu sisi saja, dipakai bila sisi belakang tidak terjangkau. Rivet ini umumnya kurang kuat dikunci dibanding rivet pejal, sehingga **tidak dipakai** di area tahan cairan, dekat saluran masuk udara mesin, pada permukaan kendali dan engselnya, sistem penggerak kendali terbang, sambungan sayap, sambungan roda pendarat, dan tempat lain yang menahan beban berat. Pada perbaikan rangka pesawat, rivet buta wajib disetujui pabrikan atau perwakilan otoritas.

8. *Safety wire*: kunci dari kawat

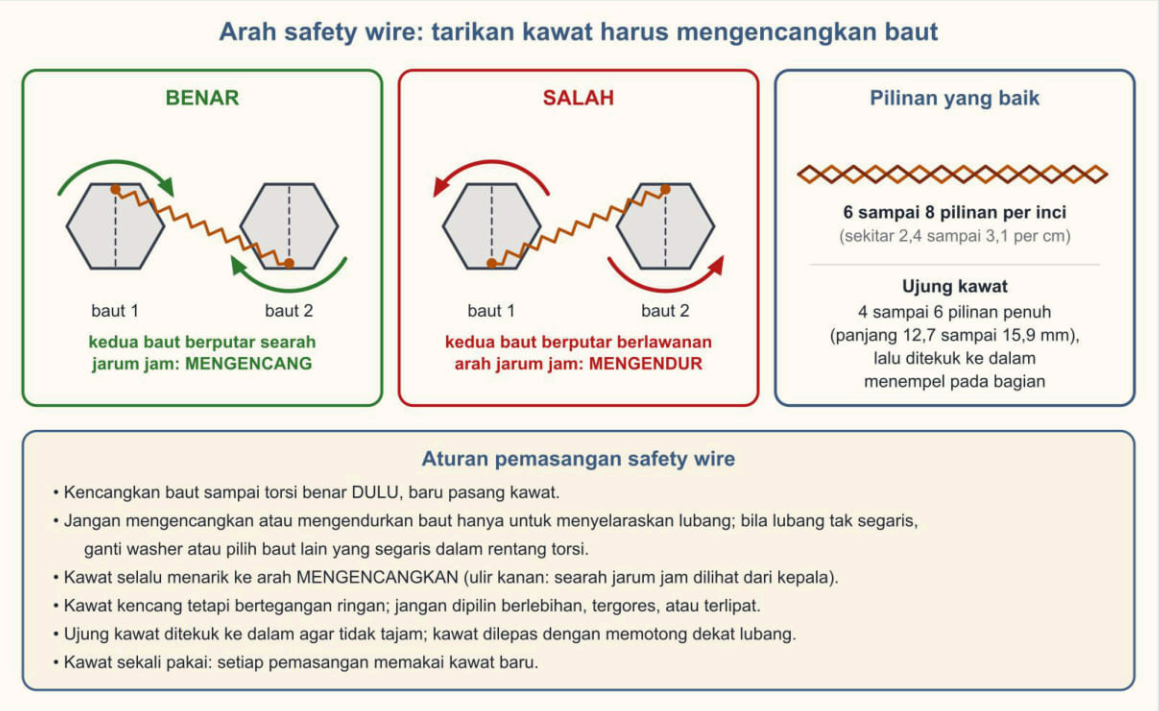
Getaran dapat mengendurkan baut walaupun torsinya benar. Salah satu pengunci tertua dan paling andal adalah ***safety wire*** (*lockwire*): kawat yang disambungkan antara dua atau lebih baut sedemikian rupa sehingga **setiap kecenderungan satu baut mengendur ditahan oleh kencangnya kawat**. Kawat dipasang **sesudah** torsi benar, tidak menggantikannya. Pada dasarnya ada tiga cara mencegah pengencang lepas: *safety wire*, pena belah, dan mur kunci-sendiri.

Ada dua metode. **Pilin ganda** (*double twist*) adalah yang paling umum. **Kawat tunggal** dipakai pada baut yang berdekatan dalam pola tertutup seperti segitiga atau lingkaran, atau di tempat yang sulit dijangkau. Kawat biasanya baja tahan karat atau monel; kawat untuk pilin ganda minimal berdiameter **0,032 inci (0,81 mm)** pada lubang yang lebih besar dari 0,045 inci (1,14 mm).

Aturan arah (Gambar 4.12). Baut berulir kanan mengencang bila diputar **searah jarum jam dilihat dari kepalanya**. Kawat harus dipasang sehingga tarikannya **memutar baut ke arah itu**. Tarikan kawat pada satu titik di kepala baut membentuk momen putar, dengan arah ditentukan oleh letak titik itu terhadap pusat baut. Bayangkan baut sebagai jam: menarik titik pukul 12 (atas) ke kanan, atau titik pukul 6 (bawah) ke kiri, berputar searah jarum jam. Menarik titik atas ke kiri atau titik bawah ke kanan berputar berlawanan, yaitu mengendurkan.

Untuk dua baut yang berdampingan secara mendatar dengan kawat di antaranya: baut kiri harus dipasang lewat **lubang atas** (kawat menarik ke kanan, ke arah pasangannya), dan baut kanan lewat **lubang bawah** (kawat menarik ke kiri). Susunan sebaliknya mengendurkan keduanya. Kawat yang lurus segaris dengan pusat baut juga tidak menahan putaran sama sekali karena tidak ada lengan momen. Uji sederhananya: **"apakah kawat ini membuat baut mengencang?"**

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



Gambar 4.12 Safety wire yang benar menarik kedua baut ke arah mengencang; pemasangan sebaliknya mengendurkan. Di kanan: pilinan yang baik dan aturan pemasangan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Aturan pemasangan lainnya:

- Kawat harus **kencang** setelah dipasang, tetapi hanya bertegangan ringan. Dipilin terlalu keras, kawat menipis dan putus saat bergetar.
- Pilinan yang baik kira-kira **6 sampai 8 pilinan per inci** (sekitar 2,4 sampai 3,1 per cm). Pilinan terlalu jarang membuat kawat longgar.
- Ujung kawat menyisakan **4 sampai 6 pilinan penuh** (sekitar 12,7 sampai 15,9 mm), lalu **ditekuk ke dalam** menuju bagian supaya tidak ada ujung tajam yang melukai.
- Kawat tidak boleh tergores, terlipat, atau tergencet. Saat melepas, **kawat dipotong dekat lubang**, tidak dipilin sampai putus.
- Jangan mengencangkan atau mengendurkan baut yang sudah benar hanya demi menyejajarkan lubang. Bila lubang tidak segaris dalam rentang torsi, **ganti *washer*** atau pilih baut lain yang lubangnya pas.
- **Safety wire sekali pakai.** Kawat bekas tidak dipasang lagi.
- Untuk peralatan darurat (misalnya tuas pelepas darurat atau pemadam), kadang dipakai kawat tembaga atau kuningan tipis yang sengaja putus; jenis kawatnya mengikuti manual dan tidak boleh menghalangi pengoperasian darurat.

9. Mur bermahkota dan pena belah

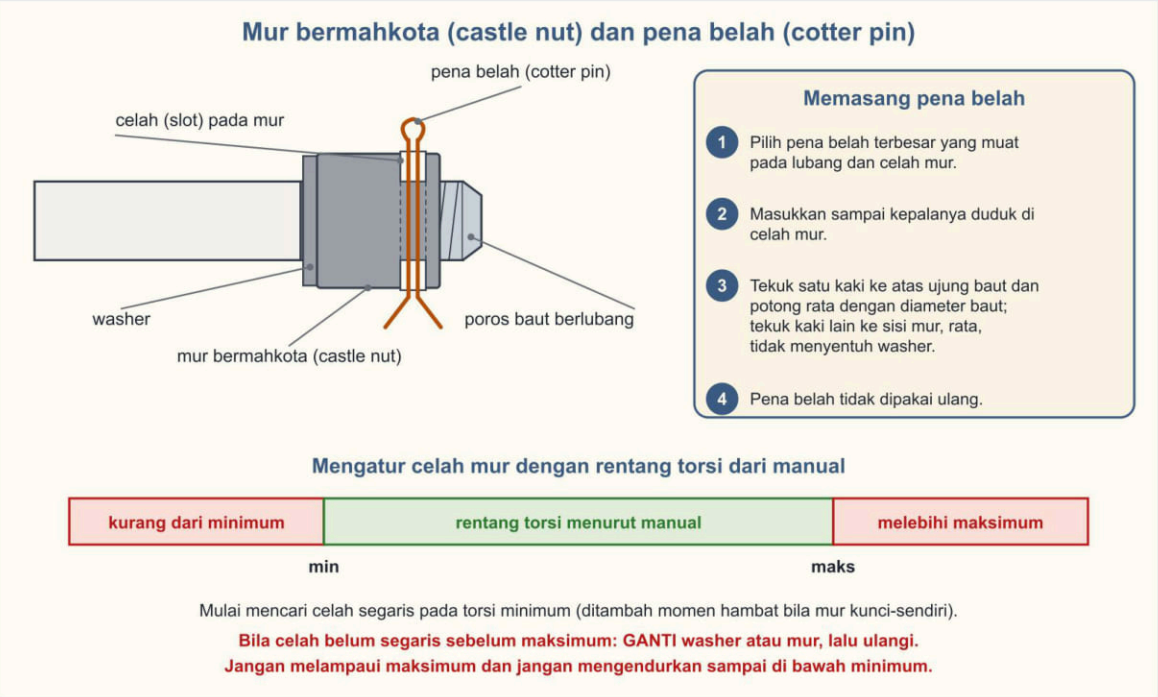
Pena belah (*cotter pin*) adalah pin tipis berbentuk U yang dimasukkan melalui lubang di poros baut dan celah mur bermahkota, lalu kakinya ditekuk. Pena belah dipakai pada kendali pesawat, roda pendarat, dan tempat lain yang terjadi gerak putar atau gerak aktuasi. Aturannya (Gambar 4.13):

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

- Pilih pena belah **terbesar** yang muat pada lubang dan celah.
- Satu kaki ditekuk ke atas **ujung baut** dan dipotong rata sehingga tidak melebihi diameter baut; kaki lain ditekuk ke bawah **rata pada sisi mur**, tidak menyentuh *washer*.
- **Jangan dipakai ulang.** Pena belah tahan karat dipakai bila bahan nonmagnet atau tahan karat diperlukan.

Pada **mur bermahkota**, lubang di baut harus segaris dengan salah satu celah pada mur. Letak lubang tergantung seberapa jauh mur diputar, sehingga pada mur bermahkota selalu muncul pertanyaan: *bagaimana bila belum segaris?* Jawabannya mengikuti aturan torsi:

1. Kencangkan mur pada **torsi minimum** (ditambah momen hambat bila ada) dan lihat apakah lubang segaris dengan celah.
2. Bila belum, kencangkan sedikit demi sedikit **di dalam rentang torsi** sampai segaris.
3. Bila sampai torsi maksimum belum segaris, **ganti *washer* atau murnya**, lalu ulangi. Kamu **tidak boleh melampaui torsi maksimum** dan tidak boleh mengendurkan sampai di bawah minimum hanya agar pena belah bisa dipasang.



Gambar 4.13 Mur bermahkota dan pena belah, cara memasangnya, serta cara menyelaraskan celah dalam rentang torsi. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Aturan serupa untuk mur bermahkota yang dikunci dengan *safety wire*: kencangkan ke sisi bawah rentang torsi, lalu bila perlu lanjutkan sedikit sampai celah segaris, tidak melewati maksimum.

Pin dan pengunci lain. *Clevis pin* (pin kepala datar, AN392 sampai AN406) dipakai pada sambungan kendali sekunder. Pin ini dipasang dengan **kepala di atas atau di depan**, supaya bila pena belahnya gagal, pin tidak langsung lepas. *Spring pin* (pin pegas) mengunci sendiri dengan tekanan pegas dan tidak menggantikan pena belah.

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

▣ CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1: menentukan *grip* dan jumlah *washer*

Pada 2026, Sinta menyambung tiga lapis bahan setebal 4,0 mm, 2,4 mm, dan 1,6 mm. Kartu kerja menyatakan: *grip* tidak boleh lebih pendek daripada tebal bahan, dan kelebihan ditutup *washer* setebal 1,6 mm yang total tingginya paling banyak 3,2 mm. Di rak ada baut sejenis dengan *grip* 7,9 mm, 9,5 mm, 11,1 mm, dan 12,7 mm. Pilih baut dan jumlah *washer*. *(Kasus fiktif.)*

1. **Hitung tebal bahan:** $4{,}0 + 2{,}4 + 1{,}6 = 8{,}0$ mm.
2. **Saring *grip* yang cukup:** *grip* harus ≥ 8,0 mm. Baut 7,9 mm gugur karena lebih pendek (selisih 0,1 mm pun tidak diizinkan: ulir akan ikut berada di lubang).
3. **Hitung kelebihan:** baut 9,5 mm → 1,5 mm; 11,1 mm → 3,1 mm; 12,7 mm → 4,7 mm.
4. **Periksa batas *washer* (≤ 3,2 mm):** 9,5 mm perlu 1 *washer* (1,6 mm), lolos; 11,1 mm perlu 2 *washer* (3,2 mm), lolos tetapi memakai lebih banyak *washer*; 12,7 mm perlu 3 *washer* (4,8 mm), **gugur**.
5. **Pilih yang paling sederhana:** baut ber-*grip* 9,5 mm (3/8 inci) dengan **satu *washer*** di bawah mur.
6. **Periksa akhir:** setelah dikencangkan sedikitnya satu ulir harus menonjol dari mur.

Jawaban: baut ber-*grip* 9,5 mm dengan satu *washer* 1,6 mm. Cek akal sehat: *washer* 1,6 mm hampir sama dengan kelebihan 1,5 mm, sehingga mur duduk pada awal ulir.

Contoh 2: membaca tiga kode baut

Pada 2027, Beni menerima kartu kerja yang menyebut AN6-14A, AN4H6, dan AN3DD7A. Ia diminta menjelaskan ketiganya serta menentukan alat pengunci yang cocok. *(Kasus fiktif.)*

1. **AN6-14A:** diameter 6/16 = ⅜ inci (9,5 mm); panjang "14" berarti 1 inci ditambah 4/8 inci = 1½ inci (38,1 mm); tanpa huruf bahan berarti baja berlapis kadmium; **A** berarti poros tanpa lubang → cocok dengan **mur kunci-sendiri**.
2. **AN4H6:** diameter 4/16 = ¼ inci (6,35 mm); **H** kepala berlubang → dikunci dengan ***safety wire*** lewat kepala; panjang 6/8 = ¾ inci (19,1 mm); tanpa **A** berarti poros berlubang.
3. **AN3DD7A:** diameter 3/16 inci (4,76 mm); **DD** paduan aluminium 2024; panjang 7/8 inci (22,2 mm); **A** poros tanpa lubang.
4. **Periksa batas pemakaian:** baut aluminium berdiameter di bawah ¼ inci **tidak boleh dipakai pada struktur utama**, dan tidak dipakai di tempat yang sering dilepas. Jadi AN3DD7A hanya untuk tempat bukan struktur utama.

Jawaban: AN6-14A = baut baja ⅜ inci, 1½ inci, poros tanpa lubang (mur kunci-sendiri); AN4H6 = baut baja ¼ inci, ¾ inci, kepala berlubang (*safety wire*); AN3DD7A = baut aluminium 3/16 inci, 7/8 inci, bukan untuk struktur utama.

Contoh 3: arah *safety wire* dan jumlah pilinan

Pada 2027, Nadia memasang *safety wire* pilin ganda pada dua baut penutup filter yang tersusun **tegak**: baut A di atas, baut B di bawah, jarak pusat ke pusat 45 mm. Kedua baut berulir kanan. Di

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

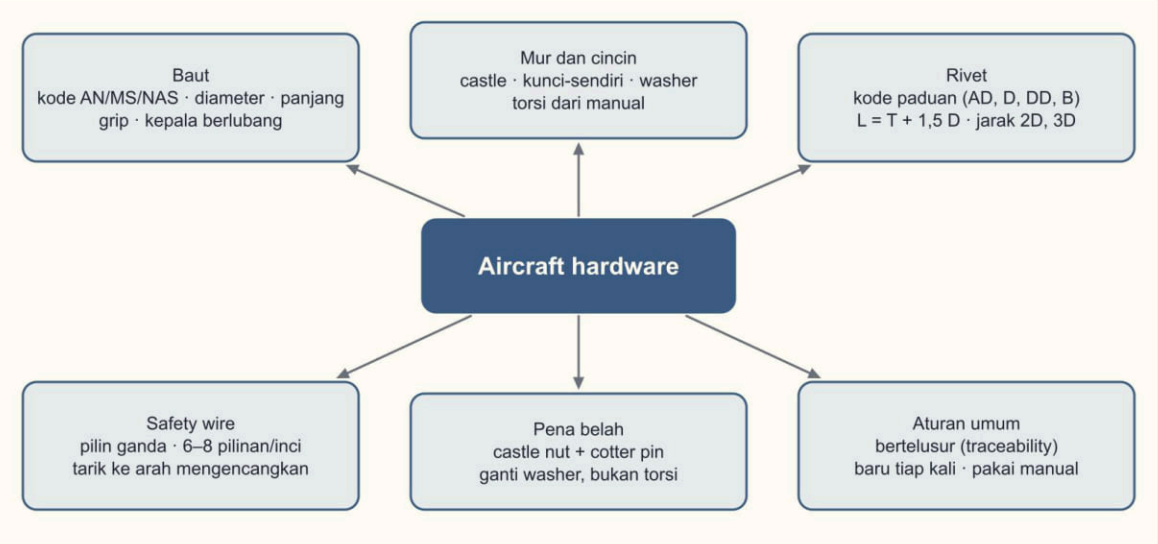
sisi kepala mana lubang kawat harus berada, dan berapa pilinan di antara kedua baut? *(Kasus fiktif.)*

1. **Tentukan arah tarikan.** Kawat di antara baut menarik A ke **bawah** (ke arah B) dan menarik B ke **atas** (ke arah A).
2. **Cari sisi yang membuat putaran searah jarum jam.** Putaran searah jarum jam menggerakkan sisi **kanan** (pukul 3) kepala ke bawah dan sisi **kiri** (pukul 9) ke atas. Jadi untuk A yang ditarik ke bawah, lubang harus di sisi **kanan**; untuk B yang ditarik ke atas, lubang harus di sisi **kiri**.
3. **Periksa dengan uji sederhana:** tarikan ke bawah pada sisi kanan atas, dan tarikan ke atas pada sisi kiri bawah, keduanya membuat baut "righty-tighty" (searah jarum jam) → benar.
4. **Hitung pilinan:** $45\ \text{mm} = 45 \div 25{,}4 = 1{,}77$ inci. Dengan 6 sampai 8 pilinan per inci: $1{,}77 \times 6 \approx 10{,}6$ dan $1{,}77 \times 8 \approx 14{,}2$. Jadi sekitar **11 sampai 14 pilinan**.
5. **Selesaikan:** ujung kawat diberi 4 sampai 6 pilinan penuh, ditekuk ke dalam.

Jawaban: lubang A di sisi kanan, lubang B di sisi kiri; kira-kira 11 sampai 14 pilinan di antara baut. Cek akal sehat: bila lubang dipasang di sisi sebaliknya, kawat menarik baut ke arah mengendur, jadi salah.

❖ PETA KONSEP

Gambar 4.14 merangkum isi sub bab ini.



Gambar 4.14 Peta konsep aircraft hardware. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

Yang harus kamu ingat:

- **Hardware harus bertelusur** dan diganti dengan jenis yang sama. Torsi memakai nilai manual untuk **ukuran poros baut**.
- **Kode baut:** angka setelah AN = diameter dalam keenam belasan inci; angka setelah tanda hubung = panjang dalam seperdelapan inci; **H** kepala berlubang; **A** poros tanpa lubang; **C** tahan karat; **DD** aluminium 2024.
- ***Grip* sama dengan tebal bahan** atau sedikit lebih panjang dengan *washer* (total ≤ 1/8 inci menurut pedoman FAA); *grip* tidak boleh lebih pendek; sedikitnya satu ulir keluar dari mur.
- **Rivet:** $L = T + 1{,}5\,D$; jarak tepi ≥ 2 D, jarak antar-rivet ≥ 3 D (satu baris). AD = 2117-T4 dipasang apa adanya; D dan DD dingin sampai dipasang.
- ***Safety wire* menarik ke arah mengencangkan**, pilin ganda 6 sampai 8 pilinan per inci, sekali pakai.
- **Pena belah:** sekali pakai; celah belum segaris → **ganti *washer* atau mur**, bukan melewati torsi maksimum.

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

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal hardware:

1. **Tulis apa yang ditanyakan:** kode, ukuran, arah kawat, atau tindakan?
2. **Hitung dahulu, baru lihat opsi.** Tebal bahan, kebutuhan *grip*, panjang rivet: selesaikan sendiri, lalu cocokkan.
3. **Untuk soal gambar *safety wire*,** periksa satu baut pada satu waktu: ke mana kawat menariknya, dan sisi kepala mana yang ditarik.
4. **Untuk soal torsi,** cari batas atas dan bawah di soal. Batas manual tidak dinegosiasi.

Jebakan yang sering dipasang:

- ***Washer* dianggap memperpanjang *grip*** padahal ulir tetap berada di dalam lubang.
- **"Paling mendekati tebal bahan"** padahal *grip* itu lebih pendek dari tebal bahan.
- **Kawat rapi dan lurus** dianggap benar. Kawat harus menarik ke arah mengencangkan.
- **Menarik titik yang sama pada dua baut**: baut kedua membutuhkan titik di sisi yang berlawanan.
- **Torsi dilampaui atau dikurangi** supaya lubang pena segaris. Yang diganti adalah *washer* atau mur.
- **Pena belah atau *safety wire* dipakai ulang** karena "masih bagus".
- **Mur kunci-sendiri dipasang pada bagian yang berputar** atau yang sering dilepas.
- **Aluminium kecil di struktur utama** (AN3DD) karena "ringan".
- **Rivet 2024 atau 2017 yang lama di suhu ruang** dipakai begitu saja.

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa menjawab bahwa kawat pada dua baut sudah benar karena "melingkar rapi dan tegang". Ia tidak memeriksa arah tarikannya: kawat yang rapi tetapi menarik baut berlawanan arah jarum jam justru mengendurkan baut.

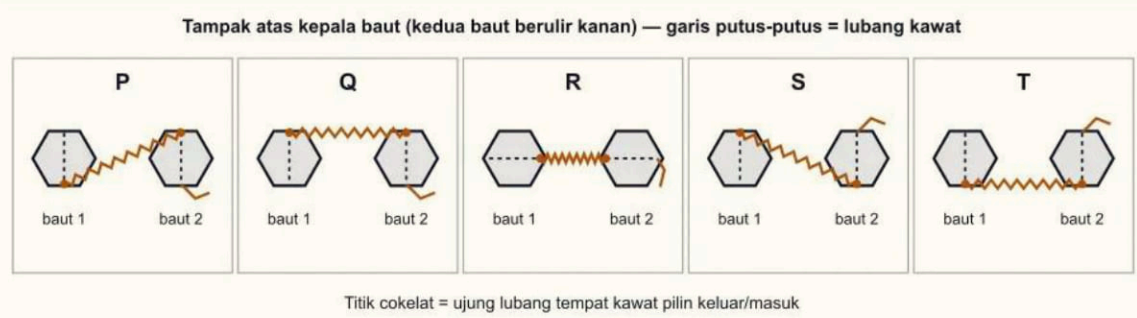
Educational Institutions

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut menyajikan gambar lima pemasangan *safety wire* pada dua baut. Pakai bagian 8 (aturan arah) dan periksa satu baut pada satu waktu.

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

►. Pada praktik 2027 di bengkel sekolah penerbangan, lima kelompok siswa memasang safety wire metode pilin ganda (double twist) pada dua baut kepala heksagonal yang berdekatan di dudukan pompa. Gambar memperlihatkan hasil kelima kelompok dilihat dari atas kepala baut. Instruktur meminta Eka memilih pemasangan yang membuat tarikan kawat cenderung mengencangkan kedua baut sekaligus.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pemasangan yang benar adalah ....



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

Pembahasan **Kunci: D**

Konsep: Safety wire dipasang sehingga tegangan kawat cenderung memutar baut ke arah mengencang. Baut berulir kanan mengencang bila diputar searah jarum jam dilihat dari kepalanya. Kawat yang ditarik melalui titik di luar sumbu baut menghasilkan momen putar; kawat yang segaris dengan pusat baut tidak menghasilkan momen.

Langkah:
1. Baut 1 ditarik ke kanan (ke arah baut 2). Tarikan ke kanan pada ujung ATAS kepala memutar baut searah jarum jam (mengencang).
2. Baut 2 ditarik ke kiri (ke arah baut 1). Tarikan ke kiri pada ujung BAWAH kepala memutar baut searah jarum jam (mengencang).
3. Yang memenuhi keduanya: baut 1 di ujung atas, baut 2 di ujung bawah → pemasangan S.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Jebakan: kebalikan dari S; kedua baut tertarik berlawanan jarum jam (mengendur).
• **B.** ✗ Jebakan: baut 1 mengencang, tetapi baut 2 ditarik pada ujung atas sehingga berputar mengendur.
• **C.** ✗ Jebakan: tampak rapi dan lurus, tetapi tarikan segaris dengan pusat baut tidak menahan baut agar tidak berputar.
• **D.** ✓ Kedua baut tertarik searah jarum jam (mengencang).
• **E.** ✗ Baut 2 mengencang, tetapi baut 1 ditarik pada ujung bawah sehingga mengendur.

Jawaban: D.

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

✎ LATIHAN

Untuk tiap soal, hitung atau tentukan dulu sebelum membaca opsi, lalu cocokkan dengan aturan manual.

1. Pada 2027, Ilyas memasang baut penyambung dua pelat braket dengan tebal total 14,8 mm. Kartu kerja menyatakan panjang grip baut (bagian tanpa ulir) tidak boleh lebih pendek dari tebal bahan, dan kelebihannya paling banyak 1,6 mm yang ditutup washer di bawah mur. Di rak tersedia baut berdiameter sama dengan panjang grip 12,7 mm; 14,3 mm; 15,9 mm; dan 17,5 mm.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pilihan yang tepat adalah ....

A. Grip 12,7 mm; mur dikencangkan lebih kuat agar kedua pelat rapat
B. Grip 14,3 mm; kekurangan 0,5 mm tertutup oleh ketebalan washer
C. Grip 17,5 mm; kelebihannya ditutup dua washer di bawah mur
D. Grip 15,9 mm; kelebihan 1,1 mm ditutup washer di bawah mur
E. Grip 14,3 mm; paling mendekati tebal bahan, tanpa washer

2. Pada 2027, Gita memasang baut engsel dengan mur bermahkota (castellated nut) dan pena belah (cotter pin). Rentang momen menurut manual 120–145 in-lb. Pada 120 in-lb, lubang pena belah di baut belum segaris dengan celah mur; untuk mencapai celah berikutnya diperlukan sekitar 160 in-lb.*(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Tindakan yang tepat adalah ....

A. Mengencangkan sampai 160 in-lb karena pena belah harus dapat dipasang
B. Mengendurkan mur sedikit di bawah 120 in-lb sampai celah segaris
C. Mengganti washer atau mur sesuai manual, lalu mengulang di 120–145 in-lb
D. Mengganti mur bermahkota dengan mur kunci-sendiri agar tak perlu pena belah
E. Mengencangkan sampai 145 in-lb, lalu memakai pena belah yang lebih kecil

Kunci singkat: 1. D 2. C

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

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa *grip* baut tidak boleh lebih pendek daripada tebal bahan, dan apa gunanya *washer* tambahan?
- Bagaimana kamu menentukan bahwa tarikan *safety wire* mengencangkan sebuah baut berulir kanan?
- **Yang harus kuingat:** hardware bertelusur; baut dibaca dari kode (diameter dalam 1/16 inci, panjang dalam 1/8 inci); *grip* ≥ tebal bahan dengan *washer* total ≤ 1/8 inci; rivet $L = T + 1{,}5\,D$; *safety wire* dan pena belah sekali pakai; celah mur tidak diselaraskan dengan melewati torsi maksimum.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 4.2: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktpu&node=SMKTPU-4.2

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

Sub bab 4.3 · Tools equipment: kunci momen, dongkrak, dan peralatan pendukung

SMKTPU-4.3

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu **mengidentifikasi dan menjelaskan macam serta spesifikasi *tools equipment*** yang dipakai pada perawatan dasar. Levelnya aplikasi dan penalaran: kamu diminta memilih alat yang boleh dipakai, menghitung pengaturannya, lalu menilai apakah pemakaiannya sudah benar.

Pola soal yang sering muncul: (1) **memilih kunci momen** dari tabel berisi rentang pakai dan masa kalibrasi; (2) **menghitung** beban per titik dongkrak dan kapasitas dongkrak yang dibutuhkan; (3) **tekanan ban**: menilai hasil ukur terhadap batas tindakan dan koreksi suhu; (4) **peralatan darat**: sumber daya darat (GPU) dan *tow bar*.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan jenis kunci momen dan cara memakainya dengan benar, termasuk kalibrasi dan penyimpanannya;
- menghitung setelan kunci momen bila memakai adaptor;
- menghitung beban per titik dongkrak dan memilih dongkrak yang memenuhi syarat;
- menjelaskan aturan pengisian ban dengan nitrogen, koreksi suhu, serta kontrol dan kalibrasi alat.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Perawatan pesawat tidak boleh bergantung pada perasaan. "Sudah cukup kencang" bukan ukuran. Karena itu ada alat yang mengubah perasaan menjadi angka: kunci momen untuk kekencangan, pengukur tekanan untuk ban, dongkrak untuk mengangkat pesawat dengan aman. Alat-alat itu hanya memberi bukti yang sah bila **dipilih tepat, dipakai benar, dan masih terkalibrasi**. Sub bab ini membahas alat khusus itu.

1. Torsi: gaya dikali jarak

Torsi (*torque*) adalah efek putar sebuah gaya, yaitu gaya dikali jarak tegak lurus dari titik putar:

$$T = F \times d$$

Satuannya bergantung pada sistem: **N·m** (newton meter) dalam SI, serta **in-lb** (inci pound) dan **ft-lb** (kaki pound) dalam satuan Imperial yang dipakai manual pesawat. Mengencangkan baut dengan kunci adalah memberi torsi pada mur. Torsi itu meregangkan baut sedikit sehingga bahan terjepit. Torsi yang kurang membuat sambungan longgar dan cepat aus. Torsi berlebih meregangkan baut sampai rusak atau merusak ulir. Torsi yang benar selalu dari **manual**

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

pabrikan.

Manual sering memakai in-lb, sedangkan kunci di bengkel mungkin berskala N·m, sehingga **konversi satuan** sering dibutuhkan:

Dari	Ke	Faktor
1 in-lb	N·m	0,112985
1 ft-lb (= 12 in-lb)	N·m	1,35582
1 lb gaya	N	4,44822
1 inci	mm	25,4
1 psi	kPa	6,89476

Contohnya, 425 in-lb = 425 × 0,112985 = **48,02 N·m**, 35 N·m = 35 ÷ 0,112985 = **309,8 in-lb** (25,8 ft-lb), dan 120 psi = 120 × 6,89476 = **827,4 kPa**. Cek akal sehat: angka N·m selalu jauh lebih kecil daripada angka in-lb yang sama, sekitar sepersembilan.

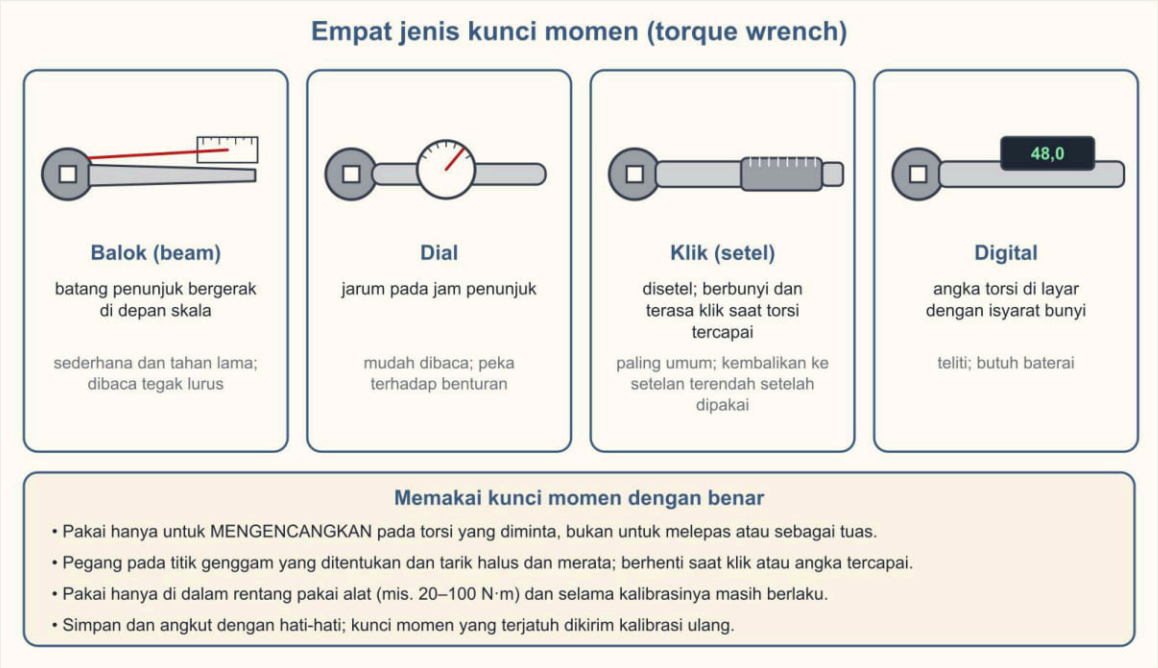
2. Jenis kunci momen dan cara memakainya

Kunci momen (*torque wrench*) adalah kunci yang menunjukkan atau membatasi torsi. Ada empat jenis yang umum (Gambar 4.15):

- **Balok** (*beam*): batang penunjuk bergerak di depan skala.
- **Dial**: jarum pada jam penunjuk.
- **Klik** (setel, *click type* atau *snap-over*): disetel ke nilai tertentu, lalu berbunyi dan terasa klik saat torsi itu tercapai. Ini yang paling umum di bengkel pesawat.
- **Digital**: torsi tampil sebagai angka di layar dengan isyarat bunyi.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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



Gambar 4.15 Empat jenis kunci momen dan aturan memakainya. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

Aturan pemakaian dari pedoman FAA dan praktik bengkel:

1. **Kalibrasi sedikitnya setahun sekali**, dan **segera** setelah kunci jatuh atau disalahgunakan. Kunci yang terjatuh dianggap rusak sampai terbukti sebaliknya.
2. **Ulir bersih dan kering**, kecuali manual menyebut lain, karena minyak mengubah gesekan sehingga torsi yang sama menghasilkan gaya jepit lain.
3. Putar mur sampai hampir menyentuh *washer*, ukur **momen hambat** (*friction drag*), lalu **tambahkan** ke torsi dari manual. Hasilnya adalah **torsi akhir** yang dibaca pada kunci.
4. Bila mungkin, putar **murnya**, bukan baut, supaya baut tidak berputar di lubangnya.
5. Tarik **halus dan merata** pada titik genggam yang ditentukan. Bila terasa menyentak atau bergetar, kendurkan lalu ulangi. Pada kunci klik, **berhenti saat klik**; menarik terus setelah klik berarti torsi lewat.
6. Kunci momen **bukan untuk melepas** baut atau mur, dan bukan tuas. Pelepasan memakai kunci biasa.
7. **Rentang pakai.** Setiap kunci punya rentang torsi yang diizinkan, misalnya 20 sampai 100 N·m. Nilai di bawah atau di atas rentang itu tidak dibaca dengan teliti, sehingga kunci itu **tidak dipakai** di luar rentangnya, sekalipun kalibrasinya berlaku.
8. **Penyimpanan.** Kunci klik umumnya dikembalikan ke setelan terendah setelah dipakai dan disimpan dalam kotaknya sesuai petunjuk pabrikan, supaya pegasnya tidak lelah.

3. Adaptor kunci momen

Kadang ruang sempit memaksa pemakaian **adaptor** (*extension* atau *crowfoot*) yang dipasang di penggerak kunci. Adaptor yang sejajar dengan kunci **menambah panjang tuas**, sehingga torsi di baut berubah walaupun kunci menunjukkan angka yang sama. Karena itu angka setelan harus dikoreksi.

Lambang yang dipakai (Gambar 4.16): T torsi yang sebenarnya dikehendaki pada baut, Y angka yang disetel atau dibaca pada kunci, L panjang efektif kunci (dari pusat penggerak kunci sampai titik genggam), dan E panjang efektif adaptor (dari pusat penggerak kunci sampai pusat penggerak adaptor).

Asal rumusnya. Tangan memberi gaya F pada titik genggam. Kunci menunjukkan $Y = F \times L$. Karena adaptor sejajar, torsi di baut sebenarnya $T = F \times (L + E)$. Dari persamaan kedua $F = T/(L + E)$, sehingga:

$$Y = \frac{T \times L}{L + E}$$

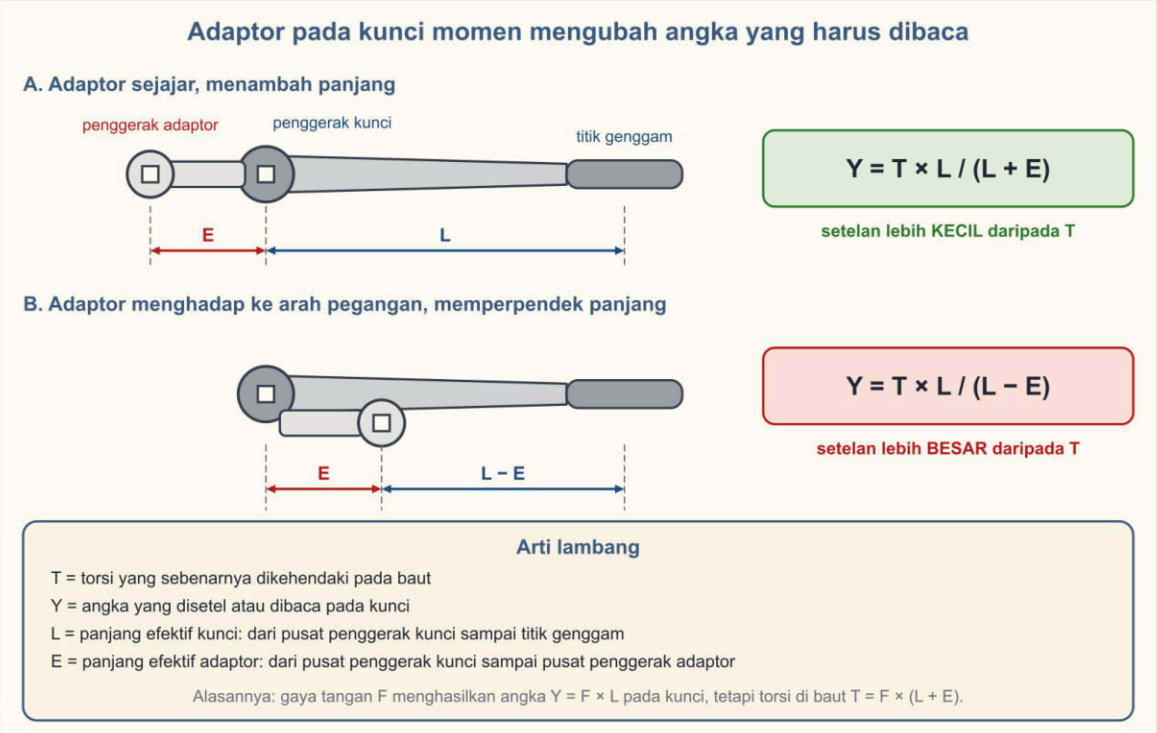
Bila adaptor sejajar menambah panjang, angka yang disetel **lebih kecil** daripada torsi yang diminta. Bila adaptor menghadap ke arah pegangan sehingga memperpendek tuas, panjang efektifnya menjadi $L - E$, dan:

$$Y = \frac{T \times L}{L - E}$$

yaitu angka setelan **lebih besar** daripada T. Pedoman FAA memuat contoh: $T = 135$ in-lb, $L = 10$ in, $E = 1{,}5$ in. Adaptor sejajar memberi $Y = 135 \times 10 \div 11{,}5 = 117$ in-lb,

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

sedangkan adaptor menghadap pegangan memberi $Y = 135 \times 10 \div 8{,}5 = 159$ in-lb. Bila adaptor dipasang tegak lurus terhadap kunci sehingga panjang efektifnya tidak berubah, tidak diperlukan koreksi; selalu ikuti manual alat.



Gambar 4.16 Adaptor sejajar dan adaptor menghadap pegangan, beserta rumus koreksi setelannya. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Bila baut memiliki momen hambat, hitung dahulu torsi akhir (torsi dari manual ditambah momen hambat), lalu koreksi dengan rumus adaptor. Angka setelan yang dihasilkan tetap harus berada di dalam rentang pakai kunci.

4. Dongkrak

Pesawat didongkrak untuk menguji roda pendarat, mengganti roda, atau mengakses bagian bawah. **Dongkrak pesawat** (*aircraft jack*) mengangkat pesawat pada **titik dongkrak** (*jacking point*), yaitu titik struktur yang sudah dirancang kuat untuk menanggung beban terpusat (Gambar 4.17). Aturan utamanya:

1. **Hanya pada titik yang ditetapkan manual.** Pedoman FAA menegaskan bahwa dongkrak selalu dipasang di bawah titik yang ditentukan. Pada banyak pesawat, tiang roda pendarat juga mempunyai titik dongkrak dan *towing lug*.
2. **Berat total** dihitung menurut keadaan pesawat yang disebut manual: berat kosong, bahan bakar, dan perlengkapan di dalamnya.
3. **Beban per titik** = persentase titik itu × berat total. Persentase titik dari manual (atau dari penimbangan); jumlah semua beban titik sama dengan berat total.
4. **Kapasitas dongkrak** harus **lebih besar** daripada beban titik dikali **faktor keamanan** dari manual. Setiap dongkrak diperiksa sendiri-sendiri, tidak digabung.
5. **Kunci mekanis** (*locking collar* atau *safety nut*) dipasang setelah pesawat naik. Pesawat tidak

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

boleh ditopang oleh tekanan hidraulik dongkrak saja saat ada orang bekerja di bawahnya.

6. **Naik dan turun bersamaan** dan seimbang, dengan kecepatan yang sama, agar dongkrak tidak miring (*cocking*).
7. **Tidak ada orang atau barang** di dalam pesawat. Area dibatasi tali dan rambu. Pekerjaan dilakukan di hanggar dengan lantai kuat dan rata, bebas angin.



Gambar 4.17 Titik dongkrak pada pesawat contoh dan aturan mendongkrak. Persentase beban hanyalah contoh. 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. Peralatan pendukung di darat

Peralatan pendukung darat (*ground support equipment*) meliputi beberapa hal yang sering muncul:

- **Sumber daya darat** (*Ground Power Unit*, GPU): menyediakan listrik dari luar supaya baterai pesawat tidak terkuras saat pengujian atau menghidupkan mesin. GPU harus cocok dengan pesawat dalam **jenis arus dan tegangan** (misalnya arus searah 28 V atau arus bolak-balik 115 V 400 Hz), **mampu memberi arus** yang dibutuhkan, dan tidak melebihi **batas arus** menurut manual. Sistem pesawat dapat rusak bila salah jenis atau berlebih.
- ***Tow bar*:** batang tarik untuk menggerakkan pesawat. Ia dipasang **hanya pada *towing lug*** yang disediakan di roda hidung. Nose wheel tidak boleh diputar melewati **garis batas belok** yang tertera pada struktur. Banyak *tow bar* memakai ***shear pin*** yang sengaja dibuat putus pada gaya tertentu sehingga roda hidung dan dudukannya terlindungi. Pin pengganti harus sesuai nomor komponen, tidak boleh diganti baut biasa yang lebih kuat.
- **Ganjal roda** (*wheel chock*) dan tali pengikat: mencegah pesawat bergerak saat tidak dalam penarikan.

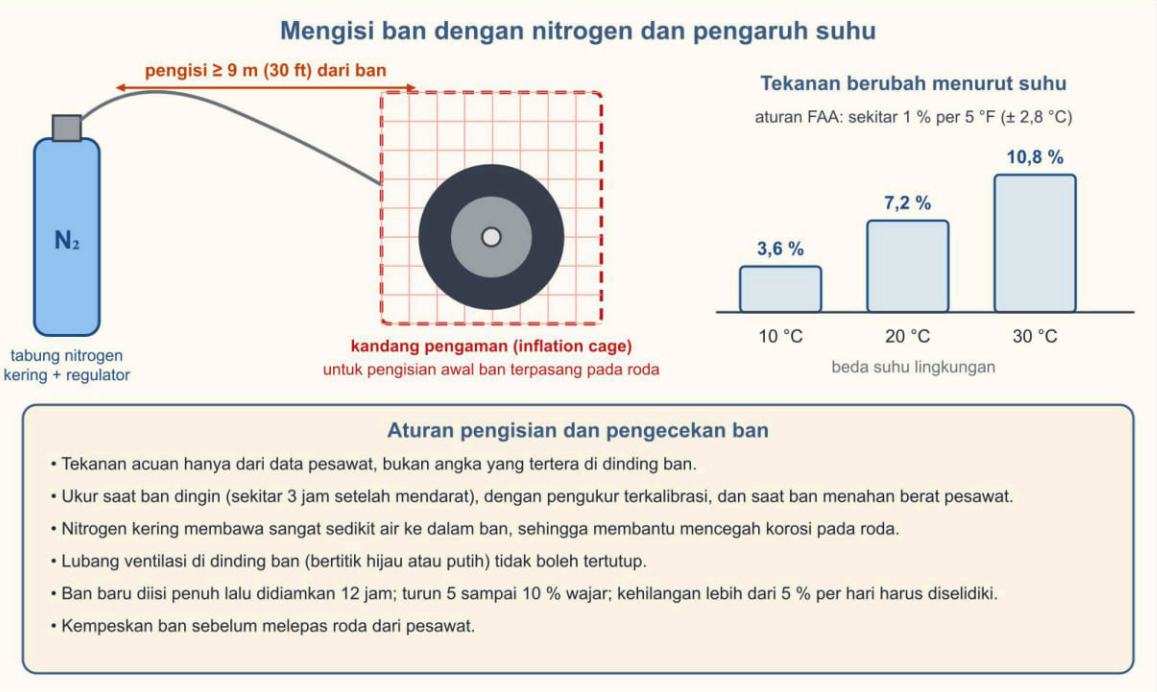
6. Ban pesawat dan nitrogen

Ban pesawat menahan hantaman pendaratan, sehingga **tekanannya sangat menentukan**. Ban yang kurang angin menekuk berlebihan, panas, dan dapat gagal saat mendarat. Aturannya (Gambar 4.18):

- **Tekanan acuan hanya dari data pesawat**, bukan dari angka yang tertera di dinding ban atau dari penampilan ban.
- Tekanan **diukur saat ban sudah dingin**, kira-kira **3 jam** setelah pendaratan biasa, dengan **pengukur terkalibrasi** (dial atau digital). Pengukuran dilakukan **saat ban menahan berat pesawat**: ukuran saat tidak terbebani lebih rendah karena volume udara lebih besar, bisa berbeda sampai sekitar 4 persen. Pada ban berisi 160 psi, selisih itu dapat mencapai 6,4 psi.
- **Pengaruh suhu.** Tekanan berubah kira-kira **1 persen untuk setiap 5 °F** (sekitar **2,8 °C**) perubahan suhu. Pesawat yang berpindah dari tempat 100 °F ke tempat 50 °F kehilangan sekitar 10 persen tekanan, sehingga ban perlu diisi lebih dahulu (tidak melewati batas manual) agar tidak kurang angin saat mendarat. Prinsip fisikanya: untuk gas dalam volume tetap, tekanan mutlak berbanding lurus dengan suhu mutlak.
- **Nitrogen kering** sering dipakai untuk mengisi ban karena membawa sangat sedikit air, sehingga membantu mencegah korosi pada roda.
- **Pengisian awal** ban baru dilakukan dalam **kandang pengaman** (*inflation cage*), dengan pengatur tekanan dari jarak aman, **sedikitnya sekitar 9 m (30 ft)**, karena roda atau ban yang gagal bisa meledak. Udara atau nitrogen dimasukkan **bertahap**.
- **Lubang ventilasi** kecil di dinding ban, biasanya bertitik cat hijau atau putih, melepas gas yang meresap melalui karkas. **Jangan ditutup.**
- Ban yang baru diisi penuh didiamkan **12 jam** tanpa beban; penurunan tekanan 5 sampai 10 persen wajar. Setelah diisi lagi, kehilangan **lebih dari 5 persen per hari** harus diselidiki.

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

- **Kempeskan ban** sebelum melepas roda dari pesawat. Ban atau roda yang rusak atau terlalu panas didekati dari arah bahu ban setelah dingin dan dianggap dapat meledak.



Gambar 4.18 Pengisian ban dengan nitrogen, jarak aman, dan perubahan tekanan menurut suhu. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Manual juga memberi **batas tindakan** untuk ban: bila tekanan hanya kurang sedikit dari nominal, ban diisi; bila lebih banyak, ban diperiksa atau dilepas. Persentase kekurangan dihitung dengan:

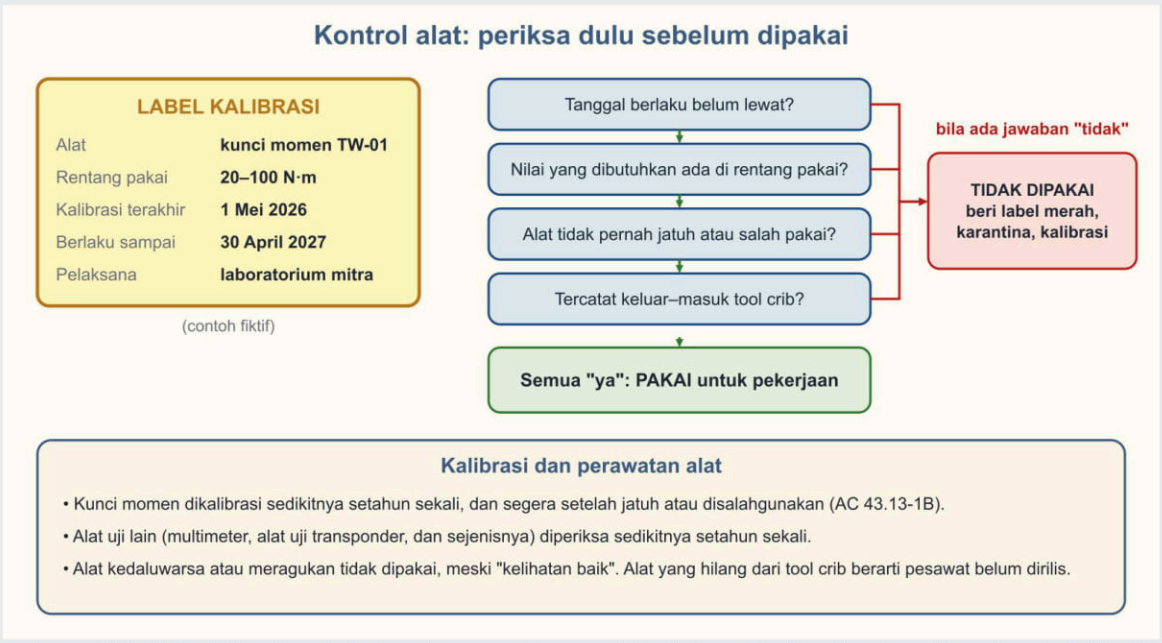
$$\text{kekurangan} = \frac{\text{nominal} - \text{terukur}}{\text{nominal}} \times 100\%$$

7. Kontrol dan kalibrasi alat

Alat ukur dan alat torsi hanya dapat dipercaya bila **terbukti akurat**. Prosesnya disebut **kalibrasi**: alat dibandingkan dengan standar yang lebih teliti, dan hasilnya dicatat pada **label kalibrasi** yang memuat tanggal terakhir, tanggal berlaku sampai, dan rentang pakai. Pedoman FAA menyebut kunci momen dikalibrasi sedikitnya **setahun sekali**, dan alat uji (misalnya multimeter atau alat uji transponder) juga diperiksa sedikitnya setahun sekali. Alat yang terjatuh atau disalahgunakan dikalibrasi ulang segera.

Sebelum dipakai, empat hal diperiksa (Gambar 4.19): tanggal berlaku **belum lewat** pada hari pekerjaan, nilai yang dibutuhkan **berada dalam rentang pakai**, alat **tidak pernah jatuh atau salah pakai**, dan pengambilan alat **tercatat** di *tool crib*. Satu saja yang tidak terpenuhi: alat diberi label merah, dikarantina, dan dikirim kalibrasi. Alat yang kedaluwarsa tidak dipakai walau "tampak baik", karena kerusakan akurasi tidak terlihat. Sub bab 1.1 menjelaskan **kontrol alat** di *tool crib*; alat yang belum kembali berarti pesawat belum dirilis.

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



Gambar 4.19 Label kalibrasi contoh dan alur pemeriksaan alat sebelum dipakai. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1: setelan kunci momen dengan adaptor

Pada 2026, Dewi harus mengencangkan mur fitting pada **425 in-lb** menurut kartu kerja. Kunci klik di tool crib berskala N·m, panjang efektif $L = 0{,}25$ m. Ia memasang adaptor yang sejajar dengan kunci, panjang efektif $E = 0{,}04$ m. Hitung angka yang harus disetel, lalu bandingkan bila adaptor menghadap pegangan. *(Kasus fiktif.)*

1. **Samakan satuan:** $425 \times 0{,}112985 = 48{,}02$ N·m, jadi $T = 48{,}02$ N·m.
2. **Pilih rumus:** adaptor sejajar menambah panjang → $Y = \dfrac{T \times L}{L + E}$.
3. **Hitung:** $Y = \dfrac{48{,}02 \times 0{,}25}{0{,}25 + 0{,}04} = \dfrac{12{,}005}{0{,}29} = 41{,}40$ N·m.
4. **Cek rentang kunci:** 41,40 N·m berada di dalam rentang kunci (20 sampai 100 N·m).
5. **Bandingkan** bila adaptor menghadap pegangan: $Y = \dfrac{48{,}02 \times 0{,}25}{0{,}25 - 0{,}04} = \dfrac{12{,}005}{0{,}21} = 57{,}17$ N·m.

Jawaban: setel **41,4 N·m** untuk adaptor sejajar (atau 57,2 N·m untuk adaptor menghadap pegangan). Cek akal sehat: adaptor sejajar memperpanjang tuas, sehingga gaya yang sama memberi torsi lebih besar, jadi setelannya harus lebih kecil daripada 48,02; adaptor menghadap pegangan memperpendek tuas, jadi setelannya lebih besar.

Contoh 2: beban per titik dongkrak

Pada 2027, bengkel akan mendongkrak pesawat latih bermesin tunggal dengan roda tiga. Berat kosong 1.150 kg, ditambah 60 kg bahan bakar. Kartu kerja menyatakan beban titik: hidung 22

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

persen, sayap kiri 39 persen, sayap kanan 39 persen, dan kapasitas dongkrak harus minimal 1,5 kali beban titik. Tersedia satu dongkrak 500 kg, dua dongkrak 750 kg, dan dua dongkrak 1.000 kg. Pilih dongkrak untuk tiap titik. *(Kasus fiktif.)*

1. **Hitung berat total:** $1.150 + 60 = 1.210$ kg.
2. **Hitung beban tiap titik:** hidung $0{,}22 \times 1.210 = 266{,}2$ kg; sayap kiri $0{,}39 \times 1.210 = 471{,}9$ kg; sayap kanan 471,9 kg. Cek: $266{,}2 + 471{,}9 + 471{,}9 = 1.210$ kg, sama dengan berat total.
3. **Kalikan faktor keamanan 1,5:** hidung $266{,}2 \times 1{,}5 = 399{,}3$ kg; tiap sayap $471{,}9 \times 1{,}5 = 707{,}9$ kg.
4. **Pilih dongkrak:** hidung memerlukan ≥ 399,3 kg, dongkrak **500 kg** memenuhi. Tiap sayap memerlukan ≥ 707,9 kg, dongkrak **750 kg** memenuhi (750 > 707,9).
5. **Periksa ketersediaan:** satu dongkrak 500 kg dan dua dongkrak 750 kg tersedia.

Jawaban: hidung memakai dongkrak 500 kg, sayap kiri dan kanan masing-masing dongkrak 750 kg (dongkrak 1.000 kg juga memenuhi, tetapi tidak perlu). Cek akal sehat: sayap menanggung lebih banyak karena persentasenya lebih besar; hasilnya tetap harus diperiksa ulang bila bahan bakar atau perlengkapan berubah.

Contoh 3: koreksi tekanan ban terhadap suhu

Pada 2027, tabel pabrikan menyatakan tekanan ban utama harus **120 psi pada suhu 15 °C**. Pesawat latih itu akan terbang dari kota bersuhu 35 °C ke landasan bersuhu 15 °C. Ban diperiksa dalam keadaan dingin dan menahan berat pesawat di kota asal (35 °C). Berapa pembacaan yang harus dipasang di 35 °C agar ban memenuhi 120 psi saat dingin di 15 °C? Batas atas manual 135 psi. *(Kasus fiktif.)*

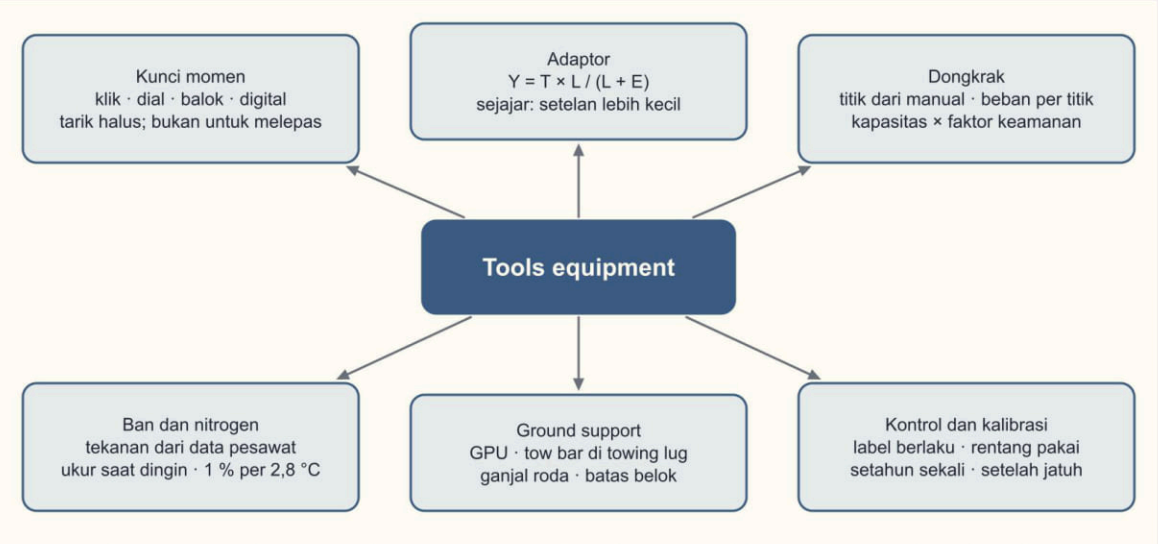
1. **Hitung beda suhu:** $35 - 15 = 20$ °C.
2. **Ubah aturan FAA ke °C:** 1 persen per 5 °F; 5 °F = $5 \times \frac{5}{9} = 2{,}78$ °C. Jadi beda 20 °C setara $20 \div 2{,}78 = 7{,}2$ persen.
3. **Hitung koreksi:** $120 \times 0{,}072 = 8{,}6$ psi. Tekanan di 35 °C yang akan menjadi 120 psi di 15 °C: $120 + 8{,}6 = 128{,}6$ psi.
4. **Cek batas manual:** 128,6 psi di bawah batas atas 135 psi.
5. **Cek dengan hukum gas** (tekanan mutlak, suhu mutlak): $(120 + 14{,}7) \times \dfrac{308{,}15}{288{,}15} - 14{,}7 = 129{,}3$ psi. Selisih dengan aturan praktis hanya 0,7 psi (kurang dari 1 persen).
6. **Ubah ke kPa bila perlu:** $128{,}6 \times 6{,}89476 = 886{,}7$ kPa.

Jawaban: pasang sekitar **128,6 psi** (886,7 kPa) di 35 °C. Cek akal sehat: ban yang hangat bertekanan lebih tinggi, jadi pembacaan di tempat panas harus lebih tinggi daripada acuan di tempat sejuk. Nilai pastinya mengikuti tabel atau grafik pabrikan.

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

❖ PETA KONSEP

Gambar 4.20 merangkum isi sub bab ini.



Gambar 4.20 Peta konsep tools equipment. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Yang harus kamu ingat:

- **Torsi = gaya × jarak.** Konversi: 1 in-lb = 0,113 N·m; 1 psi = 6,895 kPa; 1 inci = 25,4 mm.
- **Kunci momen** hanya untuk mengencangkan; **kalibrasi** sedikitnya setahun sekali dan setelah jatuh; pakai di dalam **rentang pakai** dan dengan kalibrasi berlaku.
- **Adaptor sejajar:** $Y = TL/(L + E)$ (setelan lebih kecil); adaptor menghadap pegangan: $Y = TL/(L - E)$ (setelan lebih besar).
- **Dongkrak:** titik dari manual; beban titik = persen × berat total; kapasitas ≥ beban × faktor keamanan; kunci mekanis; tak ada orang di dalam pesawat.
- **Ban:** tekanan dari data pesawat, ukur saat dingin dan menahan beban; sekitar **1 persen per 2,8 °C**; nitrogen kering; pengisian awal di kandang pengaman dari jarak aman.
- ***Tow bar*** hanya pada *towing lug*; ***shear pin*** sengaja putus dan diganti dengan yang sesuai.

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

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal alat dan peralatan:

1. **Tulis yang ditanyakan:** memilih alat, menghitung setelan, atau menilai tindakan?
2. **Cek dua syarat alat sekaligus:** nilai ada di rentang pakai **dan** kalibrasi berlaku pada tanggal kerja.
3. **Samakan satuan sebelum menghitung**, lalu hitung tiap titik atau tiap alat sendiri-sendiri.
4. **Periksa arah koreksi:** bertambah panjang berarti setelan lebih kecil; bertambah suhu berarti tekanan lebih tinggi.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Kunci yang paling "pas" di tengah rentangnya** dipilih padahal kalibrasinya sudah kedaluwarsa sehari sebelum pekerjaan.
- **Kalibrasi berlaku tetapi nilai di luar rentang pakai**: kunci tetap tidak boleh dipakai.
- **Adaptor sejajar tanpa koreksi**: baut menjadi terlalu kencang.
- **Rumus adaptor terbalik** (membagi dengan $L - E$ untuk adaptor sejajar).
- **Faktor keamanan dongkrak dilupakan**, atau kapasitas dongkrak hanya dibandingkan dengan beban, tidak dengan beban kali faktor.
- **Persentase kekurangan ban dihitung terhadap tekanan terukur**, bukan terhadap tekanan nominal.
- **Ban diukur saat panas**, atau tekanan diambil dari angka di dinding ban.
- ***Shear pin* diganti baut baja biasa** supaya "tidak putus lagi". Roda hidung justru yang akan rusak.
- **Kunci momen dipakai untuk melepas baut.**

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa menyetel kunci pada 48 N·m, sesuai kartu kerja, padahal ia memasang adaptor sejajar. Torsi yang sebenarnya jadi lebih besar karena tuas lebih panjang. Yang benar adalah mengoreksi setelan dengan rumus adaptor sebelum menarik.

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut meminta memilih dongkrak berdasarkan beban tiap titik dan faktor keamanan. Pakai bagian 4 dan periksa setiap titik sendiri-sendiri.

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

►. Pesawat latih bermesin ganda akan didongkrak di hanggar untuk uji retraksi roda pendarat pada 2027. Manual mencantumkan beban di tiga titik dongkrak dan mewajibkan kapasitas dongkrak minimal 1,5 kali beban di titik itu. Di hanggar tersedia satu dongkrak 1 ton, dua dongkrak 2 ton, dan dua dongkrak 3 ton.

Titik dongkrak	Beban (kg)
Hidung (nose)	600
Sayap kiri	1.700
Sayap kanan	1.700

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

Susunan dongkrak yang memenuhi manual adalah ....

A. 1 ton di hidung, 2 ton di sayap kiri, 2 ton di sayap kanan
B. 3 ton di hidung, 3 ton di sayap kiri, 2 ton di sayap kanan
C. 1 ton di hidung, 3 ton di sayap kiri, 3 ton di sayap kanan
D. 2 ton di hidung, 2 ton di sayap kiri, 3 ton di sayap kanan
E. 1 ton di hidung, 3 ton di sayap kiri, 2 ton di sayap kanan

Pembahasan **Kunci: C**

Konsep: Kapasitas dongkrak harus lebih besar dari beban di titiknya dengan faktor keamanan dari manual. Setiap titik diperiksa sendiri-sendiri.

Langkah:

1. Hidung: 1,5 × 600 = 900 kg → dongkrak 1 ton (1.000 kg) memenuhi.
2. Setiap sayap: 1,5 × 1.700 = 2.550 kg → perlu dongkrak 3 ton.
3. Tersedia dua dongkrak 3 ton → satu untuk tiap sayap.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: 2 ton memang lebih besar dari 1.700 kg, tetapi faktor 1,5 dilupakan (perlu 2.550 kg).
- **B.** ✗ Sayap kanan hanya 2 ton; lagi pula hanya ada dua dongkrak 3 ton.
- **C.** ✓ Semua titik memenuhi kapasitas minimum dan sesuai dongkrak yang tersedia.
- **D.** ✗ Sayap kiri hanya 2 ton, kurang dari 2.550 kg.
- **E.** ✗ Jebakan: hidung dan sayap kiri benar, tetapi sayap kanan 2 ton tidak memenuhi.

Jawaban: C.

✎ LATIHAN

Untuk soal berikut, periksa dua syarat alat untuk setiap pilihan sebelum memutuskan.

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

1. Pada 10 Maret 2027, Yanto harus mengencangkan baut dudukan pompa hidraulik pesawat latih dengan momen 35 N·m. Bengkel menetapkan kunci momen hanya dipakai di dalam rentang pakai yang diizinkan dan dengan kalibrasi yang masih berlaku. Daftar kunci momen di tool crib disajikan pada tabel.

Kode	Rentang pakai diizinkan	Kalibrasi berlaku sampai
TW-01	20–100 N·m	30 April 2027
TW-02	5–25 N·m	15 Juni 2027
TW-03	40–200 N·m	20 Mei 2027
TW-04	10–50 N·m	9 Maret 2027
TW-05	50–250 N·m	30 Agustus 2027

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

Kunci momen yang boleh dipakai Yanto adalah ....

A. TW-01
B. TW-02
C. TW-03
D. TW-04
E. TW-05

Kunci singkat: 1. A

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa pemakaian adaptor yang sejajar menuntut angka setelan yang lebih kecil daripada torsi yang diminta?
- Dua syarat apa yang harus dipenuhi sebuah kunci momen sebelum boleh dipakai pada suatu pekerjaan?
- **Yang harus kuingat:** kunci momen hanya untuk mengencangkan dan dikalibrasi sedikitnya setahun sekali; $Y = TL/(L + E)$ untuk adaptor sejajar; beban titik dongkrak dikali faktor keamanan; tekanan ban diukur saat dingin dan berubah sekitar 1 persen per 2,8 °C; shear pin tidak diganti baut biasa.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 4.3: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktpu&node=SMKTPU-4.3

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

Kuis Akhir Bab 4

SMKTPU-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-smktpu&node=SMKTPU-KB4

1. Pada 2027, AMO sebuah sekolah penerbangan membuat dinding api (*firewall*) pengganti yang memisahkan ruang mesin piston dari kokpit pesawat latih. Dinding itu harus tahan panas dan tidak ikut terbakar bila terjadi api di ruang mesin. Tersedia lembaran baja tahan karat, paduan magnesium, aluminium 2024, kayu lapis, dan serat kaca epoksi.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Bahan yang paling tepat untuk dinding api itu adalah ....

A. Lembaran baja tahan karat, karena tahan panas tinggi dan tidak ikut terbakar
B. Paduan magnesium, karena paling ringan sehingga mudah dibentuk menjadi dinding
C. Aluminium 2024, karena kuat dan tidak mengalami korosi sama sekali di ruang mesin
D. Kayu lapis, karena tebal sehingga memperlambat api merambat ke arah kokpit
E. Serat kaca epoksi, karena tidak menghantar listrik dan tahan terhadap benturan

2. Pada 2027, gudang sebuah AMO menerima kotak rivet berlabel "AN470AD4-6". Wawan, siswa magang, ingin mengetahui apa arti huruf "AD" pada kode itu sebelum memasukkannya ke rak.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Arti huruf "AD" yang paling tepat adalah ....

A. Kepala rivet berbentuk benam (countersunk)
B. Panjang batang rivet adalah 4/16 inci
C. Bahan rivet berupa paduan aluminium 2117
D. Kepala rivet berbentuk bundar (universal)
E. Rivet termasuk jenis rivet buta (blind rivet)

3. Pada 2027, di hanggar pesisir sebuah sekolah penerbangan, teknisi menemukan bubuk putih keabuan di sekitar kepala baut baja tahan karat pada panel aluminium pesawat latih. Cat di sekitar baut mengelupas dan permukaan panel di bawah kepala baut tampak berlubang halus.

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

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

A. Korosi galvanik pada baut baja; dicegah dengan menambah cat tipis di atas kepala baut
B. Korosi galvanik pada aluminium; dicegah dengan memisahkan kedua logam memakai sealant atau pelapis
C. Korosi akibat panas berlebih; dicegah dengan mengganti baut dengan baut yang lebih panjang
D. Korosi tegangan akibat baut kendur; dicegah dengan menambah torsi sampai kepala baut menekan panel
E. Karat dari baut yang menetes ke panel; dicegah dengan menyemprotkan oli ke seluruh kepala baut

4. Pada 2027, gudang sebuah AMO menerima kiriman baut standar penerbangan. Pada kartu pemasok tertulis kode "AN4-12A" seperti pada gambar. Kepala baut berbentuk heksagon dan batangnya tidak tampak berlubang. Menurut sistem kode: angka setelah AN menyatakan diameter dalam kelipatan 1/16 inci; angka sesudah tanda hubung menyatakan panjang (angka depan = inci penuh, angka belakang = kelipatan 1/8 inci); huruf A menandai batang tanpa lubang.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tafsiran kode yang tepat adalah ....

Baut dengan kode yang tertera pada kartu pemasok



AN4-12A

Pada batang tidak tampak lubang apa pun.

A. Diameter 1/4 inci, panjang 1 1/4 inci, dan batang tanpa lubang
B. Diameter 4 mm, panjang 12 mm, dan batang berlubang untuk pena belah
C. Diameter 1/4 inci, panjang 12 mm, dan batang berlubang untuk pena belah
D. Diameter 1/4 inci, panjang 1 1/2 inci, dan batang tanpa lubang
E. Diameter 1/8 inci, panjang 1 1/4 inci, dan batang berlubang untuk pena belah

5. Pada 2027, bengkel sebuah sekolah penerbangan di dekat pantai memperbaiki sambungan pada panel aluminium pesawat latih. Teknisi memilih jenis pengikat (rivet dan baut) dan pelapis yang akan dipakai, dengan memperhitungkan kemungkinan korosi galvanik karena

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

udara pantai yang lembap dan berkadar garam.
(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. Rivet aluminium pada panel aluminium mengurangi risiko korosi galvanik karena kedua logam sejenis
☐ B. Baut baja berlapis kadmium yang diberi sealant dapat dipakai pada aluminium dengan risiko lebih kecil
☐ C. Baut tembaga paling baik dipakai pada aluminium karena tembaga tidak berkarat di udara pantai
☐ D. Sealant dan pelapis tidak berguna karena air garam tetap dapat menembus ke semua celah sambungan
☐ E. Logam yang berjauhan dalam deret galvanik mempercepat korosi logam yang lebih anodik bila bersentuhan dalam lembap

6. Pada 2027, saat inspeksi, teknisi menemukan karat cokelat ringan pada sebuah braket baja di bawah lantai kabin pesawat latih. Di dekat braket itu ada jejak rembesan dari selang pendingin kabin yang pernah bocor.
(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. Menghilangkan karat dengan sikat kawat baja kasar dan mengamplas dalam-dalam sampai logam tipis
☐ B. Menghilangkan hasil korosi seperlunya dengan bahan abrasif halus sesuai petunjuk manual
☐ C. Membersihkan dan mengeringkan area, lalu memberi pelapis dasar (primer) pencegah korosi
☐ D. Mengecat karat langsung tanpa membersihkan agar pekerjaan cepat selesai sebelum jadwal terbang
☐ E. Memeriksa sumber rembesan dan memperbaikinya supaya kelembapan tidak membuat korosi muncul lagi

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

7. Pada 2027, sebuah sekolah penerbangan menyiapkan braket pada struktur sayap pesawat latih. Suhu kerja normal, tidak ada kontak dengan komposit, dan bobot harus ditekan. Karena biaya, hanya dua paduan aluminium (P dan Q) yang dipertimbangkan, tetapi perancang juga ingin mengetahui bahan lain sebagai pembanding. Kekuatan spesifik = kekuatan tarik ÷ massa jenis.

Bahan	Kekuatan tarik (MPa)	Massa jenis (g/cm^3)
P: paduan aluminium A	480	2,8
Q: paduan aluminium B	570	2,8
R: baja paduan	670	7,8
S: titanium	950	4,4

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Bahan yang paling tepat untuk braket itu (dibatasi paduan aluminium) beserta alasannya adalah ....

A. P, karena kekuatan spesifiknya sekitar 171 dan tidak berkarat sama sekali
B. R, karena kekuatan tariknya paling besar di antara paduan aluminium dan baja
C. Q, karena kekuatan spesifiknya sekitar 204, tertinggi di antara paduan aluminium
D. S, karena kekuatan spesifiknya sekitar 216, tertinggi di antara seluruh bahan tabel
E. P dan Q sama baik, karena massa jenisnya sama sehingga kekuatannya tidak perlu dibandingkan

8. Pada 2027, teknisi membersihkan korosi ringan pada panel aluminium berlapis (*alclad*) pesawat latih. Lapisan *alclad* pada panel itu tampak tipis dan tergores di beberapa titik. *(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
Alclad adalah paduan aluminium dengan lapisan aluminium murni di permukaannya yang melindungi inti dari korosi.	○	○
Bila lapisan itu tergores sampai menembus ke inti, inti paduan dapat mulai berkorosi di titik goresan itu.	○	○
Menghilangkan korosi ringan dengan amplas kasar sampai logam mengilap boleh karena lapisan dapat dibuat ulang dengan cat.	○	○

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

9. Pada 2027, Lia memasang pena belah (*cotter pin*) pada mur bermahkota (*castellated nut*) di sebuah sambungan kendali pesawat latih. Mur sudah dikencangkan sesuai momen dan alurnya sejajar dengan lubang baut. Di kotak alat ada pena belah bekas yang sudah pernah dipasang, dan sebuah pena belah baru dengan ukuran yang sesuai lubang.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Cara pemasangan yang paling tepat adalah ....

A. Memasang pena belah bekas yang masih lurus, lalu mengencangkan mur sedikit lagi sesudahnya
B. Memasang pena belah baru seukuran lubang, lalu membuka dan menekuk ujungnya rapat mengikuti mur
C. Memasang pena belah baru dan membiarkan kedua ujungnya tetap lurus supaya mudah dicabut kembali
D. Memasang pena belah baru yang lebih kecil dari lubang agar mudah masuk tanpa perlu dipukul
E. Memasang pena belah baru dan menekuk ujungnya ke atas menjauhi mur agar tidak menyangkut apa pun

10. Pada 2027, Mira memasang *safety wire* metode pilin ganda pada dua baut berkepala heks yang bersebelahan di dudukan filter oli pesawat latih. Sebelumnya, di laci ada gulungan kawat baru dan potongan kawat bekas dari pekerjaan lain.
(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. Kawat dipasang sehingga tarikannya searah dengan arah pengencangan baut
☐ B. Kawat pengaman bekas tidak dipakai ulang dan diganti dengan kawat baru
☐ C. Kawat dipilin sekencang mungkin sampai terasa hampir putus supaya tidak lepas
☐ D. Ujung kawat (pigtail) dibelokkan ke arah komponen agar tidak menusuk tangan
☐ E. Satu kawat dapat mengikat baut yang arah pengencangannya berlawanan tanpa mengubah jalur kawat

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

11. Pada 2027, bengkel sebuah sekolah penerbangan menerima pelek tuang roda utama dari paduan magnesium untuk dibersihkan dan diperiksa. Teknisi magang bertanya tentang sifat bahan dan kewaspadaan saat menanganinya.
(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. Magnesium termasuk logam struktur yang paling ringan sehingga dipakai pada pelek tuang
- ☐ B. Pelek magnesium yang menyala dapat dipadamkan dengan cepat memakai air dari selang
- ☐ C. Magnesium mudah berkorosi sehingga permukaannya harus dilindungi lapisan dan cat
- ☐ D. Serpihan halus dan debu gerinda magnesium mudah terbakar dan harus ditangani hati-hati
- ☐ E. Magnesium tahan korosi sehingga pelek tidak perlu diperiksa pada saat inspeksi berkala

12. Pada 2027, Rani membaca spesifikasi pelat aluminium "2024-T3" pada kartu kerja pesawat latih. Ia ingin memahami arti kode yang tertulis setelah tanda hubung.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Arti kode "T3" yang paling tepat adalah ....

A. Tebal pelat tiga milimeter menurut ukuran produksi pabrik
B. Pelat tipe ketiga dari tiga tipe produksi yang dibuat pabrik
C. Kekuatan tarik pelat sebesar tiga satuan menurut standar
D. Bahan diberi perlakuan panas; angka menunjukkan jenisnya
E. Pelat diberi tiga lapis cat pelindung sebelum dikirim ke bengkel

13. Pada 2027, Gani memilih panjang rivet untuk menyambung dua pelat aluminium pada panel pesawat latih. Menurut kartu kerja, panjang batang rivet = tebal total pelat + 1,5 × diameter rivet, dan dipilih panjang yang tersedia terdekat yang tidak lebih pendek dari hasil hitungan.

Data	Nilai
Tebal pelat atas	1,0 mm
Tebal pelat bawah	1,6 mm
Diameter rivet (D)	3,2 mm
Panjang batang yang tersedia	5 mm, 6 mm, 7 mm, 8 mm, 9 mm

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

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Panjang rivet yang dipilih adalah ....

A. 5 mm
B. 6 mm
C. 7 mm
D. 8 mm
E. 9 mm

14. Pada 2027, sebuah bengkel komponen memeriksa daftar bahan yang dicatat siswa magang untuk lima komponen pesawat latih. Instruktur meminta mereka menemukan satu pasangan komponen dan bahan yang paling tidak sesuai.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pasangan yang paling tidak sesuai adalah ....

A. Pipa knalpot dari baja tahan karat
B. Dudukan mesin dari tabung baja 4130 yang dilas
C. Pelek tuang roda utama dari paduan magnesium
D. Dinding api dari lembaran titanium
E. Kulit sayap tipis dari baja tahan karat tebal

15. Pada 2027, sebuah AMO akan mendongkrak pesawat latih bermesin ganda di hanggar untuk uji retraksi roda pendarat. Tim memeriksa persiapan dongkrak: titik dongkrak pada pesawat, kapasitas dongkrak, dan kondisi di dalam kokpit.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tentukan **Benar** atau **Salah** untuk setiap pernyataan berikut.

Tentukan setiap pernyataan Benar atau Salah.

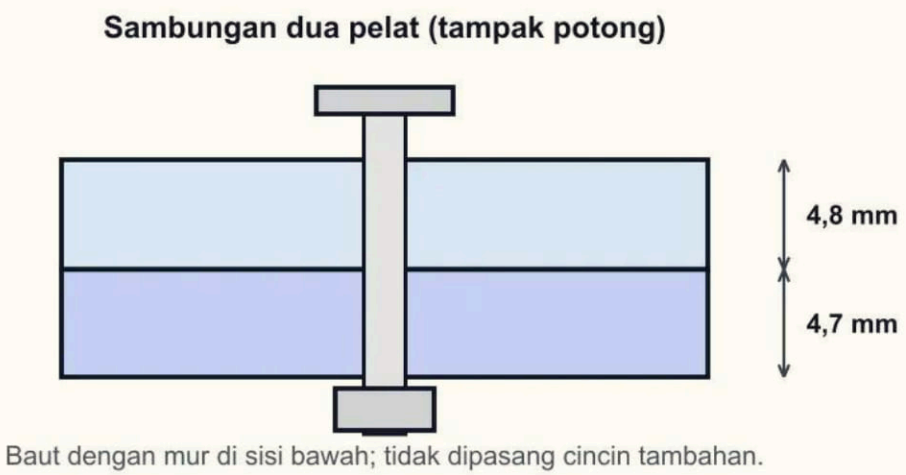
Pernyataan	Benar	Salah
Pesawat boleh didongkrak pada titik mana pun yang cukup rata, tidak harus pada titik dongkrak yang ditetapkan manual.	○	○
Kapasitas tiap dongkrak harus lebih besar daripada beban yang ditumpunya dengan faktor keamanan dari manual.	○	○
Pesawat tidak boleh berisi orang selama didongkrak dan selama sistem roda pendarat dioperasikan di atas dongkrak.	○	○

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

16. Pada 2027, Doni memilih baut untuk menyambung dua pelat yang tebalnya diperlihatkan pada gambar (pelat atas 4,8 mm dan pelat bawah 4,7 mm). Panjang bagian batang tanpa ulir (*grip*) harus sama dengan tebal total yang disambung, agar ulir tidak berada di bidang antar-pelat dan mur dapat mengencang pada pelat tanpa cincin tambahan. Berikut daftar baut di rak bengkel (angka latihan).

Baut	Panjang grip (mm)
K	6,4
L	9,5
M	12,7
N	15,9
O	19,1

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



A. Baut K, grip 6,4 mm
B. Baut M, grip 12,7 mm
C. Baut N, grip 15,9 mm
D. Baut O, grip 19,1 mm
E. Baut L, grip 9,5 mm

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

17. Pada 2027, Farah selesai memakai *torque wrench* tipe klik (*click type*) untuk memasang baut pada sebuah dudukan pesawat latih dengan setelan 120 in-lb. Ia akan mengembalikan alat itu ke lemari alat di bengkel.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tindakan yang paling tepat sebelum menyimpan alat adalah ....

A. Membiarkan setelan 120 in-lb agar siap dipakai pada pekerjaan berikutnya
B. Memutar setelan ke nilai tertinggi supaya pegasnya tidak berkarat
C. Memutar setelan ke nilai terendah pada skalanya, lalu menyimpannya dalam kotak
D. Menyimpan alat di tempat lembap supaya pelumasnya tidak mengering
E. Menyimpan alat dengan memasukkan batang pipa pada gagang agar gagang tetap lurus

18. Pada 2027, instruktur memperlihatkan tiga jenis mur kepada siswa magang di bengkel sekolah penerbangan: mur biasa (*plain nut*), mur bermahkota (*castellated nut*), dan mur pengunci mandiri dengan sisipan nilon (*self-locking nut*). Ia meminta mereka menilai pemakaian tiap jenis.
(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
Mur pengunci mandiri bersisipan nilon tidak dipakai pada lokasi bersuhu tinggi, misalnya dekat knalpot.	○	○
Mur biasa boleh dipakai tanpa pengunci pada sambungan yang mengalami getaran terus-menerus.	○	○
Mur bermahkota dikunci dengan pena belah atau *safety wire* yang melewati lubang pada baut.	○	○

19. Pada 2027, Yuda membaca kode rivet "AN426AD3-5" pada kantong kecil di gudang AMO. Ia memiliki tabel kode bahan berikut dan mengetahui bahwa AN426 adalah nomor standar untuk kepala benam (*countersunk*) 100°.

Huruf kode	Bahan rivet
A	aluminium 1100
D	paduan aluminium 2017
DD	paduan aluminium 2024
AD	paduan aluminium 2117

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

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tafsiran kode "AN426AD3-5" yang tepat adalah ....

A. Kepala benam, bahan 2117, diameter 3/32 inci, dan panjang 5/16 inci
B. Kepala bundar, bahan 2117, diameter 3/32 inci, dan panjang 5/16 inci
C. Kepala benam, bahan 2024, diameter 3/32 inci, dan panjang 5/16 inci
D. Kepala benam, bahan 2117, diameter 3/16 inci, dan panjang 5/16 inci
E. Kepala benam, bahan 2117, diameter 3/32 inci, dan panjang 5/8 inci

20. Pada 2027, teknisi magang mengisi ban roda utama pesawat latih dengan gas nitrogen kering dari tabung. Wawan, rekannya, bertanya mengapa tidak dipakai udara tekan biasa dari kompresor bengkel saja.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Alasan yang paling tepat adalah ....

A. Nitrogen lebih berat sehingga ban menjadi lebih kuat menahan beban pendaratan
B. Nitrogen membuat ban tidak pernah memerlukan pemeriksaan tekanan sama sekali
C. Nitrogen berwarna sehingga kebocoran ban dapat dilihat dengan mata
D. Nitrogen kering bebas uap air, tidak mendukung pembakaran, dan tekanannya lebih stabil
E. Nitrogen lebih murah daripada udara tekan sehingga bengkel dapat menghemat biaya

21. Pada 2027, Eko harus mengencangkan sebuah mur dengan momen akhir 150 in-lb. Mur itu hanya terjangkau bila *torque wrench* diberi adaptor (*extension*) yang lurus sejajar sumbu kunci. Panjang efektif *torque wrench* dari pusat kepala sampai titik pegang 10 in, dan adaptor menambah 2,5 in. Setelan alat dihitung dengan rumus T setel = T dikehendaki × L ÷ (L + E).
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Setelan yang harus dipasang pada *torque wrench* adalah ....

A. 150 in-lb
B. 120 in-lb
C. 187,5 in-lb
D. 135 in-lb
E. 112,5 in-lb

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

22. Pada 2027, ban roda pesawat latih diisi nitrogen sampai 45 psi (tekanan ukur) pada suhu 20 °C. Setelah pesawat diparkir di apron panas, suhu gas dalam ban naik menjadi 50 °C. Volume ban dianggap tetap sehingga tekanan mutlak sebanding dengan suhu mutlak ($P_1 \div T_1 = P_2 \div T_2$). Tekanan mutlak = tekanan ukur + 14,7 psi, dan suhu mutlak (kelvin) = °C + 273.

Kondisi	Suhu (°C)	Tekanan ukur (psi)
Awal	20	45
Sesudah	50	?

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tekanan ukur sesudah pemanasan yang paling mendekati adalah ....

A. 49,6 psi
B. 45,0 psi
C. 65,8 psi
D. 40,8 psi
E. 51,1 psi

23. Pada 2027, instruktur memberi pengarahan kepada siswa magang tentang penggunaan *torque wrench* sebelum mereka memasang baut pada panel mesin pesawat latih. Ia menuliskan beberapa aturan di papan dan meminta siswa memilih yang benar.
(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. *Torque wrench* dipakai untuk mengencangkan, bukan untuk melonggarkan baut yang kencang
☐ B. *Torque wrench* yang pernah jatuh tetap dipakai selama masih berbunyi klik
☐ C. Gagang ditarik dengan gerakan halus dan dihentikan begitu terdengar bunyi klik
☐ D. Batang pipa dapat ditambahkan pada gagang tanpa koreksi bila momen yang dibutuhkan besar
☐ E. *Torque wrench* harus masih dalam masa kalibrasi pada saat dipakai

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

24. Pada 2027, sebuah AMO akan menarik pesawat latih keluar dari hanggar dan menyalakan sumber daya darat (GPU) untuk uji kelistrikan. Kepala bengkel meminta tim memeriksa peralatan pendukung (*ground support equipment*) dan alat ukur sebelum dipakai. *(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. Memasang ganjal roda hanya setelah pesawat selesai didongkrak
☐ B. Memasang batang tarik (*tow bar*) dengan pin pengaman terpasang sebelum pesawat ditarik
☐ C. Mencabut kabel GPU dari pesawat dengan menarik kabelnya saat daya masih menyala
☐ D. Memeriksa kondisi dan tanggal kalibrasi atau inspeksi tiap peralatan sebelum dipakai
☐ E. Memberi label dan memisahkan alat yang melewati jadwal kalibrasi dari alat yang dipakai

25. Pada 2027, Satria memasang mur bermahkota pada baut sebuah sambungan pesawat latih. Kartu kerja menetapkan rentang momen 160–190 in-lb, dan pena belah baru dipasang setelah alur mur sejajar dengan lubang baut. Hasil pengencangan bertahap tercatat sebagai berikut.

Momen yang diterapkan (in-lb)	Kondisi alur mur dan lubang baut
160	belum sejajar
175	sejajar
190	belum sejajar (alur berikutnya sejajar pada sekitar 205)

(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. Mur dikencangkan sampai 205 in-lb agar alur berikutnya sejajar dengan lubang baut pada baut itu
☐ B. Mur dilonggarkan sampai 140 in-lb agar alur sejajar dengan lubang baut pada baut itu
☐ C. Pada 175 in-lb momen dalam rentang dan alur sejajar, sehingga pena belah boleh dipasang
☐ D. Bila alur tidak sejajar dalam rentang, tebal cincin diganti lalu mur dikencangkan ulang
☐ E. Pengencangan naik bertahap dari batas bawah, tanpa melewati batas atas, sampai alur sejajar

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 · Aircraft material: material pesawat dan korosi	1, 3, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 14	___ / 9	Ulangi hlm. 283
Sub bab 4.2 · Aircraft hardware: baut, mur, rivet, dan pengunci	2, 4, 9, 10, 13, 16, 18, 19, 25	___ / 9	Ulangi hlm. 300
Sub bab 4.3 · Tools equipment: kunci momen, dongkrak, dan peralatan pendukung	15, 17, 20, 21, 22, 23, 24	___ / 7	Ulangi hlm. 317

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.)

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

Bab 5 · Aircraft System

SMKTPU-B5

Setelah mempelajari bab ini, kamu dapat:

- menerapkan dasar elektronika dan digital serta menganalisis sistem kelistrikan pesawat
- menjelaskan radio komunikasi dan navigasi serta sistem kendali terbang dasar
- menggambarkan prinsip kerja instrumen terbang dasar
- menjelaskan sistem pneumatik dan hidraulik dasar dan mendiagnosis gangguannya

Peta bab

Sub bab	Judul
5.1	Elektronika dasar dan digital
5.2	Sistem kelistrikan pesawat
5.3	Radio komunikasi dan navigasi
5.4	Sistem kendali terbang dasar
5.5	Instrumen terbang dasar
5.6	Sistem pneumatik dan hidraulik

Bab 5 di LMS

Buka seluruh latihan bab ini di LMS.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktpu&node=SMKTPU-B5

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

Sub bab 5.1 · Elektronika dasar dan digital

SMKTPU-5.1

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu **memahami dan menerapkan elektronika dasar, termasuk elektronika digital**, sebagai bagian dari sistem pesawat. Levelnya pemahaman dan aplikasi: kamu diminta menghitung nilai pada rangkaian sederhana, mengenali fungsi komponen, dan menalar keluaran sebuah rangkaian logika.

Pola soal yang sering muncul: (1) **rangkaian dasar**: hukum Ohm, resistor seri dan paralel, serta resistor pembatas arus untuk LED; (2) **logika peringatan**: sakelar-sakelar di pesawat memberi sinyal 1 atau 0 yang digabung oleh gerbang AND, OR, dan NOT untuk menyalakan lampu atau klakson peringatan; (3) **data biner**: membaca kode biner yang dikirim sensor ke layar. Soal berbentuk kasus kerja: kamu memeriksa rancangan, mendiagnosis, atau menilai pernyataan benar-salah.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menghitung tegangan, arus, hambatan, dan daya dengan hukum Ohm, serta membaca kode warna resistor;
- menyederhanakan rangkaian seri dan paralel dan menghitung arus tiap cabang;
- menjelaskan fungsi dioda, LED, transistor, dan kapasitor, serta menghitung resistor pembatas LED;
- membedakan sinyal analog dan digital, mengonversi bilangan biner, dan menyusun tabel kebenaran gerbang logika.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Pesawat modern penuh dengan elektronika: radio, transponder, instrumen digital, lampu peringatan, sampai komputer pengendali mesin. Semuanya disusun dari beberapa komponen sederhana yang kamu pelajari di sini. Bila kamu memahami cara kerja resistor, dioda, transistor, dan gerbang logika, kamu dapat membaca hampir semua rangkaian dasar di pesawat latih, dan kamu tidak akan menganggapnya sebagai "kotak ajaib" yang hanya boleh diganti.

1. Tegangan, arus, hambatan, dan daya

Tiga besaran dasar listrik dapat dibayangkan dengan air di pipa. **Tegangan** (*voltage*, lambang V, satuan volt) adalah "tekanan" yang mendorong muatan, seperti tekanan air. **Arus** (*current*, lambang I, satuan ampere, A) adalah banyaknya muatan yang mengalir tiap detik, seperti debit air. **Hambatan** (*resistance*, lambang R, satuan ohm, Ω) adalah penghalang aliran, seperti pipa yang sempit.

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

Ketiganya dihubungkan oleh **hukum Ohm**:

$$V = I \times R \qquad I = \frac{V}{R} \qquad R = \frac{V}{I}$$

Artinya, bila tegangan tetap, hambatan yang lebih besar membuat arus lebih kecil. Pada rangkaian 14 V dengan hambatan 7 Ω, arusnya $14 \div 7 = 2$ A.

Daya (*power*, lambang P, satuan watt, W) adalah laju pemakaian energi listrik:

$$P = V \times I \qquad P = I^2 \times R \qquad P = \frac{V^2}{R}$$

Rumus ini sering dipakai bersama hukum Ohm. Beban 56 W pada 14 V menarik arus $56 \div 14 = 4$ A. Daya juga menjadi **panas**. Resistor yang dilalui arus besar menjadi panas, karena itu resistor punya **peringkat daya** (misalnya 0,25 W atau 0,5 W) yang tidak boleh dilampaui.

Satuan listrik sering memakai awalan: **mili** (m) berarti seperseribu, **kilo** (k) berarti seribu, dan **mega** (M) berarti sejuta. Jadi 10 mA = 0,010 A, dan 4,7 kΩ = 4.700 Ω. Kesalahan paling sering di soal adalah lupa mengubah mA menjadi A sebelum dimasukkan ke rumus.

2. Resistor dan kode warna

Resistor (*resistor*) adalah komponen yang sengaja dibuat untuk memberi hambatan tertentu. Fungsinya membatasi arus, membagi tegangan, atau mengatur tingkat sinyal. Nilainya biasanya ditandai dengan **gelang warna** karena tulisan angka terlalu kecil untuk dibaca pada badan yang mungil (Gambar 5.1).



Gambar 5.1 Kode warna resistor empat gelang: dua gelang angka, satu pengali, dan satu toleransi, beserta contoh pembacaan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

Pada resistor empat gelang:

- **gelang 1 dan 2** adalah dua angka pertama;
- **gelang 3** adalah **pengali** (jumlah nol yang ditambahkan);
- **gelang 4** adalah **toleransi** (seberapa jauh nilai sebenarnya boleh menyimpang): emas $\pm 5\ \%$, perak $\pm 10\ \%$.

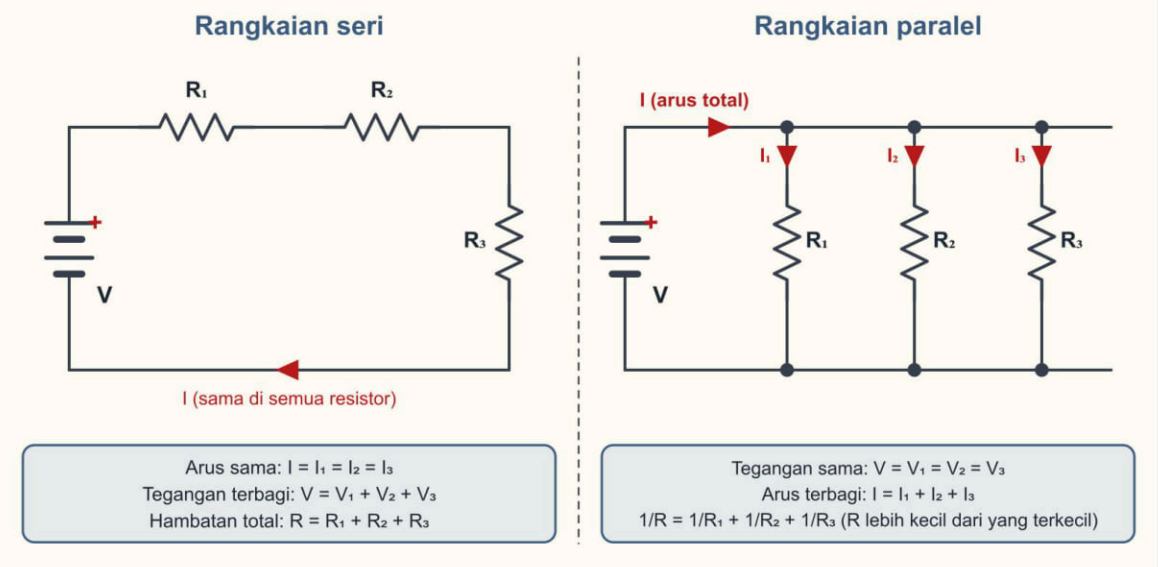
Urutan warna angka adalah: hitam 0, coklat 1, merah 2, jingga 3, kuning 4, hijau 5, biru 6, ungu 7, abu-abu 8, putih 9. Untuk pengali, angka warna itu menjadi pangkat sepuluh. Hitam berarti $\times 1$, coklat $\times 10$, merah $\times 100$, jingga $\times 1.000$, dan seterusnya.

Cara membaca. Posisikan resistor sehingga gelang emas atau perak berada di kanan. Contoh: coklat, hitam, merah, emas. Dua angka pertama: coklat = 1 dan hitam = 0, sehingga 10. Pengali merah = $\times 100$, sehingga $10 \times 100 = 1.000\ \Omega = 1$ kΩ. Toleransi emas berarti nilai sebenarnya ada di antara 950 dan 1.050 Ω. Kamu bisa mengecek dengan **multimeter**, tetapi hanya pada resistor yang sudah dilepas atau rangkaian yang tidak berdaya (sub bab 2.3).

Resistor juga hanya dijual dalam **nilai standar**, misalnya 100, 120, 150, 180, 220, 270, 330, 390, 470, 560, 680, 820 Ω, lalu 1 kΩ, 1,2 kΩ, dan seterusnya. Karena itu hasil hitungan sering harus "dibulatkan" ke nilai standar yang aman, seperti terlihat pada Contoh 1.

3. Rangkaian seri dan paralel

Dua atau lebih komponen dapat disambung dengan dua cara dasar (Gambar 5.2).



Gambar 5.2 Resistor disambung seri (arus sama, tegangan terbagi) dan paralel (tegangan sama, arus terbagi). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

Rangkaian seri menyambung komponen berurutan dalam **satu jalur**. Akibatnya:

- arus yang melalui semua komponen **sama**;
- tegangan sumber **terbagi** di antara komponen, dan jumlah tegangan pada semua komponen sama dengan tegangan sumber;
- hambatan total adalah **jumlah** semua hambatan: $R_{total} = R_1 + R_2 + R_3$.

Rangkaian paralel menyambung semua komponen pada **dua titik yang sama**, sehingga arus punya beberapa jalur. Akibatnya:

- **tegangan** pada tiap cabang **sama** dengan tegangan sumber;
- arus sumber **terbagi** ke cabang-cabang, dan arus total adalah jumlah arus tiap cabang;
- hambatan total memenuhi $\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots$. Untuk dua resistor dipakai bentuk pendek $R_{total} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$.

Hambatan total paralel **selalu lebih kecil daripada resistor terkecil** di dalamnya. Ini masuk akal: menambah jalur membuat arus lebih mudah mengalir. Pegangan ini berguna untuk mengecek hasil hitunganmu.

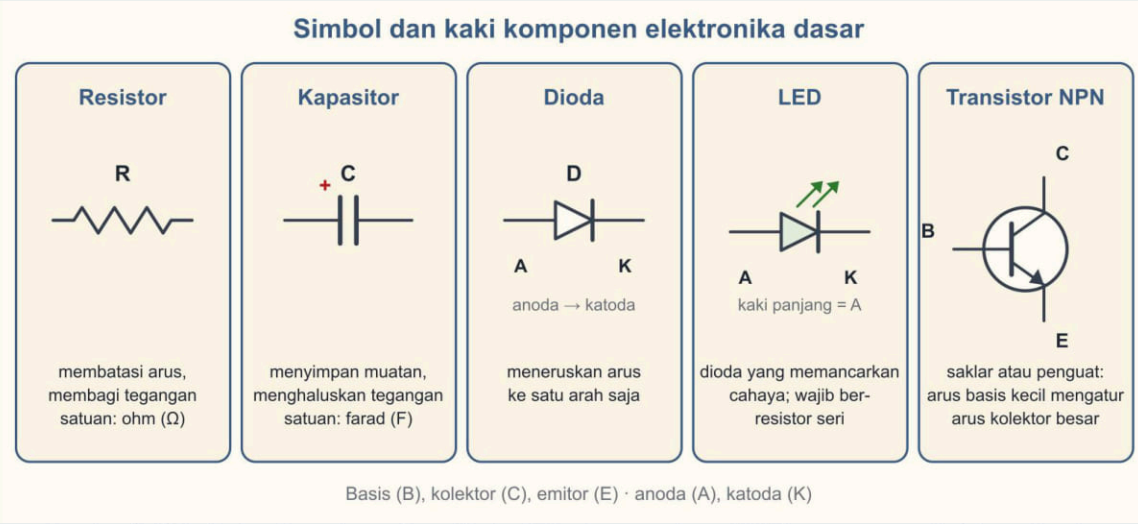
Mengapa ini penting di pesawat? Hampir semua **beban** di pesawat (radio, lampu, pompa) disambung **paralel** ke *bus* (rel listrik), sehingga masing-masing mendapat tegangan penuh dan dapat dihidupkan atau dimatikan sendiri-sendiri. Sebaliknya sakelar, *fuse*, dan *circuit breaker* disambung **seri** dengan bebannya, karena mereka harus memutus seluruh arus beban itu. Rangkaian seri dan paralel ini dibahas lebih lanjut pada sub bab 5.2.

Satu rangkaian seri sederhana yang sangat berguna adalah **pembagi tegangan**. Dua resistor seri R_1 dan R_2 pada sumber V memberi tegangan pada R_2 sebesar $V \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$. Prinsip ini dipakai untuk menurunkan tegangan sensor ke level yang bisa dibaca rangkaian elektronik.

4. Dioda dan LED

Dioda (*diode*) adalah komponen yang meneruskan arus **hanya ke satu arah**. Dioda punya dua kaki: **anoda** (A, sisi masuk arus) dan **katoda** (K, sisi keluar arus). Pada simbolnya (Gambar 5.3), segitiga menunjuk ke arah arus yang diizinkan, dan garis di ujung segitiga menandai katoda. Pada badan dioda, katoda biasanya ditandai **cincin atau garis**.

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



Gambar 5.3 Simbol resistor, kapasitor, dioda, LED, dan transistor NPN beserta nama kakinya. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

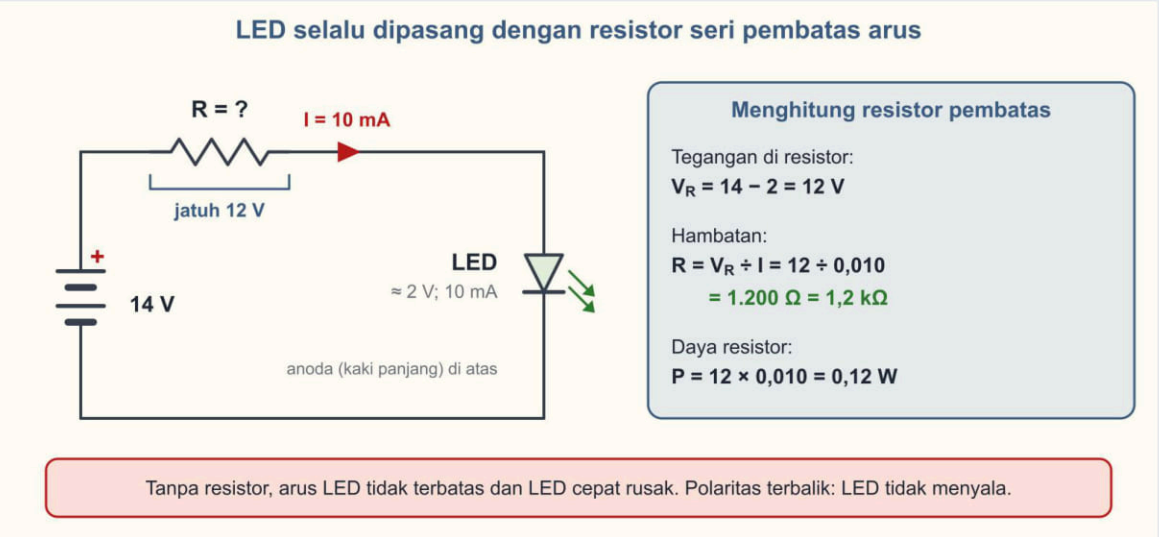
Bila anoda lebih positif daripada katoda (disebut **bias maju**), dioda silikon menghantar setelah tegangan majunya tercapai, sekitar 0,6 sampai 0,7 V. Bila polaritas dibalik (**bias mundur**), dioda menahan arus. Beberapa kegunaan dioda di pesawat:

- **penyearah** (*rectifier*): mengubah arus bolak-balik dari alternator menjadi arus searah;
- **pelindung polaritas**: mencegah kerusakan bila baterai atau sumber daya darat terpasang terbalik;
- **dioda isolasi**: membiarkan dua sumber (misalnya baterai dan sumber daya darat) memasok bus yang sama tanpa saling mengisi;
- **peredam lonjakan** (*flyback diode*): dipasang paralel terbalik pada koil relay untuk menyerap lonjakan tegangan saat arus koil diputus.

LED (*light emitting diode*, dioda pemancar cahaya) adalah dioda yang memancarkan cahaya ketika dialiri arus maju. LED merah punya tegangan maju sekitar 2 V; LED biru dan putih lebih tinggi (sekitar 3 V). Arus kerja LED indikator biasanya sekitar 10 sampai 20 mA. Kaki **anoda** LED lebih panjang. Karena LED adalah dioda, ia **tidak menyala bila dipasang terbalik**.

LED punya sifat yang berbahaya bagi pemula: setelah tegangan majunya tercapai, hambatan LED sangat kecil sehingga arus akan naik tak terkendali. Maka LED **selalu** dipasang dengan **resistor seri pembatas arus** (Gambar 5.4). Tegangan sumber dikurangi tegangan LED jatuh pada resistor, dan resistor membatasi arusnya:

$$R = \frac{V_{sumber} - V_{LED}}{I_{LED}}$$



Gambar 5.4 LED dengan resistor seri pembatas arus: tegangan sumber terbagi antara resistor dan LED. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

5. Transistor dan kapasitor

Transistor (*transistor*) adalah komponen semikonduktor tiga kaki: **basis** (B), **kolektor** (C), dan **emitor** (E). Ide dasarnya: **arus kecil di basis mengendalikan arus yang jauh lebih besar antara kolektor dan emitor**. Transistor memiliki dua kegunaan utama.

- Sebagai **penguat**: arus kolektor kira-kira sebanding dengan arus basis, dengan faktor penguatan tertentu.
- Sebagai **saklar elektronik**: bila arus basis cukup, transistor "menutup" (ON, arus kolektor mengalir penuh); bila arus basis nol, transistor "membuka" (OFF, tidak ada arus). Dengan cara ini sebuah sinyal 5 V dari rangkaian digital yang hanya mampu memberi beberapa miliampere dapat menyalakan relay atau lampu yang membutuhkan arus lebih besar. Resistor dipasang pada basis agar arus basis aman.

Kapasitor (*capacitor*) menyimpan muatan listrik sementara, mirip tangki kecil. Satuan kapasitansinya **farad** (F), dan nilai praktis memakai mikrofarad (μF). Kapasitor menahan arus searah yang stabil tetapi meloloskan perubahan yang cepat, sehingga dipakai untuk **menghaluskan tegangan** setelah penyearah, menyaring derau, dan menyambung sinyal bolak-balik antar-tahap. Dua catatan keselamatan: kapasitor elektrolit punya **polaritas** (terbalik bisa meledak), dan kapasitor besar dapat **tetap bermuatan** setelah daya dimatikan, jadi dikosongkan menurut prosedur sebelum disentuh.

6. Sinyal analog dan sinyal digital

Banyak besaran di pesawat berubah mulus, misalnya suhu oli, tekanan oli, atau posisi tuas. Sensor menyatakannya dengan tegangan yang berubah **kontinu**, misalnya 0 sampai 5 V. Sinyal seperti ini disebut **analog**. Sinyal **digital** hanya memiliki **dua tingkat**: tinggi dan rendah, ditulis **1** dan **0**. Sebuah sakelar yang tertutup atau terbuka adalah sinyal digital paling sederhana.

Sistem digital dipakai di avionik karena sinyal dua-tingkat **tahan derau**: selama tegangan masih jelas tinggi atau jelas rendah, bilangannya tidak berubah, dan data dapat disimpan, disalin, dan diolah komputer tanpa bertambah galat. Untuk memakai sensor analog dalam sistem digital, sebuah rangkaian *analog-to-digital converter* (ADC) mengubah tegangan menjadi bilangan biner.

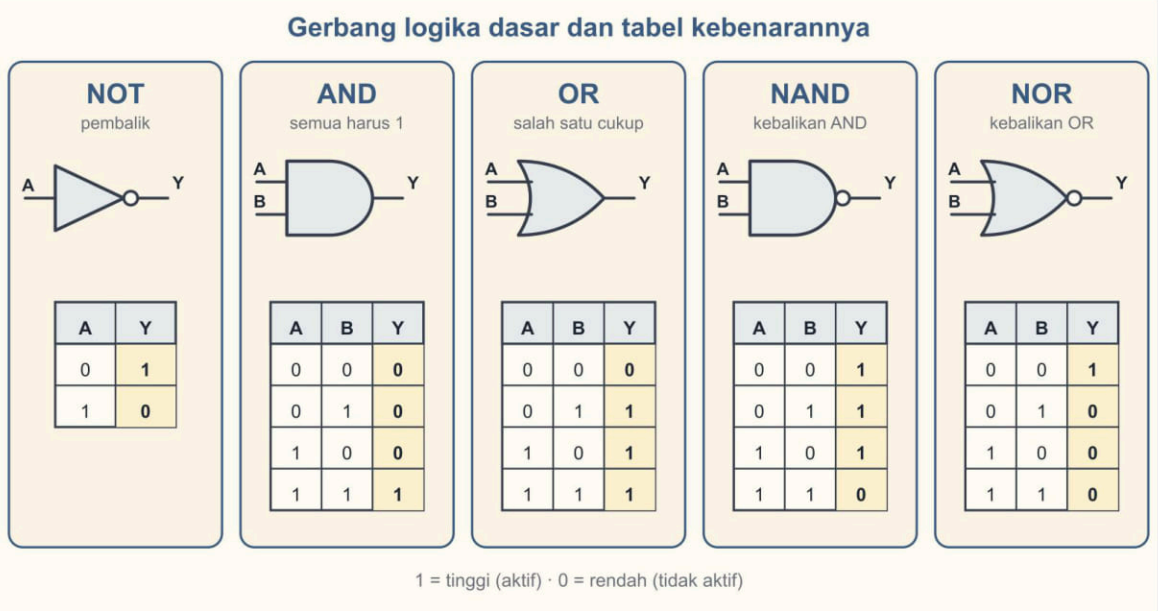
Bilangan biner memakai dua angka (0 dan 1). Setiap posisi (**bit**) punya bobot kelipatan dua, dari kanan ke kiri: 1, 2, 4, 8, 16, 32, dan seterusnya. Untuk mengubah biner ke desimal, jumlahkan bobot posisi yang bernilai 1. Misalnya $1011_2 = 8 + 0 + 2 + 1 = 11$. Kebalikannya, mengubah desimal 13 ke biner: 13 = 8 + 4 + 1, sehingga bit untuk bobot 8, 4, dan 1 bernilai 1 dan bit bobot 2 bernilai 0, yaitu 1101_2. Delapan bit disebut satu **byte**. Sebuah ADC dengan n bit membedakan 2^n tingkat; ADC 8 bit membedakan $2^8 = 256$ tingkat. Makin banyak bit, makin halus pembacaan.

7. Gerbang logika dan tabel kebenaran

Gerbang logika (*logic gate*) adalah rangkaian yang menerima satu atau lebih masukan 1/0 lalu menghasilkan satu keluaran 1/0 menurut aturan tetap. Tabel yang mendaftar semua

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

kombinasi masukan beserta keluarannya disebut **tabel kebenaran** (Gambar 5.5).



Gambar 5.5 Simbol dan tabel kebenaran gerbang NOT, AND, OR, NAND, dan NOR. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

- **NOT** (pembalik): keluaran kebalikan masukan. Masukan 0 menjadi 1, dan 1 menjadi 0.
- **AND** (dan): keluaran 1 **hanya bila semua masukan 1**. Cukup satu masukan 0 maka keluaran 0.
- **OR** (atau): keluaran 1 **bila paling sedikit satu masukan 1**. Keluaran 0 hanya bila semua masukan 0.
- **NAND** dan **NOR**: AND atau OR yang keluarannya dibalik oleh NOT.

Ingat dengan kata sehari-hari: AND = "semua syarat harus terpenuhi", OR = "salah satu cukup". Penyusunan tabel kebenaran untuk rangkaian gabungan dilakukan dengan **kolom bantu**: tuliskan semua kombinasi masukan (untuk n masukan ada 2^n baris, misalnya 8 baris untuk 3 masukan), hitung keluaran gerbang pertama di satu kolom, lalu pakai kolom itu sebagai masukan gerbang berikutnya.

Di pesawat, sakelar dan sensor menjadi masukan logika, dan lampu atau klakson peringatan menjadi keluaran. Hal yang menentukan di soal adalah **definisi logika 1**: apakah 1 berarti "sakelar aktif", "roda terkunci", atau "pintu terbuka"? Baca definisi itu dulu, baru gabungkan gerbangnya.

CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1: menghitung resistor LED

Pada 2026, Dewi memasang lampu indikator pompa bahan bakar pada papan latih bertegangan 14 V DC. Lembar data LED hijau menyebut tegangan maju sekitar 2 V dan arus kerja yang disarankan 10 mA. Dewi mendapat resistor dengan gelang coklat, merah, merah, emas. Apakah resistor itu cocok, dan berapa daya yang diterimanya? *(Kasus fiktif.)*

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

1. **Hitung hambatan yang dibutuhkan.** Tegangan pada resistor adalah $14 - 2 = 12$ V. Dengan $I = 10$ mA $= 0{,}010$ A, $R = \dfrac{12}{0{,}010} = 1.200\ \Omega$.
2. **Baca kode warna resistor Dewi.** Coklat = 1, merah = 2, pengali merah = $\times 100$. Jadi $12 \times 100 = 1.200\ \Omega = 1{,}2$ kΩ, toleransi emas $\pm 5\ \%$. Ternyata resistor itu **tepat**.
3. **Hitung daya resistor.** $P = V \times I = 12 \times 0{,}010 = 0{,}12$ W. Karena 0,12 W di bawah 0,25 W, resistor 0,25 W cukup, dan dengan 0,5 W lebih aman lagi.
4. **Cek dengan toleransi.** Bila nilai sebenarnya 5 % lebih kecil (1.140 Ω), arus menjadi $12 \div 1.140 \approx 10{,}5$ mA, masih jauh di bawah batas LED 20 mA.

Jawaban: resistor 1,2 kΩ cocok, dan dayanya sekitar 0,12 W. Ingat memasang LED dengan polaritas benar (kaki panjang ke sisi positif).

Contoh 2: menyederhanakan rangkaian seri-paralel

Pada rangkaian papan latih 2026, resistor $R_1 = 100\ \Omega$ disambung seri dengan dua resistor paralel, $R_2 = 60\ \Omega$ dan $R_3 = 120\ \Omega$, pada sumber 14 V. Hitung hambatan total, arus sumber, dan arus tiap cabang paralel. *(Kasus fiktif.)*

1. **Sederhanakan bagian paralel.** $R_{23} = \dfrac{60 \times 120}{60 + 120} = \dfrac{7.200}{180} = 40\ \Omega$. Cek akal sehat: 40 Ω lebih kecil daripada 60 Ω (resistor terkecil), jadi masuk akal.
2. **Jumlahkan seri.** $R_{total} = R_1 + R_{23} = 100 + 40 = 140\ \Omega$.
3. **Hitung arus sumber.** $I = \dfrac{14}{140} = 0{,}1$ A $= 100$ mA. Arus ini sama dengan arus melalui R_1 karena seri.
4. **Hitung tegangan di bagian paralel.** $V_{23} = I \times R_{23} = 0{,}1 \times 40 = 4$ V. Tegangan itu sama untuk R_2 dan R_3.
5. **Hitung arus cabang.** $I_2 = \dfrac{4}{60} \approx 66{,}7$ mA dan $I_3 = \dfrac{4}{120} \approx 33{,}3$ mA.
6. **Cek.** $66{,}7 + 33{,}3 = 100$ mA, sama dengan arus sumber. Tegangan: pada R_1 ada $0{,}1 \times 100 = 10$ V, ditambah 4 V sama dengan 14 V.

Jawaban: hambatan total 140 Ω; arus sumber 100 mA; arus cabang 66,7 mA dan 33,3 mA.

Contoh 3: tabel kebenaran alarm lampu lupa dimatikan

Sekolah penerbangan memasang alarm di pesawat latih pada 2027. Sakelar lampu taxi memberi logika $A = 1$ bila lampu taxi menyala. Sakelar lampu pendaratan memberi $B = 1$ bila lampu itu menyala. Sensor mesin memberi $C = 1$ bila mesin hidup. Rancangannya: A dan B masuk gerbang OR; keluaran OR dan kebalikan C (lewat gerbang NOT) masuk gerbang AND yang menyalakan alarm. Kapan alarm berbunyi? *(Kasus fiktif.)*

1. **Tulis fungsi logikanya.** Alarm $= (A \text{ OR } B) \text{ AND } (\text{NOT } C)$.
2. **Buat tabel dengan kolom bantu.** Ada 3 masukan, jadi 8 baris. Kolom bantu: $A \text{ OR } B$ dan $\text{NOT } C$.

A	B	C	A OR B	NOT C	Alarm

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

0	0	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	1	1
0	1	1	1	0	0
1	0	0	1	1	1
1	0	1	1	0	0
1	1	0	1	1	1
1	1	1	1	0	0

1. **Baca hasilnya.** Alarm bernilai 1 pada baris 3, 5, dan 7: **mesin mati ($C = 0$) dan paling sedikit satu lampu menyala**. Saat mesin hidup ($C = 1$), NOT $C = 0$ sehingga AND selalu 0 dan alarm diam, walaupun lampu menyala, karena itu keadaan normal.
2. **Cek akal sehat.** Alarm diam bila kedua lampu padam (baris 1 dan 2), sesuai tujuan: tidak ada lampu yang terlupa.

Jawaban: alarm berbunyi hanya bila mesin mati dan sedikitnya satu dari lampu taxi atau lampu pendaratan masih menyala.

❖ PETA KONSEP

Gambar 5.6 merangkum isi sub bab ini.



Gambar 5.6 Peta konsep elektronika dasar dan digital. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

Yang harus kamu ingat:

- **Hukum Ohm** $V = IR$ dan daya $P = VI$. Ubah mA ke A sebelum menghitung.
- **Seri**: arus sama, tegangan terbagi, hambatan dijumlahkan. **Paralel**: tegangan sama, arus terbagi, hambatan total lebih kecil daripada yang terkecil.
- **Kode warna resistor**: dua angka, pengali, toleransi. Baca dari sisi yang jauh dari gelang toleransi.
- **Dioda** meneruskan arus satu arah; **LED** adalah dioda yang menyala dan **wajib** memakai resistor seri: $R = (V_{sumber} - V_{LED}) \div I$.
- **Transistor** = saklar atau penguat: arus basis kecil mengendalikan arus kolektor besar.
- **Digital** = 1 dan 0. AND: semua harus 1. OR: salah satu cukup. NOT: dibalik. Baca definisi logika 1 dulu.

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal elektronika dan logika:

1. **Gambar atau tulis ulang rangkaiannya** dan beri tanda tegangan serta arus yang diketahui.
2. **Seragamkan satuan** (A, V, Ω) sebelum menghitung.
3. **Untuk logika**, tulis arti logika 1 untuk tiap sakelar, lalu hitung keluaran gerbang demi gerbang dari masukan menuju keluaran.
4. **Cek akal sehat**: paralel lebih kecil daripada resistor terkecil, jumlah tegangan seri sama dengan tegangan sumber, jumlah arus cabang sama dengan arus sumber.

Jebakan yang sering dipasang:

- **LED tanpa resistor** dianggap aman karena sumbernya "hanya sekian volt".
- **Seri dan paralel tertukar**: arus total paralel dijumlahkan, tegangan seri yang dijumlahkan.
- **AND dan OR tertukar** atau gerbang NOT terlewat.
- **Logika 1 salah dibaca**: pada satu sakelar 1 berarti "roda terkunci turun" dan pada yang lain "roda belum terkunci".
- **Lupa mengubah mA ke A**, sehingga arus terhitung seribu kali lebih besar.
- **LED terbalik tetap dianggap menyala** pada sumber searah.

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa menghitung resistor LED dengan membagi seluruh tegangan sumber (14 V) dengan arus LED (10 mA) sehingga memperoleh 1.400 Ω. Yang benar, tegangan yang jatuh di resistor adalah 14 V dikurangi tegangan LED 2 V, jadi 12 V, dan hasilnya 1.200 Ω.

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut membahas peringatan roda dengan gerbang OR dan AND. Tulis dulu arti logika 1 tiap sakelar, lalu hitung keluaran tiap gerbang untuk setiap pernyataan.

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

►. Pesawat latih bermesin piston dengan roda pendarat lipat (retractable) memiliki klakson peringatan roda. Pada 2027, Tasya mempelajari diagram logikanya. Sakelar throttle memberi logika 1 bila throttle ditarik mendekati idle. Sakelar tiap roda (depan, utama kiri, utama kanan) memberi logika 1 bila roda itu TIDAK terkunci turun. Ketiga sinyal roda masuk gerbang OR, lalu keluaran OR dan sinyal throttle masuk gerbang AND yang menyalakan klakson.

(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. Klakson berbunyi saat lepas landas dengan throttle penuh selama ketiga roda masih terkunci turun.

☐ B. Klakson berbunyi bila throttle ditarik dan roda depan belum terkunci turun, walaupun kedua roda utama sudah terkunci.

☐ C. Bila ketiga roda terkunci turun, klakson tidak berbunyi walaupun throttle ditarik ke idle.

☐ D. Bila throttle ditarik dan ketiga roda masih terlipat ke atas, klakson berbunyi.

☐ E. Gerbang OR dapat diganti AND tanpa mengubah fungsi peringatan selama ketiga sakelar normal.

Pembahasan **Kunci: B, C, D**

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

Konsep: Gerbang OR keluarannya 1 bila minimal satu masukan 1; gerbang AND keluarannya 1 hanya bila semua masukan 1. Klakson roda berbunyi bila throttle ditarik (pesawat akan mendarat) DAN ada roda yang belum terkunci turun.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1 ✗** Jebakan: throttle penuh → sinyal throttle 0, dan roda terkunci turun → OR = 0; AND = 0.

• **Pernyataan 2 ✓** OR = 1 karena satu roda belum terkunci; throttle = 1 → AND = 1.

• **Pernyataan 3 ✓** OR = 0 → AND = 0.

• **Pernyataan 4 ✓** Semua sinyal roda 1 → OR = 1; throttle 1 → klakson berbunyi.

• **Pernyataan 5 ✗** Dengan AND, klakson hanya berbunyi bila ketiga roda tidak terkunci; satu roda yang tertinggal tidak terdeteksi.

Jawaban: pernyataan 2, 3, 4.

✎ LATIHAN

Untuk tiap soal, tulis dulu rumus atau tabel kebenarannya, lalu cek akal sehat hasilnya.

1. Pada 2027, Nanda merakit lampu indikator panel latihan memakai LED merah dan sebuah resistor yang dipasang seri ke sumber 28 V DC. Lembar data LED menyebut tegangan kerja sekitar 2 V dan arus maksimum 20 mA. Instruktur meminta Nanda memeriksa rancangannya sebelum disolder.

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
Resistor seri dibutuhkan untuk membatasi arus LED agar tidak melebihi 20 mA.	○	○
Bila resistor dilepas dan LED disambung langsung ke 28 V, LED dapat rusak karena arusnya terlalu besar.	○	○
Bila kaki LED terbalik, LED tetap menyala karena sumbernya berupa arus searah.	○	○

Kunci singkat: 1. 1B 2B 3S

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa LED harus dipasang dengan resistor seri?
- Apa beda cara menghitung tegangan, arus, dan hambatan total pada rangkaian seri dan paralel?
- **Yang harus kuingat:** $V = IR$; paralel lebih kecil daripada resistor terkecil; LED butuh resistor pembatas; AND = semua harus 1, OR = salah satu cukup; baca arti logika 1 dulu.



Latihan interaktif di LMS

Sub bab 5.1: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktpu&node=SMKTPU-5.1

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

Sub bab 5.2 · Sistem kelistrikan pesawat

SMKTPU-5.2

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu **memahami dan menganalisis sistem kelistrikan dasar** pesawat: sumber listrik, penyalur (*bus*), proteksi, dan beban. Contoh resmi Pusmendik untuk elemen ini adalah kasus **dua beban paralel yang salah satu cabangnya terputus** (*open circuit*). Levelnya pemahaman sampai penalaran: kamu menghitung arus dan daya, lalu menilai tindakan teknisi yang benar.

Pola soal yang sering muncul: (1) **proteksi**: memilih atau menilai *circuit breaker* (CB) yang sering trip, termasuk godaan menaikkan ratingnya; (2) **beban paralel dan *open circuit***: menentukan lampu atau alat mana yang tetap menyala; (3) **baterai**: perbedaan baterai asam timbal dan nikel-kadmium serta cara merawatnya dengan aman; (4) **kegagalan alternator**: menghitung arus total dan lama baterai bertahan setelah beban yang tidak penting dimatikan.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan fungsi baterai, alternator, sumber daya darat (GPU), *bus*, *fuse*, dan *circuit breaker* pada pesawat latih;
- menghitung arus beban dengan $I = P \div V$ dan memilih rating CB yang melindungi kabel;
- menentukan dampak *open circuit* dan hubung singkat pada rangkaian seri maupun paralel;
- menjelaskan perbedaan, perawatan, dan keselamatan baterai asam timbal dan nikel-kadmium, serta menghitung lama baterai bertahan.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Sistem kelistrikan pesawat latih bertugas satu hal: **mengantarkan energi listrik dari sumber ke setiap alat yang membutuhkannya, dengan aman**. Lampu, radio, transponder, pompa bahan bakar, dan *starter* semuanya menunggu aliran listrik itu. Karena listrik yang salah arah atau berlebih dapat memicu kebakaran di pesawat, sistem ini selalu dirancang dengan **proteksi** berlapis.

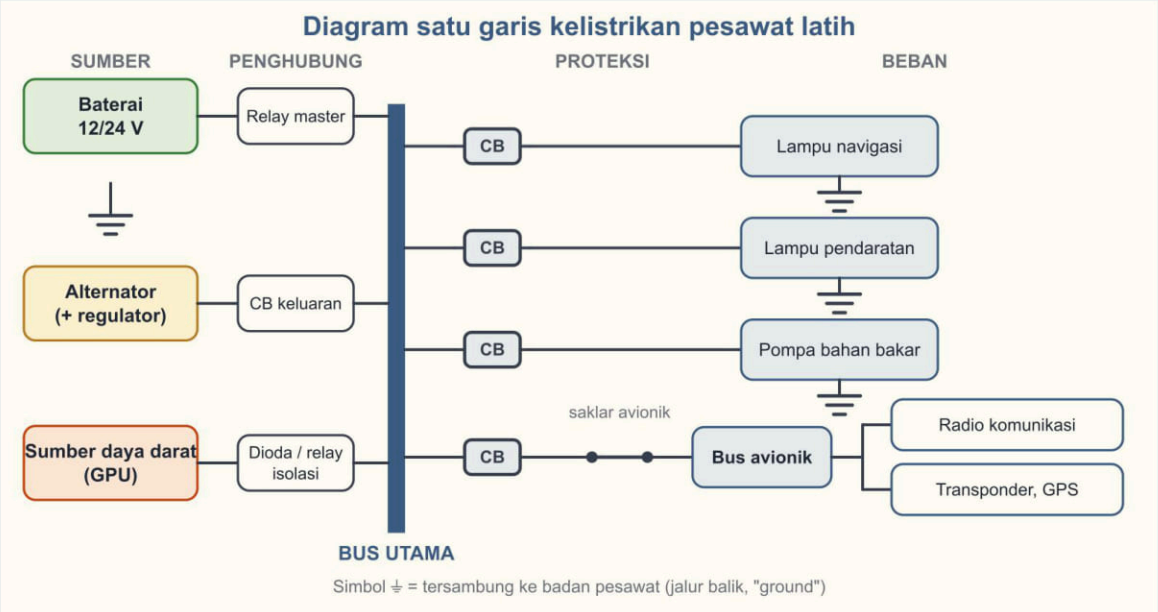
1. Gambaran sistem: sumber, bus, proteksi, beban

Hampir semua pesawat latih bermesin piston memakai **sistem arus searah (DC)** dengan tegangan nominal **14 V** atau **28 V**. Mengapa tegangannya tidak lebih kecil? Karena $P = V \times I$: untuk daya yang sama, tegangan yang lebih tinggi berarti arus yang lebih kecil, sehingga kabel yang dipakai bisa lebih tipis dan lebih ringan. Baterai bertegangan nominal 12 V atau 24 V;

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

tegangan sistem 14 V atau 28 V adalah tegangan saat alternator bekerja dan mengisi baterai.

Aliran listrik dapat digambarkan dengan **diagram satu garis** (Gambar 5.7), yang memperlihatkan urutan: **sumber → penyalur → proteksi → beban**.



Gambar 5.7 Diagram satu garis kelistrikan pesawat latih: sumber (baterai, alternator, sumber daya darat), bus, circuit breaker, dan beban. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Pada pesawat latih umumnya **badan pesawat dipakai sebagai jalur balik** kutub negatif ("ground", sistem satu kawat). Karena itu sambungan logam antar-bagian (*bonding*) dan sambungan ke struktur harus bersih dan kencang. Kawat bonding yang lupa dipasang atau cat yang menghalangi sambungan dapat membuat sebuah alat tidak bekerja dengan baik, seperti akan kamu lihat pada antena radio di sub bab 5.3.

2. Sumber listrik: baterai, alternator, dan GPU

Baterai (*battery*) menyimpan energi kimia dan melepasnya sebagai listrik. Fungsinya ada tiga: memberi arus besar untuk *starter* saat mesin dihidupkan, menjadi **cadangan darurat** bila alternator gagal, dan meredam lonjakan tegangan pada sistem.

Alternator digerakkan oleh mesin lewat sabuk atau poros. Di dalamnya listrik dihasilkan sebagai arus bolak-balik, lalu **disearahkan oleh dioda** (sub bab 5.1) menjadi arus searah. Sebuah **regulator tegangan** menjaga keluarannya tetap pada tegangan sistem (sekitar 14 V atau 28 V) walaupun putaran mesin dan beban berubah. Alternator yang bekerja baik menyuplai seluruh beban sekaligus **mengisi baterai**. Pesawat bermesin lama memakai generator DC; prinsip tugasnya sama.

Sumber daya darat (*ground power unit*, GPU) adalah sumber listrik eksternal di tanah yang disambung lewat konektor khusus pada pesawat. GPU dipakai agar baterai tidak terkuras saat pengujian atau menghidupkan mesin. Sebelum menyambungkannya, pastikan **tegangan dan polaritas sesuai** sistem pesawat, dan sambungkan atau lepaskan dengan saklar dalam keadaan sesuai prosedur. Pada sistem yang memiliki beberapa sumber, **dioda atau relay isolasi**

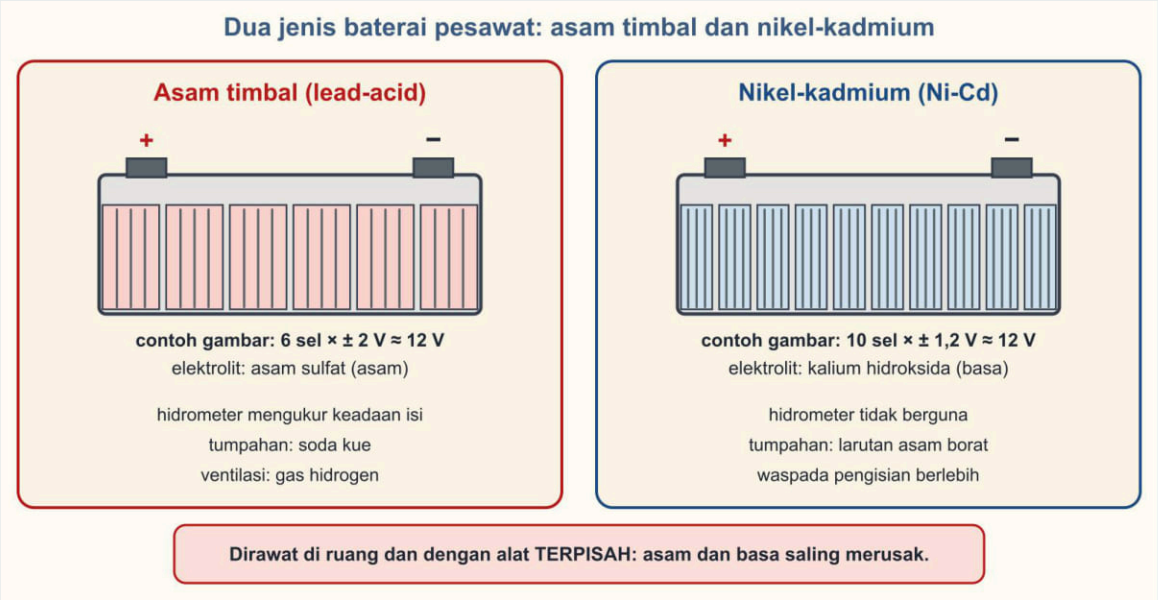
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

mencegah sumber yang satu mengisi atau membebani sumber lain.

Dua saklar yang sering terpasang berdampingan adalah **saklar *master* baterai** (menutup relay besar yang menghubungkan baterai ke *bus*) dan **saklar alternator**. Pada instrumen kokpit, **amperemeter** atau *loadmeter* serta lampu "ALT" memberi tahu pilot apakah alternator bekerja.

3. Baterai: asam timbal dan nikel-kadmium

Dua jenis baterai yang umum di pesawat adalah **asam timbal** (*lead-acid*) dan **nikel-kadmium** (*Ni-Cd*). Keduanya dapat diisi ulang, tetapi berbeda dalam bahan dan cara merawatnya (Gambar 5.8 dan tabel).



Gambar 5.8 Perbandingan baterai asam timbal dan nikel-kadmium: elektrolit, tegangan tiap sel, dan hal yang harus diperhatikan. 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

Hal	Asam timbal	Nikel-kadmium
Elektrolit	asam sulfat encer (asam)	kalium hidroksida (basa)
Tegangan nominal tiap sel	sekitar 2 V (baterai 12 V = 6 sel)	sekitar 1,2 V
Mengukur keadaan isi	hidrometer: kerapatan elektrolit turun saat baterai kosong	kerapatan elektrolit hampir tidak berubah, jadi hidrometer tidak berguna; ikuti prosedur manual
Penetral tumpahan	larutan soda kue (natrium bikarbonat)	larutan asam borat encer
Hal khas	murah dan umum; elektrolit korosif	tahan arus besar; pengisian berlebih dapat memicu kenaikan suhu cepat

Kedua baterai ini **tidak boleh tercampur** dalam perawatan. Elektrolit asam dan basa saling merusak, sehingga kedua jenis harus diisi dan dirawat di **ruang dan dengan alat terpisah** (hidrometer, pipet, corong, dan wadah tidak dipakai bergantian). Keduanya juga tidak sembarang saling menggantikan di pesawat; jenis baterai harus sesuai data pesawat, karena tegangan pengisian dan sifat sistemnya berbeda.

Keselamatan baterai:

- **Ventilasi**: saat diisi, baterai melepaskan **gas hidrogen** yang mudah terbakar. Ruang pengisian harus berventilasi baik, dan tidak boleh ada percikan atau api.
- **Alat pelindung diri**: kacamata atau pelindung wajah dan sarung tangan tahan bahan kimia saat menangani elektrolit.
- **Tumpahan**: dinetralkan dengan penetral yang tepat dan dibersihkan sesuai manual. Penetral asam tidak dipakai untuk basa, dan sebaliknya.
- **Melepas dan memasang**: lepaskan kutub **negatif lebih dulu** dan pasang kutub negatif **terakhir**. Dengan begitu kunci yang menyentuh kutub positif dan badan pesawat tidak menimbulkan percikan.
- **Kapasitas** baterai dinyatakan dalam **ampere-jam (Ah)**. Baterai 25 Ah secara ideal dapat memasok 1 A selama 25 jam, atau 25 A selama 1 jam. Baterai yang sudah tua kapasitasnya turun, jadi hasil hitungan hanyalah perkiraan paling optimis.

4. *Bus*: rel pembagi listrik

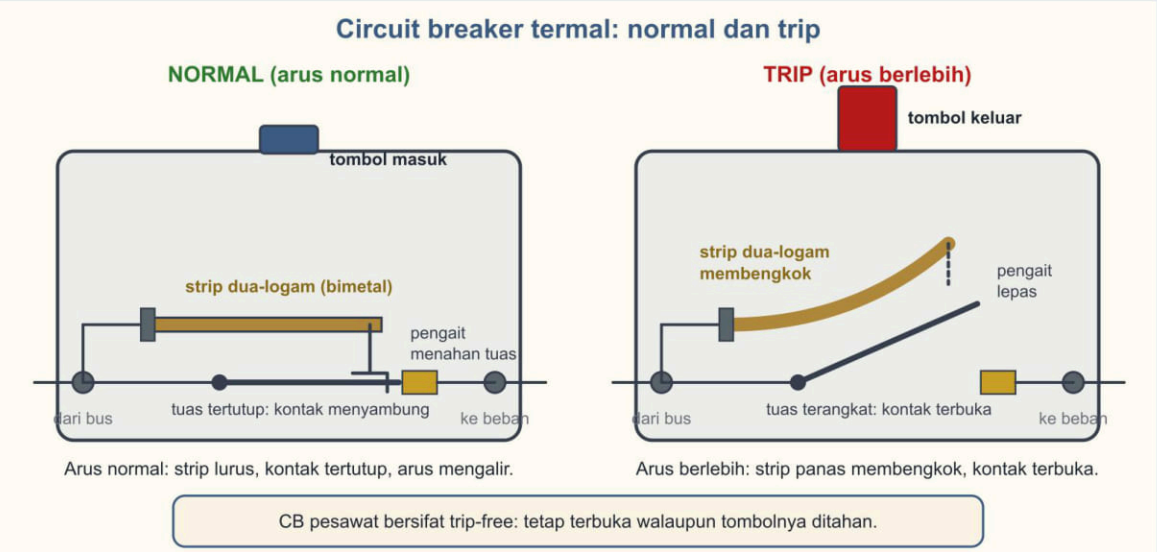
Bus (rel listrik) adalah batang logam tempat banyak kabel beban bertemu untuk menerima listrik dari sumber. Dari *bus* utama (*main bus*), listrik dibagi ke beban-beban lewat CB dan sakelar masing-masing. Banyak pesawat latih memiliki *bus* terpisah untuk **avionik** (radio, transponder, GPS), yang dihubungkan lewat **saklar avionik** sehingga peralatan elektronik peka tidak terkena lonjakan tegangan saat mesin dihidupkan. Pesawat yang lebih lengkap memiliki *essential bus* untuk beban yang harus tetap hidup walaupun satu *bus* bermasalah.

5. Proteksi: *fuse* dan *circuit breaker*

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

Kabel yang dialiri arus berlebih akan panas, meleleh isolasinya, dan dapat menyalakan api. Maka tiap rangkaian dilengkapi pemutus otomatis.

Fuse adalah kawat tipis yang **melebur dan putus** bila arus melebihi ratingnya. Fuse putus harus diganti dengan fuse **berating sama** (jangan lebih besar). **Circuit breaker** (CB) bekerja serupa tetapi **dapat dipasang kembali**. Di dalam CB ada strip dua-logam (*bimetal*): arus berlebih memanaskan strip itu sehingga membengkok dan membuka kontak. Banyak CB pesawat berupa tombol yang **menonjol keluar** saat trip (Gambar 5.9). CB pesawat bersifat ***trip-free***: ia tetap membuka walaupun tombolnya ditahan.



Gambar 5.9 Cara kerja circuit breaker termal: strip dua-logam membengkok oleh panas arus berlebih lalu membuka kontak. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Prinsip memilih rating pengaman adalah yang paling sering diuji:

> **Pengaman melindungi KABEL.** Rating CB atau *fuse* harus **lebih besar daripada arus normal beban** (supaya tidak trip tanpa sebab) tetapi **tidak lebih besar daripada kemampuan arus kabel**.

Kemampuan arus kabel bergantung pada ukuran kabel (dalam sistem AWG, **angka kecil berarti kabel tebal**), panjang, suhu, dan jumlah kabel dalam satu ikatan. Angkanya dibaca dari tabel di manual atau AC 43.13-1B, bukan ditebak.

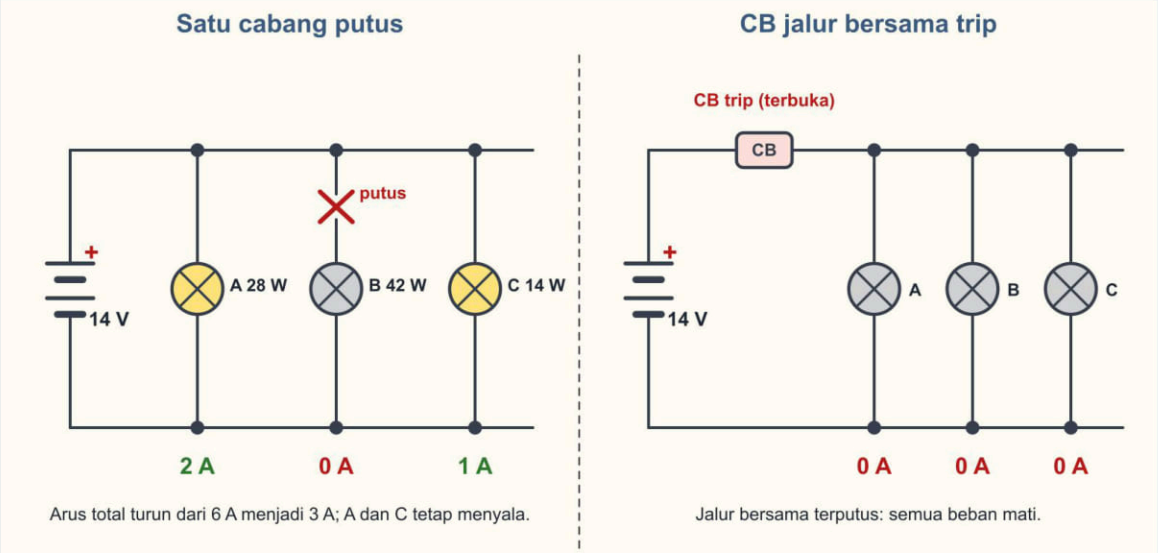
Akibatnya, bila sebuah CB sering trip, tindakan yang benar adalah **mencari penyebab**: beban yang salah (lebih besar daripada spesifikasi), hubung singkat, atau komponen rusak. Trip adalah **informasi**. **Menaikkan rating CB supaya tidak trip** berarti membiarkan kabel dialiri arus yang melampaui kemampuannya, sehingga kabel yang akan "memutus": ia panas lebih dulu dan terbakar. Itu sebabnya CB dengan rating lebih besar tidak boleh dipasang tanpa data modifikasi yang disetujui. Mengatur ulang (*reset*) CB berulang-ulang pun berbahaya; ikuti prosedur pesawat (umumnya paling banyak sekali setelah CB dingin) dan cari penyebabnya.

6. Beban paralel, *open circuit*, dan hubung singkat

Beban-beban pesawat disambung **paralel** pada *bus* (Gambar 5.10), sehingga setiap beban

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

mendapat tegangan penuh dan dapat dinyalakan sendiri-sendiri. Dari sub bab 5.1 kamu tahu: tegangan tiap cabang sama dengan tegangan *bus*, dan **arus total adalah jumlah arus tiap cabang**. Karena itu CB di jalur bersama harus kuat untuk jumlah arus semua beban di belakangnya.



Gambar 5.10 Tiga lampu paralel pada bus: bila satu cabang terbuka, cabang lain tetap menyala; bila jalur bersama terbuka, semua mati. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

Open circuit (rangkaian terbuka) adalah jalur arus yang **terputus**, sehingga arus di jalur itu nol. Penyebabnya bermacam-macam: kawat putus, konektor longgar, sakelar rusak, filamen lampu putus, *fuse* putus, atau CB trip. Yang menentukan akibatnya adalah **letak putusnya**:

- **Putus di satu cabang paralel**: hanya beban pada cabang itu yang mati. Beban lain tetap mendapat tegangan penuh dan tetap menyala normal. Arus total **turun** sebesar arus cabang yang putus.
- **Putus di jalur bersama** (di antara sumber dan titik percabangan): **semua** beban di belakangnya mati.
- Pada beban yang disambung **seri**, putus di mana saja mematikan semuanya, karena hanya ada satu jalur.

Hubung singkat (*short circuit*) kebalikannya: arus menemukan jalan pintas dengan hambatan sangat kecil, misalnya kawat berisolasi terkelupas yang menyentuh badan pesawat. Arus melonjak sangat besar, kabel cepat panas, dan CB atau *fuse* harus memutus. Ringkasnya: *open circuit* menyebabkan arus **hilang**, hubung singkat menyebabkan arus **berlebih**.

Untuk melacak *open circuit* dengan multimeter, ukur **tegangan di titik-titik sepanjang jalur**: tegangan ada sampai tepat sebelum bagian yang putus, lalu hilang sesudahnya. Cara mengukur dan membacanya dibahas di sub bab 2.3.

7. Daya, lama baterai, dan alternator yang gagal

Daya tiap beban dihitung dengan $P = V \times I$, sehingga arus beban adalah $I = P \div V$. Contoh: lampu 56 W pada 14 V menarik $56 \div 14 = 4$ A. **Arus total** pada *bus* adalah jumlah arus semua beban yang menyala.

Bila alternator gagal, semua beban dipasok baterai. Lama baterai bertahan secara ideal:

$$t = \frac{\text{kapasitas (Ah)}}{\text{arus total (A)}}$$

Pilot dilatih melakukan ***load shedding***: mematikan beban yang **tidak penting** menurut kondisi (misalnya lampu kabin saat siang hari) agar arus total turun dan baterai bertahan sampai mendarat. Beban yang penting bagi keselamatan (radio komunikasi, instrumen yang diperlukan) tetap dinyalakan.

Tanda-tanda alternator gagal: lampu "ALT" menyala, amperemeter menunjukkan baterai **mengeluarkan** arus, dan tegangan *bus* turun mendekati tegangan baterai (sekitar 12 V pada sistem 14 V). Langkah pemeriksaan berurutan mulai dari yang paling mudah: saklar alternator, CB medan (*field*) dan CB keluaran, sabuk penggerak, regulator, kabel, lalu alternator sendiri.

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

▣ CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1: memilih rating circuit breaker

Pada 2026, Citra memasang pompa bahan bakar cadangan 98 W dan lampu taxi 70 W pada satu cabang yang dilindungi satu CB. Sistem 14 V DC. Menurut kartu kerja, kabel cabang itu sanggup mengalirkan 20 A. CB yang tersedia: 10 A, 15 A, dan 25 A. Pilih CB yang tepat. *(Kasus fiktif.)*

1. **Hitung arus tiap beban.** Pompa: $98 \div 14 = 7$ A. Lampu: $70 \div 14 = 5$ A.
2. **Jumlahkan karena paralel.** Arus total $= 7 + 5 = 12$ A.
3. **Terapkan dua syarat.** CB harus lebih besar daripada 12 A (supaya tidak trip tanpa sebab), dan tidak lebih besar daripada 20 A (agar kabel terlindungi).
4. **Nilai pilihan.** CB 10 A kurang dari 12 A, sehingga trip saat kedua beban menyala. CB 25 A melampaui 20 A, sehingga kabel bisa terbakar sebelum CB bekerja. CB 15 A memenuhi $12 < 15 \leq 20$.

Jawaban: pasang CB 15 A. Cek akal sehat: ada kelonggaran 3 A di atas beban normal dan masih 5 A di bawah kemampuan kabel.

Contoh 2: dampak cabang yang putus

Tiga lampu pada *bus* 14 V disambung paralel, masing-masing lewat sakelarnya: lampu A 28 W, lampu B 42 W, dan lampu C 14 W. Pada 2027 filamen lampu B putus. Berapa arus total sebelum dan sesudah, dan lampu mana yang tetap menyala? Bagaimana bila yang trip adalah CB di jalur bersama? *(Kasus fiktif.)*

1. **Hitung arus tiap cabang.** A: $28 \div 14 = 2$ A. B: $42 \div 14 = 3$ A. C: $14 \div 14 = 1$ A.
2. **Arus total semula.** $2 + 3 + 1 = 6$ A.
3. **Filamen B putus = cabang B terbuka.** Arus cabang B menjadi 0. Cabang A dan C masih terhubung ke *bus* 14 V sehingga arusnya tetap 2 A dan 1 A, dan keduanya menyala normal.
4. **Arus total baru.** $2 + 0 + 1 = 3$ A, turun 3 A sama dengan arus cabang B.
5. **Bila CB jalur bersama trip.** Jalur dari *bus* ke ketiga cabang terbuka sehingga arus total 0 A dan **ketiga lampu mati**.

Jawaban: sesudah filamen B putus, lampu A dan C tetap menyala, arus total 3 A. Bila CB bersama trip, semua padam.

Contoh 3: menelusuri alternator yang tidak mengisi

Pada 2027 pilot melaporkan lampu "ALT" menyala di pesawat latih. Setelah mendarat, teknisi menjalankan mesin pada 1.500 rpm dan mengukur tegangan: terminal keluaran alternator 14,2 V; sisi masuk CB keluaran alternator ("ALT OUT") 14,2 V; sisi keluar CB itu 12,1 V; *bus* utama 12,1 V. Tentukan letak gangguan dan tindakan. Lalu hitung lama baterai 12 V 25 Ah bila alternator gagal saat terbang siang hari. Beban yang menyala: radio 5 A, transponder 2 A, lampu navigasi 3 A, pompa bahan bakar 6 A, dan lampu kabin 4 A. Hitung sebelum dan sesudah pilot mematikan lampu kabin dan lampu navigasi. *(Kasus fiktif.)*

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

1. **Baca tegangan sepanjang jalur.** Alternator menghasilkan 14,2 V dan tegangan itu tiba di CB. Setelah CB tegangannya hanya 12,1 V, sama dengan baterai. Artinya jalur terputus **di CB itu**: CB trip atau kontaknya rusak.
2. **Tindakan.** Periksa tombol CB dan cari penyebab trip: kabel keluaran yang terkelupas, hubung singkat pada beban, atau CB yang sudah lemah. Bila prosedur membolehkan, reset **sekali** setelah CB dingin. Bila trip lagi, jangan di-*reset* terus dan jangan menaikkan rating; temukan sumber arus berlebih.
3. **Arus total semua beban.** $5 + 2 + 3 + 6 + 4 = 20$ A, sehingga lama baterai ideal $25 \div 20 = 1{,}25$ jam $= 75$ menit.
4. **Arus setelah *load shedding*.** $20 - 4 - 3 = 13$ A, sehingga $t = 25 \div 13 \approx 1{,}92$ jam, sekitar 115 menit.
5. **Cek akal sehat.** Arus turun dari 20 A ke 13 A (sekitar sepertiga lebih kecil) dan waktu naik dari 75 ke 115 menit (sekitar setengah lebih lama). Karena baterai nyata lebih lemah daripada hitungan ideal, pilot tidak boleh menunda pendaratan.

Jawaban: gangguan di CB keluaran alternator. Dengan *load shedding* baterai ideal bertahan sekitar 1,9 jam, dibandingkan 1,25 jam tanpa pengurangan beban.

❖ PETA KONSEP

Gambar 5.11 merangkum isi sub bab ini.



Gambar 5.11 Peta konsep sistem kelistrikan pesawat. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

Yang harus kamu ingat:

- Alur listrik: **sumber → bus → proteksi → beban**, dengan badan pesawat sebagai jalur balik.
- **Baterai** asam timbal (asam) dan nikel-kadmium (basa) dirawat **terpisah**; pengisian melepaskan hidrogen, jadi ruang harus berventilasi.
- **Proteksi melindungi kabel**: rating CB > arus beban dan ≤ kemampuan kabel. Trip adalah informasi: cari penyebabnya, jangan menaikkan rating.
- **Beban paralel**: tegangan sama, arus dijumlahkan. Putus di satu cabang hanya mematikan cabang itu; putus di jalur bersama mematikan semua.
- ***Open circuit*** = arus hilang; hubung singkat = arus berlebih.
- Lama baterai ideal $= \mathrm{Ah} \div \mathrm{A}$; ***load shedding*** memperpanjangnya.

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal kelistrikan:

1. **Gambar jalur arus** dari sumber ke beban dan tandai letak CB, sakelar, serta titik yang putus atau korslet.
2. **Tentukan jenis hubungan beban** (paralel atau seri) sebelum menghitung.
3. **Hitung arus tiap beban** dengan $I = P \div V$, lalu jumlahkan bila paralel.
4. **Cek logika tindakan**: apakah tindakan itu menghilangkan penyebab, atau hanya menyembunyikan gejalanya?

Jebakan yang sering dipasang:

- **"CB diganti rating lebih besar agar tidak trip"**, atau kabel ikut diganti tanpa data modifikasi.
- **Satu cabang paralel putus dianggap mematikan semua beban.**
- **Arus total paralel dikira rata-rata**, bukan jumlah.
- **Dua jenis baterai dirawat bersama** dengan alat yang sama "karena sudah dibilas".
- **Lama baterai dihitung dengan semua beban awal** padahal soal menyebut sebagian beban sudah dimatikan, atau sebaliknya.
- **Open circuit dan hubung singkat tertukar**: putus berarti arus nol, hubung singkat berarti arus terlalu besar.
- **Lampu "ALT" menyala diabaikan** karena "masih ada baterai". Baterai hanyalah cadangan terbatas.

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa menjawab bahwa CB 10 A yang sering trip pada beban 16 A sebaiknya diganti CB 20 A "karena arus bebannya memang 16 A". Padahal kabel hanya sanggup 10 A. Yang benar, beban diperiksa dan dikembalikan ke spesifikasi katalog, bukan ratingnya yang dinaikkan.

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

● BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut membahas CB yang sering trip setelah lampu diganti. Hitung arus beban dulu, lalu nilai tindakan terhadap prinsip "pengaman melindungi kabel".

►. Circuit breaker 10 A untuk lampu pendaratan pesawat latih bertegangan 28 V DC sering trip sejak lampu diganti pada 2027. Katalog suku cadang menetapkan lampu 250 W, tetapi lampu yang terpasang ternyata 450 W karena bentuk dan soketnya sama. Kabel rangkaian itu dirancang untuk arus sampai 10 A, dan bengkel tidak memiliki data modifikasi yang disetujui untuk mengubah rangkaian. Hanif, teknisi magang, diminta menganalisis sebelum memperbaiki.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Analisis dan tindakan yang tepat adalah ....

A. Arus lampu ±16 A melebihi 10 A; pasang lampu 250 W sesuai katalog
B. Arus lampu ±16 A; circuit breaker diganti 20 A agar tidak trip lagi
C. Arus lampu ±8,9 A; circuit breaker rusak karena trip di bawah rating
D. Arus lampu ±16 A; kabel dan CB diganti untuk 20 A agar lampu 450 W dipakai
E. Arus lampu ±16 A; CB diganti 15 A sebagai jalan tengah lampu dan kabel

Pembahasan **Kunci: A**

Konsep: Arus beban I = P ÷ V. Circuit breaker dipilih untuk melindungi kabel; bila beban terlalu besar, bebannya yang diperbaiki (sesuai katalog), bukan rating pengamannya yang dinaikkan.

Langkah:
1. Lampu terpasang: I = 450 ÷ 28 ≈ 16,1 A > 10 A → CB trip dengan benar.
2. Lampu katalog: I = 250 ÷ 28 ≈ 8,9 A < 10 A.
3. Tindakan: pasang lampu 250 W sesuai katalog.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✓ Hitungan benar dan tindakan memperbaiki sumber masalah.
• **B.** ✗ Jebakan: CB 20 A membiarkan arus 16 A mengalir di kabel 10 A sehingga kabel panas dan berisiko terbakar.
• **C.** ✗ Jebakan: memakai daya lampu katalog, padahal yang terpasang 450 W.
• **D.** ✗ Jebakan: secara listrik masuk akal, tetapi mengubah rangkaian adalah modifikasi yang memerlukan data yang disetujui, sedangkan lampu yang benar tercantum di katalog.
• **E.** ✗ Jebakan: tampak kompromi, tetapi CB 15 A tetap membiarkan kabel 10 A kelebihan arus dan lampu 16 A tetap membuatnya trip.

Jawaban: A.

✎ LATIHAN

Untuk tiap soal, gambarkan jalur arusnya dan hitung dulu sebelum memilih pernyataan.

1. Bengkel baterai sekolah penerbangan pada 2027 merawat baterai asam timbal (lead-acid) dan baterai nikel-kadmium (Ni-Cd) untuk pesawat latih. Ruangannya sempit, sehingga Ardi, teknisi magang, mengusulkan agar kedua jenis baterai diisi ulang di meja yang sama dan

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

memakai alat yang sama, seperti hidrometer dan pipet.
(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. Usulan Ardi tidak tepat karena elektrolit asam dapat mencemari dan merusak baterai Ni-Cd yang berelektrolit basa.
☐ B. Ruang pengisian perlu ventilasi baik karena pengisian baterai melepaskan gas hidrogen yang mudah terbakar.
☐ C. Hidrometer dapat dipakai bergantian untuk kedua jenis baterai asal dibilas air sebelum dipindah.
☐ D. Saat menangani elektrolit, teknisi memakai pelindung mata dan sarung tangan tahan bahan kimia.
☐ E. Baterai Ni-Cd dan asam timbal dapat saling menggantikan di pesawat selama tegangannya sama.

2. Pada 2027, Fadil mempelajari laporan pesawat latih yang alternatornya gagal saat terbang siang hari dalam cuaca cerah, sehingga semua beban dipasok baterai 24 V 17 Ah. Beban yang menyala: radio komunikasi 3 A, transponder 2 A, lampu navigasi 2,5 A, pemanas pitot 8 A, dan lampu kabin 1,5 A. Pilot dilatih mematikan beban yang tidak penting (load shedding) agar baterai bertahan sampai mendarat.
(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. Dengan semua beban menyala, baterai ideal bertahan sekitar 2 jam.
☐ B. Arus total semua beban 17 A karena beban-beban itu tersambung paralel pada bus.
☐ C. Mematikan pemanas pitot dan lampu kabin menurunkan arus total menjadi 7,5 A.
☐ D. Setelah load shedding itu, baterai ideal bertahan sekitar 2,3 jam, lebih dari dua kali semula.
☐ E. Mematikan lampu navigasi dan transponder menghemat arus lebih besar daripada mematikan pemanas pitot dan lampu kabin.

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

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

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa rating CB tidak boleh dinaikkan agar CB tidak trip?
- Apa yang terjadi pada lampu lain bila satu lampu pada cabang paralel putus filamennya, dan apa bedanya bila CB di jalur bersama yang trip?
- **Yang harus kuingat:** sumber → bus → proteksi → beban; proteksi melindungi kabel; paralel = tegangan sama, arus dijumlahkan; baterai asam dan basa dirawat terpisah; lama baterai = Ah ÷ A.



Latihan interaktif di LMS

Sub bab 5.2: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktpu&node=SMKTPU-5.2

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

Sub bab 5.3 · Radio komunikasi dan navigasi

SMKTPU-5.3

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu **menjelaskan dan menerapkan sistem radio komunikasi dan navigasi** pada pesawat. Levelnya pemahaman dan aplikasi: kamu mengenali fungsi tiap alat, menalar akibat dari cara pemasangan antena, dan mendiagnosis gangguan sederhana.

Pola soal yang sering muncul: (1) **jangkauan VHF**: gelombang VHF merambat garis lurus sehingga bukit menghalangi dan ketinggian pesawat memperluas jangkauan; (2) **antena dan *bonding***: apa yang terjadi bila antena dipindahkan atau dudukannya tidak tersambung baik ke badan pesawat; (3) **navigasi**: membedakan *localizer* dan *glideslope* pada ILS, serta fungsi VOR, ADF, GPS; (4) **transponder dan ELT**: fungsi dan hal yang perlu diperhatikan saat uji; (5) **diagnosis**: memeriksa lebih dulu bagian yang paling mungkin rusak.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan pita frekuensi dan sifat rambat gelombang VHF, serta menghitung panjang gelombang dan jangkauan garis pandang;
- menjelaskan fungsi, letak, dan syarat pemasangan antena termasuk *bonding*;
- membedakan fungsi ILS (*localizer* dan *glideslope*), VOR, ADF, GPS, transponder, dan ELT;
- menyusun langkah uji dan diagnosis sederhana pada gangguan radio.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Pilot di kokpit dan menara di darat tidak bisa berbicara dengan teriak. Mereka berbicara lewat gelombang radio. Pilot juga tidak dapat melihat landasan di balik awan, jadi ia memakai gelombang radio dari stasiun di darat atau dari satelit untuk mengetahui posisinya. Sub bab ini menjelaskan cara kerja alat-alat itu sampai pada hal yang harus diperiksa teknisi.

1. Gelombang radio, frekuensi, dan panjang gelombang

Gelombang radio adalah gelombang elektromagnetik yang merambat dengan kecepatan cahaya, sekitar 3×10^8 m/s (300.000 km/s). Dua besaran penting:

- **frekuensi** (f): banyaknya getaran tiap detik, satuan **hertz** (Hz). 1 kHz = 1.000 Hz dan 1 MHz = 1.000.000 Hz;
- **panjang gelombang** (λ, dibaca lambda): jarak satu gelombang penuh, satuan meter.

Keduanya dihubungkan oleh:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Makin tinggi frekuensi, makin pendek gelombangnya. Gelombang 125 MHz memiliki

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

$$\lambda = \frac{300.000.000}{125.000.000} = 2{,}4 \text{ m}.$$

Spektrum radio dibagi dalam **pita** (*band*). Penerbangan memakai beberapa pita untuk tugas berbeda (tabel).

Alat	Fungsi	Pita (kira-kira)
Radio komunikasi VHF	bicara pilot–menara	118 sampai 137 MHz
VOR	arah dari stasiun	108 sampai 118 MHz
ILS *localizer*	panduan kiri–kanan	108,10 sampai 111,95 MHz
ILS *glideslope*	panduan naik–turun	sekitar 329 sampai 335 MHz
ADF	arah ke stasiun radio	ratusan kilohertz
Transponder	menjawab radar	1.030 dan 1.090 MHz
ELT	sinyal darurat	406 MHz (juga 121,5 MHz)
GPS	posisi dari satelit	sekitar 1,5 GHz

Angka di tabel adalah gambaran umum agar kamu mengenali pita tiap alat; pengaturan frekuensi mengikuti peraturan dan manual.

2. VHF: bicara pada garis pandang

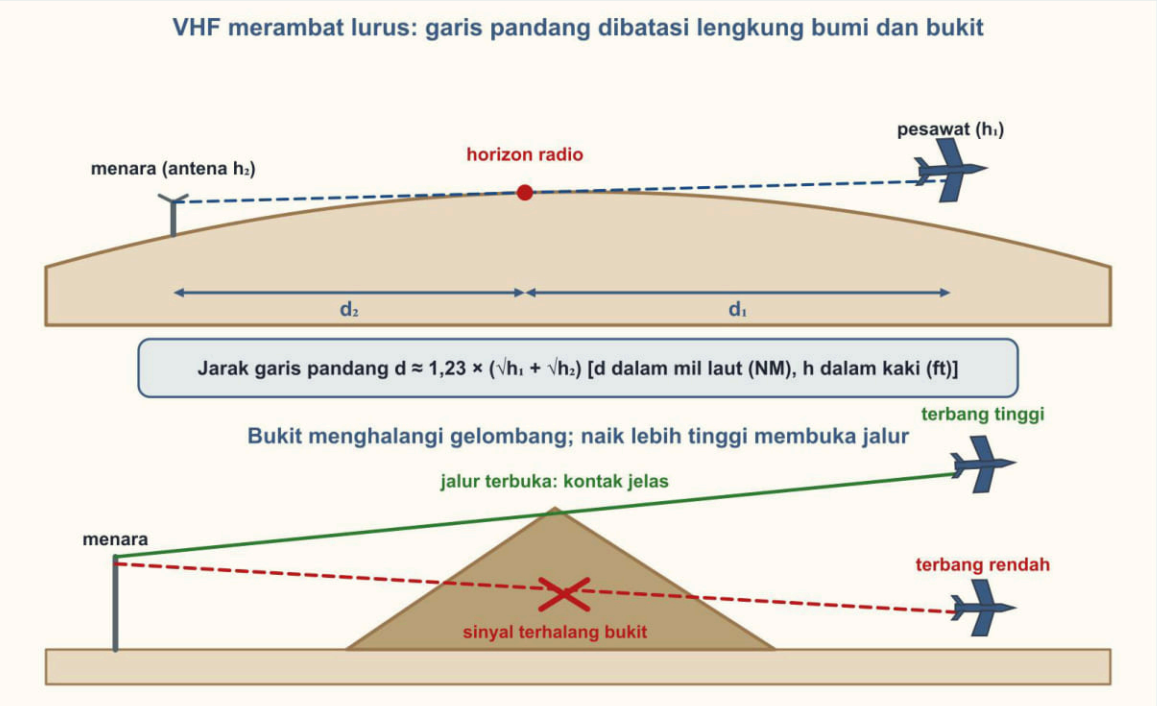
Komunikasi pesawat memakai **VHF** (*very high frequency*, 30 sampai 300 MHz). Alasannya: suara jernih dan relatif bebas derau, serta antenanya cukup pendek. Harganya adalah satu sifat penting: **gelombang VHF merambat lurus (garis pandang)**. Ia tidak mengikuti lengkung bumi dan tidak menembus bukit atau gunung. Jika antena pemancar dan penerima tidak saling "melihat", sinyal melemah atau hilang.

Akibat langsung: **makin tinggi pesawat, makin jauh jangkauannya** (Gambar 5.12). Garis pandang antara dua antena dibatasi oleh *horizon radio*, yaitu titik di lengkung bumi tempat garis lurus menyinggung permukaan. Dengan memperhitungkan sedikit pembelokan gelombang oleh atmosfer, jarak garis pandang kira-kira:

$$d \approx 1{,}23 \times \left(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}\right)$$

dengan d dalam **mil laut** (NM, 1 NM = 1,852 km) dan ketinggian h_1, h_2 kedua antena dalam **kaki** (ft). Rumus ini adalah perkiraan; medan dan cuaca mengubahnya.

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



Gambar 5.12 Jarak garis pandang VHF dibatasi lengkung bumi dan penghalang seperti bukit; terbang lebih tinggi memperluas jangkauan. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Rumus memuat **akar kuadrat**: ketinggian dilipatgandakan empat kali hanya menggandakan jangkauan. Pesawat yang terbang terlalu rendah di balik bukit akan kehilangan kontak walaupun jaraknya dekat, dan kontak pulih ketika pesawat naik atau keluar dari bayangan bukit. Itu bukan kerusakan radio.

3. Radio komunikasi VHF

Satu unit **pemancar–penerima** (*transceiver*) menyatukan pemancar dan penerima. Pilot memilih frekuensi, menekan tombol bicara (*push-to-talk*, PTT) pada tuas atau mikrofon, lalu berbicara. Komponen lain yang dijumpai: mikrofon dan *headset*, penyaring derau (*squelch*) yang membisukan penerima bila tidak ada sinyal, kabel koaksial, dan antena. Frekuensi 121,5 MHz adalah frekuensi darurat internasional yang dipantau oleh stasiun penerbangan.

Gangguan umum: suara putus-putus, jangkauan pendek, bunyi mendesis terus, atau tidak ada suara sama sekali. Penyebabnya sering bukan di pemancar, tetapi di **antena atau kabelnya**: konektor longgar atau berkarat, kabel koaksial tertekuk tajam atau terkelupas, dan dudukan antena yang tidak tersambung ke badan pesawat.

4. Antena: letak, panjang, dan bonding

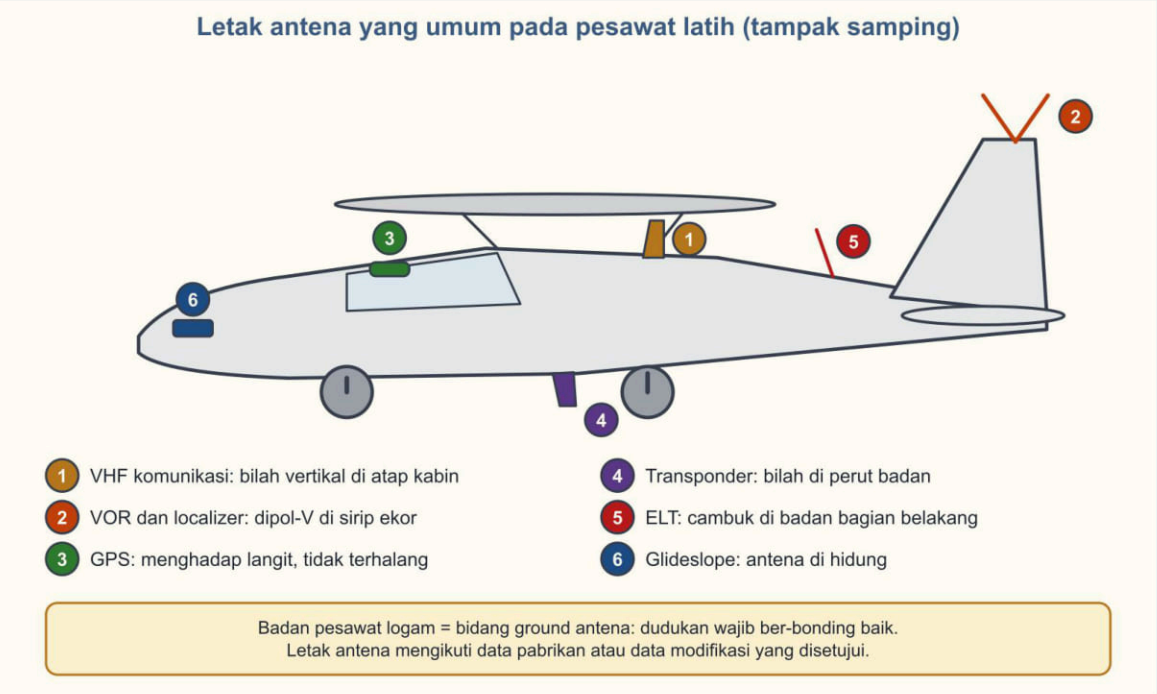
Antena mengubah arus listrik menjadi gelombang radio (dan sebaliknya). Antena yang baik memiliki ukuran kira-kira sebanding dengan panjang gelombang. Antena VHF komunikasi yang umum, yaitu **batang atau bilah vertikal** (*whip* atau *blade*), panjangnya sekitar **seperempat panjang gelombang** ($\lambda/4$) dan **berpolarisasi vertikal** (kawat tegak lurus tanah) mengikuti polarisasi stasiun darat.

Antena seperempat gelombang tidak bekerja sendirian. **Badan pesawat logam bertindak sebagai bidang ground**, yaitu "pelat cermin" yang melengkapi separuh antena. Karena itu

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

dudukan antena harus tersambung listrik dengan sangat baik ke badan (*bonding*). Cat atau lapisan pelindung korosi di bawah dudukan membuat sambungan ini buruk. Akibatnya antena tidak memancar efisien: suara tetap terdengar pada jarak dekat, tetapi jangkauan turun jauh. Perbaikannya: membersihkan lapisan cat di area dudukan sesuai manual, memasang ulang, melindungi dari korosi, lalu mengukur hambatan *bonding* dan memeriksa kinerja antena (misalnya dengan alat ukur kecocokan antena).

Letak antena memengaruhi hasil. Antena ditempatkan menurut data pabrikan atau **data modifikasi yang disetujui**, bukan "di mana ada tempat". Antena yang dipindah ke tempat lain mengubah arah pancar, bayangan badan pesawat, dan jarak ke antena lain. Seluruh pemasangan harus diuji sesudahnya. Posisi dan fungsi antena pesawat latih umum terlihat pada Gambar 5.13 berikut.



Gambar 5.13 Letak antena yang umum pada pesawat latih: komunikasi VHF, navigasi, GPS, transponder, dan ELT. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

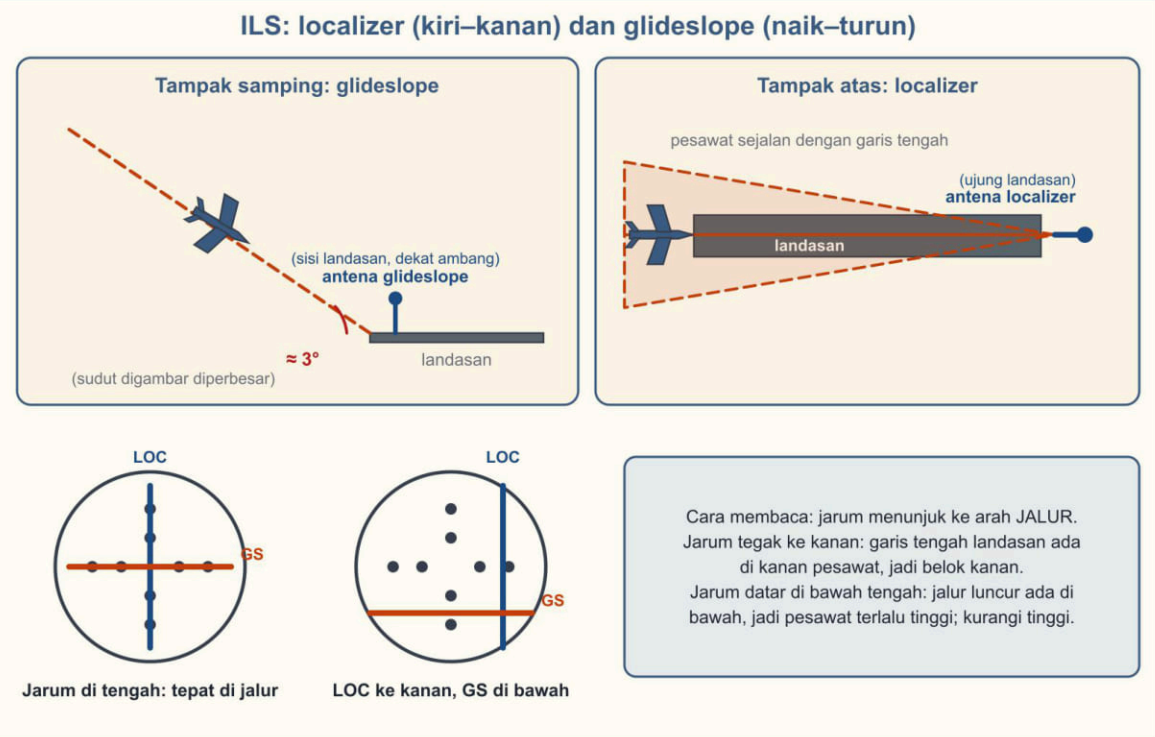
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

5. ILS: pemandu pendaratan saat landasan belum terlihat

ILS (*instrument landing system*) membantu pilot mendarat saat jarak pandang buruk. Dua pemancar di landasan memberi panduan (Gambar 5.14):

- ***Localizer*** memandu **kiri–kanan**: pesawat sejalan dengan garis tengah landasan. Antenanya di **ujung** landasan, dan frekuensinya 108,10 sampai 111,95 MHz (VHF).
- ***Glideslope*** memandu **naik–turun**: pesawat menurun mengikuti sudut yang tetap, sekitar 3° terhadap horizontal. Antenanya di **sisi landasan dekat ambang**, dan frekuensinya sekitar 329 sampai 335 MHz (UHF).

Frekuensi *glideslope* **dipasangkan otomatis** dengan frekuensi *localizer*: pilot cukup memilih satu frekuensi ILS. Di pesawat, sinyal tampil pada indikator dengan dua jarum silang: **jarum tegak** untuk *localizer* dan **jarum mendatar** untuk *glideslope*. Jarum yang bergeser menunjuk ke arah **jalur yang benar**: jarum tegak ke kanan berarti garis tengah landasan ada di kanan pesawat; jarum mendatar di bawah tengah berarti jalur luncur ada di bawah pesawat (pesawat terlalu tinggi). Bendera "OFF" atau "NAV" muncul bila sinyal atau penerima tidak sah.



Gambar 5.14 ILS: localizer memandu kiri–kanan, glideslope memandu naik–turun, dan cara membaca dua jarum pada indikator. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

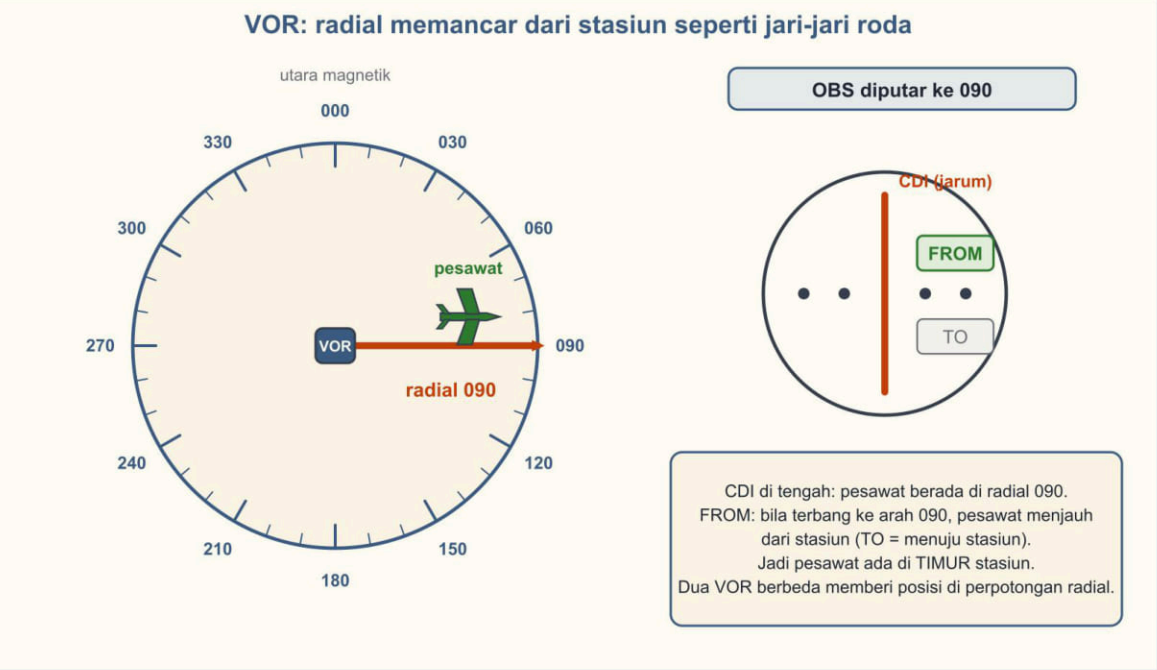
Pada banyak pesawat latih, antena VOR dan *localizer* sama (jenis antena dipol-V di sirip ekor, bagian dari antena navigasi), sedangkan *glideslope* memakai antena terpisah, misalnya di hidung pesawat. Pengetahuan ini penting untuk diagnosis di bagian 9.

6. VOR: arah dari stasiun

VOR (*VHF omnidirectional range*) adalah stasiun darat di pita 108 sampai 118 MHz. Ia memancarkan sinyal ke segala arah, dan penerima di pesawat menentukan **radial**, yaitu garis arah magnetik yang memancar keluar dari stasiun seperti jari-jari roda (Gambar 5.15). Radial

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

dinomori 000 sampai 360 menurut arah mata angin magnetik: radial 090 menunjuk ke timur, 180 ke selatan, 270 ke barat.



Gambar 5.15 VOR: radial memancar dari stasiun, dan indikator memperlihatkan jarum penyimpangan serta bendera TO atau FROM. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Pilot memutar **OBS** (*omni bearing selector*) ke radial yang diinginkan. **Jarum penyimpangan** (CDI) di tengah berarti pesawat berada **di** radial itu (atau di radial kebalikannya). Bendera **FROM** berarti bila pesawat terbang mengikuti arah OBS, ia **menjauh dari stasiun**, dan **TO** berarti menuju stasiun. Contoh: OBS 090 dengan CDI tengah dan bendera FROM berarti pesawat berada di radial 090, yaitu **di timur stasiun**. Dua pembacaan VOR dari dua stasiun yang berbeda memberi **posisi** pesawat di titik perpotongan radial.

7. ADF, GPS, dan alat navigasi lain

ADF (*automatic direction finder*) adalah penunjuk arah ke stasiun radio frekuensi rendah dan menengah yang disebut **NDB** (*non-directional beacon*, suar tak berarah). Jarum ADF menunjuk **ke stasiun**. ADF sederhana dan jangkauannya jauh, tetapi mudah terganggu petir dan pantulan gelombang. **DME** (*distance measuring equipment*) mengukur **jarak** ke stasiun dengan pulsa.

GPS (*global positioning system*) menghitung posisi dari sinyal beberapa satelit. Penerima mengukur selisih waktu tempuh sinyal; posisi tiga dimensi memerlukan minimal **empat satelit**. Sinyal GPS sangat lemah, sehingga **antenanya harus menghadap langit** tanpa terhalang badan pesawat, biasanya di atas badan. Antena yang tertutup atau dipasang di lokasi tersembunyi membuat sinyal buruk.

8. Transponder dan ELT

Transponder adalah pemancar-penerima kecil yang menjawab **pertanyaan radar sekunder** di darat. Radar mengirim interogasi (pada 1.030 MHz), transponder membalas (pada 1.090 MHz) dengan **kode empat digit** yang dipilih pilot dan, pada mode C atau S, juga **ketinggian**. Dengan

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

begitu pengatur lalu lintas melihat identitas dan ketinggian pesawat. Tiga kode khusus: **7500** (pembajakan), **7600** (radio komunikasi mati), dan **7700** (keadaan darurat umum).

ELT (*emergency locator transmitter*) adalah pemancar darurat yang aktif otomatis saat benturan keras atau diaktifkan manual. ELT 406 MHz mengirim sinyal digital yang diterima **satelit pencari dan penyelamat** dan dapat berisi identitas pesawat; ELT lama 121,5 MHz tidak dipantau satelit lagi dan hanya membantu pencarian dari dekat. Hal yang perlu diingat teknisi: ELT bisa aktif karena **pendaratan keras**, jadi pesawat yang baru mendarat keras perlu ELT dimatikan dan dicatat; baterai ELT punya **tanggal kedaluwarsa**; dan uji ELT dilakukan menurut prosedur dan aturan, bukan sembarang waktu, karena sinyal darurat yang nyasar dapat memicu operasi pencarian.

9. Uji dan diagnosis

Beberapa kebiasaan baik untuk mendiagnosis gangguan radio:

- **Mulai dari bagian bersama.** Bila beberapa alat gagal sekaligus, cari bagian yang mereka pakai bersama (daya, antena, kabel). Bila hanya satu alat gagal, periksa bagian yang **khusus** dipakai alat itu.
- **Uji dekat tidak membuktikan kinerja jauh.** Uji di apron hanya membuktikan sistem hidup. Jangkauan, kecocokan antena, dan *bonding* diuji dengan cara yang sesuai, dan setelah modifikasi antena dilakukan **uji kinerja** menurut data modifikasi.
- **Cek hal paling murah dulu**: konektor, kabel, *bonding*, frekuensi yang dipilih, daya, baru ganti unit.
- **Catat** hasil uji, nilai ukur, dan perbaikan di catatan perawatan.

CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1: panjang gelombang dan panjang antena

Pada 2026, Eka memeriksa antena VHF komunikasi bilah vertikal pada pesawat latih yang radionya disetel pada frekuensi 125 MHz. Hitung panjang gelombang dan panjang antena seperempat gelombang. Mengapa antena ini tidak dibuat panjang seperti antena radio AM di rumah? *(Kasus fiktif.)*

1. **Tulis rumus.** $\lambda = c \div f$ dengan $c = 3 \times 10^8$ m/s.
2. **Ubah satuan.** $f = 125$ MHz $= 125 \times 10^6$ Hz.
3. **Hitung panjang gelombang.** $\lambda = \dfrac{3 \times 10^8}{125 \times 10^6} = 2{,}4$ m.
4. **Hitung seperempat gelombang.** $\lambda/4 = 2{,}4 \div 4 = 0{,}6$ m, yaitu 60 cm.
5. **Cek akal sehat.** Frekuensi VHF tinggi sehingga gelombangnya pendek (beberapa meter), dan antena seperempat gelombang hanya 60 cm. Panjang antena nyata dibuat menurut desain pabrikan, jadi sedikit berbeda dari hitungan.

Jawaban: $\lambda = 2{,}4$ m dan antena seperempat gelombang kira-kira 0,6 m. Antena VHF pendek karena gelombangnya pendek.

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

Contoh 2: jangkauan terhadap ketinggian

Pada 2027, pesawat latih yang terbang pada ketinggian 2.500 ft berkomunikasi dengan menara yang antenanya setinggi 100 ft. Hitung perkiraan jarak garis pandang. Berapa jaraknya bila pesawat naik ke 9.000 ft? *(Kasus fiktif.)*

1. **Pakai rumus.** $d \approx 1{,}23 \times (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})$ dengan h dalam ft dan d dalam NM.
2. **Hitung akar.** $\sqrt{2.500} = 50$ dan $\sqrt{100} = 10$.
3. **Jarak pada 2.500 ft.** $d \approx 1{,}23 \times (50 + 10) = 1{,}23 \times 60 \approx 73{,}8$ NM, atau sekitar $73{,}8 \times 1{,}852 \approx 137$ km.
4. **Jarak pada 9.000 ft.** $\sqrt{9.000} \approx 94{,}9$ sehingga $d \approx 1{,}23 \times (94{,}9 + 10) \approx 129$ NM, atau sekitar 239 km.
5. **Bandingkan.** Ketinggian naik $9.000 \div 2.500 = 3{,}6$ kali, tetapi jangkauan hanya naik $129 \div 73{,}8 \approx 1{,}75$ kali. Itu sesuai sifat akar kuadrat.

Jawaban: sekitar 74 NM pada 2.500 ft dan sekitar 129 NM pada 9.000 ft. Jarak ini adalah batas garis pandang tanpa halangan, dan bukit tetap dapat memperpendeknya.

Contoh 3: mendiagnosis bendera NAV

Pada 2027 pilot pesawat latih melaporkan: saat memilih frekuensi VOR dan frekuensi ILS, jarum *localizer* dan jarum VOR sama-sama tidak bergerak dan bendera NAV muncul. Jarum *glideslope* normal. Radio komunikasi VHF normal. Layar unit NAV menyala dan frekuensi yang dipilih tampil benar. Pada pesawat ini antena VOR dan *localizer* satu, sedangkan *glideslope* memakai antena sendiri di hidung. Apa yang diperiksa lebih dulu? *(Kasus fiktif.)*

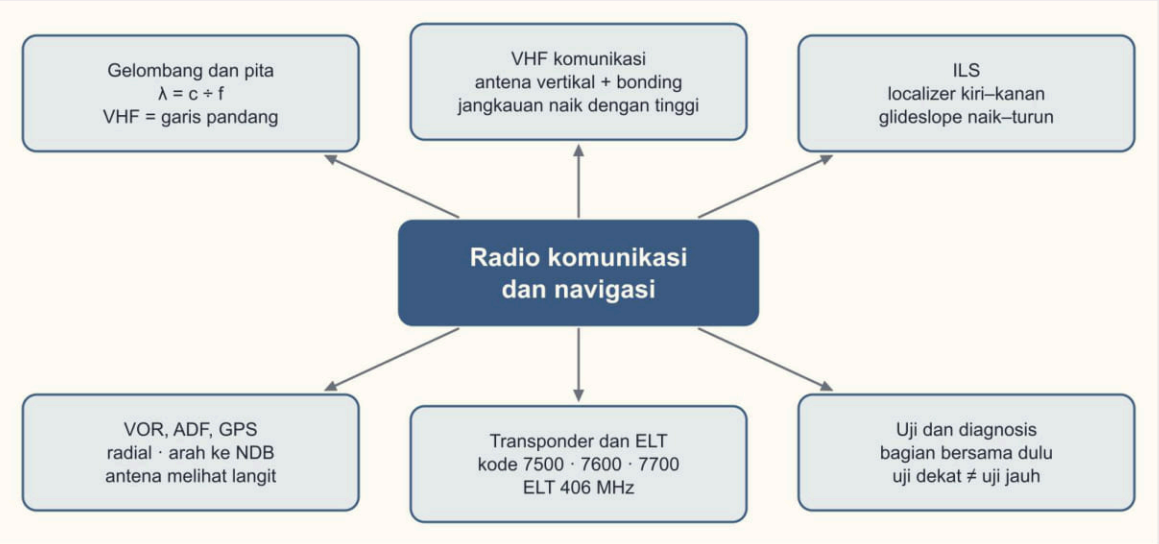
1. **Kumpulkan fakta.** Yang gagal: VOR dan *localizer*. Yang normal: *glideslope*, radio komunikasi, daya unit NAV (layar menyala), dan pemilihan frekuensi.
2. **Cari bagian bersama alat yang gagal.** VOR dan *localizer* sama-sama memakai antena NAV di sirip ekor beserta kabel koaksialnya. *Glideslope* tidak memakainya, dan itu sesuai dengan *glideslope* yang normal.
3. **Singkirkan penyebab lain.** Daya bukan penyebab karena unit hidup dan radio komunikasi normal. Frekuensi bukan penyebab karena sudah benar.
4. **Tentukan pemeriksaan pertama.** Periksa antena NAV, konektor, dan kabel koaksialnya: kabel putus, konektor longgar, atau *bonding* dudukan buruk.
5. **Cek akal sehat.** Pemeriksaan ini murah dan cepat dibanding mengganti unit NAV. Bila antena dan kabel baik, barulah unit NAV diperiksa.

Jawaban: periksa dulu antena NAV (VOR dan *localizer*) dan kabel koaksialnya, karena itu bagian bersama yang hanya dipakai alat yang gagal.

❖ PETA KONSEP

Gambar 5.16 merangkum isi sub bab ini.

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



Gambar 5.16 Peta konsep radio komunikasi dan navigasi. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Yang harus kamu ingat:

- $\lambda = c \div f$; makin tinggi frekuensi, makin pendek gelombang. **VHF merambat garis pandang**: bukit menghalangi, makin tinggi makin jauh ($d \approx 1{,}23(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})$ NM).
- Antena VHF vertikal memakai **badan pesawat sebagai ground**: dudukan harus ber-***bonding*** baik. Uji di apron tidak membuktikan jangkauan jauh.
- **ILS**: ***localizer*** = kiri–kanan; ***glideslope*** = naik–turun (sekitar 3°). **VOR** memberi radial; **ADF** menunjuk ke NDB; **GPS** butuh antena yang melihat langit.
- **Transponder** menjawab radar dengan kode (7500, 7600, 7700 khusus); **ELT** 406 MHz dipantau satelit.
- Diagnosis: **bagian bersama dulu**, hal murah dulu, catat hasil.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal radio dan navigasi:

1. **Tentukan alat yang bermasalah** dan apa yang dikerjakannya (bicara, arah, posisi, atau darurat).
2. **Cari sifat fisik yang relevan**: garis pandang, ground/*bonding*, polarisasi, atau bagian bersama.
3. **Pisahkan yang normal dan yang gagal**; penyebab ada di bagian yang dipakai oleh yang gagal saja.
4. **Pilih tindakan yang memeriksa penyebab**, bukan yang menunggu atau mengganti unit besar.

Jebakan yang sering dipasang:

- **"VHF mengikuti lengkung bumi"** atau "menembus bukit".
- ***Localizer* dan *glideslope* tertukar**: kiri–kanan atau naik–turun.
- **Antena dipindah tanpa uji** karena "radio sudah terdengar di apron".
- **Menambah panjang kabel koaksial** agar antena "lebih jauh dari badan".
- **Mengganti unit yang mahal** sebelum memeriksa antena dan kabel.
- **ELT diuji kapan saja**, atau hasil sinyal darurat setelah pendaratan keras diabaikan.

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa menjawab bahwa suara yang putus-putus di udara pada jarak yang biasanya normal pasti berasal dari stasiun darat karena "di apron suaranya jelas". Padahal apron hanya menguji jarak dekat. Yang benar, periksa dudukan dan *bonding* antena yang baru dipindah.

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut membahas antena VHF yang dipindah dan jangkauan yang menurun. Hubungkan gejala dengan *bonding* dan perhatikan mengapa uji di apron tidak cukup.

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

►. Pada 2027, antena VHF komunikasi pesawat latih dipindah ke punggung badan pesawat sesuai data modifikasi yang disetujui. Setelah pemasangan, uji radio dengan menara di apron terdengar baik, tetapi saat terbang pilot melaporkan suara putus-putus pada jarak yang sebelumnya normal. Pemeriksaan menemukan cat di bawah dudukan antena tidak dikerok sehingga hambatan antara dasar antena dan badan pesawat tinggi.
(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. Karena uji di apron baik, gangguan saat terbang lebih mungkin berasal dari stasiun darat, bukan dari antena.
☐ B. Antena VHF jenis ini memerlukan sambungan listrik (bonding) yang baik ke badan pesawat sebagai bidang ground.
☐ C. Menambah panjang kabel koaksial agar antena lebih jauh dari badan pesawat akan memperbaiki jangkauan.
☐ D. Jangkauan VHF tidak dipengaruhi ketinggian pesawat karena gelombangnya mengikuti lengkung bumi.
☐ E. Perbaikan dilakukan dengan membersihkan cat di area dudukan sesuai manual, lalu hambatan bonding diukur.

Pembahasan **Kunci: B, E**

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

Konsep: Antena VHF komunikasi pesawat memakai badan pesawat sebagai bidang ground sehingga dudukannya harus ter-bonding baik (hambatan sangat kecil). Gelombang VHF merambat garis pandang. Uji di apron hanya membuktikan sistem bekerja pada jarak dekat.

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1 ✗** Jebakan: uji jarak dekat tidak menguji kinerja antena pada jarak jauh; kasus sudah menemukan cacat pemasangan.
• **Pernyataan 2 ✓** Badan pesawat berfungsi sebagai bidang ground; cat menghambat sambungan itu.
• **Pernyataan 3 ✗** Kabel lebih panjang menambah redaman sinyal dan tidak memperbaiki bonding.
• **Pernyataan 4 ✗** VHF merambat garis pandang (line of sight); makin tinggi pesawat, makin jauh jangkauannya.
• **Pernyataan 5 ✓** Mengatasi akar masalah dan membuktikan hasilnya dengan pengukuran.

Jawaban: pernyataan 2, 5.

✎ LATIHAN

Untuk tiap soal, tulis dulu alat yang gagal dan alat yang normal, lalu cari bagian yang hanya dipakai alat yang gagal.

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

1. Pada 2027, pilot pesawat latih melaporkan bahwa saat pendekatan ILS, jarum localizer bekerja normal, tetapi penunjuk glideslope terus menampilkan bendera OFF. Penerima localizer dan glideslope berada dalam satu unit radio navigasi, tetapi glideslope memakai antena terpisah di hidung pesawat dengan kabel koaksial sendiri. Frekuensi yang dipilih pilot sudah benar.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pemeriksaan pertama yang paling tepat adalah ....

A. Mengganti antena localizer karena sinyal localizer menjadi acuan glideslope
B. Mengganti seluruh unit radio navigasi karena di dalamnya ada dua penerima
C. Memeriksa sakelar daya radio karena unit radio diduga tidak mendapat listrik
D. Memeriksa frekuensi ILS di stasiun darat karena kedua sinyal dari satu menara
E. Memeriksa antena glideslope dan kabel koaksialnya karena hanya itu terpisah

Kunci singkat: 1. E

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa jangkauan VHF bertambah ketika pesawat terbang lebih tinggi, dan mengapa kenaikannya tidak sebanding dengan ketinggian?
- Apa beda tugas *localizer* dan *glideslope*, dan mengapa bonding antena penting?
- **Yang harus kuingat:** VHF = garis pandang; antena butuh *bonding* ke badan; localizer = kiri-kanan, glideslope = naik-turun; periksa bagian bersama dulu; uji dekat tidak sama dengan uji jauh.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 5.3: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktpu&node=SMKTPU-5.3

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

Sub bab 5.4 · Sistem kendali terbang dasar

SMKTPU-5.4

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu **menjelaskan dan menerapkan sistem kendali terbang dasar**: bagaimana gerakan tangan dan kaki pilot sampai ke permukaan kendali. Levelnya pemahaman sampai penalaran: kamu menghitung perbandingan gerak pada *bellcrank*, membaca data *rigging*, dan menilai tindakan penyetelan yang benar.

Pola soal yang sering muncul: (1) **perbandingan lengan** pada *bellcrank*: gerak keluaran dihitung dari gerak masukan, dengan jebakan perbandingan terbalik; (2) **tegangan kabel**: nilai yang diizinkan berubah menurut suhu, dan diukur dengan *tensiometer*; (3) ***turnbuckle***: jumlah ulir yang terlihat dan pengaman pengunci; (4) ***rigging***: gerak maksimum tiap arah, *stop* utama dan *stop* sekunder; (5) **pemeriksaan kabel** dan pengantar sistem *fly-by-wire*.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menelusuri jalur kendali mekanis dari kokpit ke permukaan dan menyebut fungsi tiap komponen;
- menghitung gerak dan gaya keluaran *bellcrank* dari perbandingan lengan;
- membaca tabel tegangan kabel terhadap suhu, menggunakan *tensiometer*, dan menyetel *turnbuckle* dengan pengaman yang benar;
- menjelaskan langkah *rigging*, termasuk pengukuran gerak maksimum dan fungsi *stop*, serta membedakan sistem mekanis dan *fly-by-wire*.

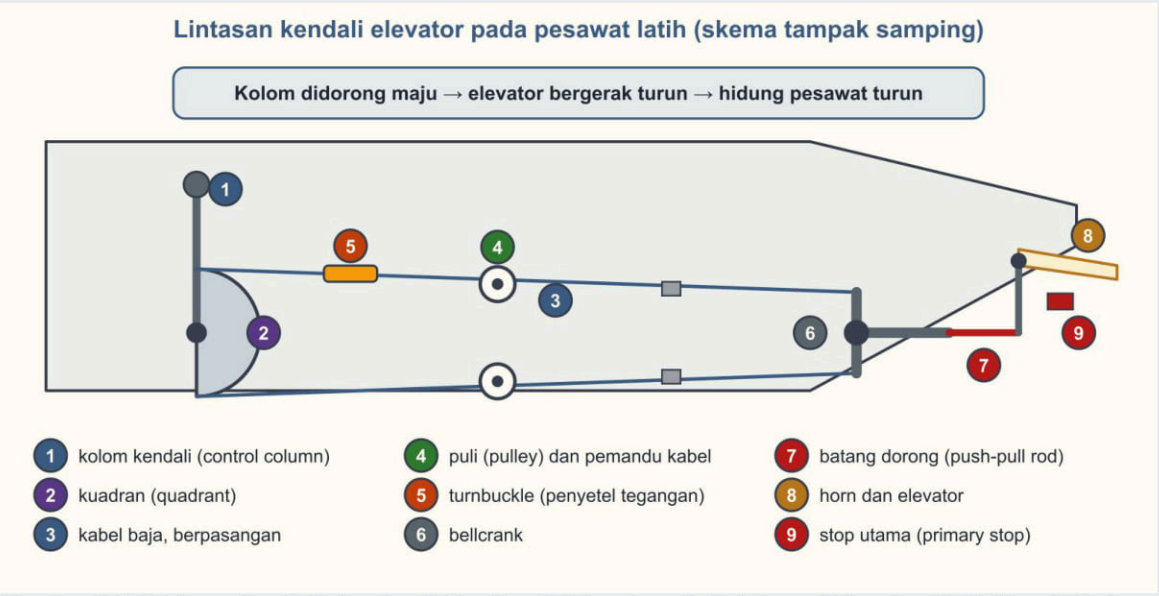
◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Ketika pilot menarik kolom kendali, elevator di ekor harus ikut bergerak tepat, searah, dan tanpa tertinggal. Jarak dari kokpit ke ekor bisa sepuluh meter lebih, jadi gerakan itu harus dibawa lewat **rangkaian penghubung mekanis**. Seluruh rangkaian itu disebut **sistem kendali terbang**. Bila satu sambungan kendor, terbalik, atau macet, pilot kehilangan kendali, maka tiap sambungan diperiksa dengan sangat teliti.

1. Jalur kendali dari kokpit ke permukaan

Pada pesawat latih umumnya ada tiga jalur: **elevator** (naik–turun hidung) digerakkan kolom kendali maju–mundur, **aileron** (miring badan) digerakkan roda atau tongkat yang diputar, dan **rudder** (belok arah) digerakkan pedal. Jalur elevator terlihat pada Gambar 5.17 sebagai contoh.

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



Gambar 5.17 Lintasan kendali elevator: kolom kendali, kuadran, kabel dan puli, turnbuckle, bellcrank, batang dorong, dan horn elevator. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

Komponen utama dan fungsinya:

- **Kolom kendali / pedal**: tempat pilot memberi gerak.
- **Kuadran** (*quadrant*): piringan berbentuk sektor dengan alur untuk kabel; ia mengubah putaran kolom menjadi tarikan kabel.
- **Kabel baja**: membawa gerak sepanjang badan pesawat. Kabel hanya bisa **menarik**, tidak bisa mendorong, sehingga selalu dipakai berpasangan (satu menarik ke satu arah, satu lagi ke arah sebaliknya).
- **Puli** (*pulley*): roda beralur yang mengubah arah kabel dengan gesekan kecil. **Pemandu kabel** (*fairlead*) adalah penuntun dari bahan lunak (misalnya plastik fenolik) yang membelokkan kabel sedikit; belokannya dibatasi menurut manual agar kabel tidak aus.
- ***Bellcrank***: tuas berbentuk "L" yang berputar pada satu poros; ia mengubah arah gerak dan dapat mengubah perbandingan gerak terhadap gaya.
- **Batang dorong** (*push-pull rod*): batang kaku yang dapat menarik dan mendorong. Ujungnya berulir untuk disetel panjangnya.
- ***Horn***: lengan kecil pada permukaan kendali tempat batang dorong menyambung.
- ***Stop***: penahan mekanis yang membatasi gerak maksimum.

Selain kabel dan batang, ada **tabung puntir** (*torque tube*): tabung yang meneruskan gerak lewat putaran, misalnya memutar dua flap bersamaan. Perbandingan ketiganya: kabel ringan dan mudah dibelokkan tetapi hanya bekerja satu arah dan perlu tegangan; batang dorong bekerja dua arah tanpa kendor tetapi lebih berat dan lurus; tabung puntir kompak untuk gerakan putar.

2. Kabel baja dan pemeriksaannya

Kabel kendali dibuat dari **untaian** kawat baja yang dipilin. Dua jenis yang sering disebut: **7×7** (tujuh untai, masing-masing tujuh kawat; cukup lentur) dan **7×19** (tujuh untai, masing-masing 19 kawat; sangat lentur dan cocok untuk melewati puli). Ujung kabel dipasang dengan **terminal pres** (*swage terminal*) yang dijepit mesin, bukan dijepit sembarang. Kabel yang akan lewat puli kecil harus cukup lentur.

Kabel diperiksa dengan cara: menyapukan **kain lap** di sepanjang kabel (kawat putus akan menyangkut kain), melihat karat, aus, dan sambungan yang kendur. Jumlah kawat putus yang masih boleh ditentukan **menurut manual**. Kawat putus pada bagian yang **lewat puli** lebih berbahaya daripada di bagian lurus karena di tempat itu kabel menekuk berulang, sehingga kerusakan di titik itu lebih cepat menjalar.

3. Bellcrank: mengubah arah dan perbandingan gerak

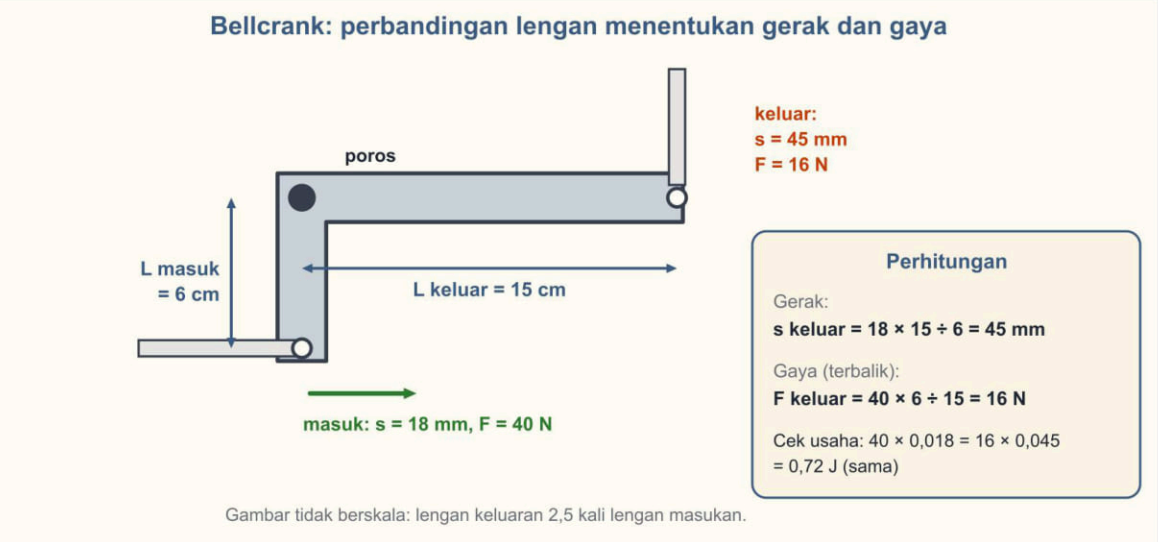
Bellcrank adalah tuas dengan dua lengan yang berputar pada satu poros (Gambar 5.18). Satu lengan menerima gerak dari batang masukan, lengan lain menggerakkan batang keluaran. Karena kedua lengan berputar **dengan sudut yang sama**, pergeseran ujung lengan sebanding dengan **panjang lengannya**:

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

$$s_{keluar} = s_{masuk} \times \frac{L_{keluar}}{L_{masuk}}$$

Lengan keluaran lebih panjang berarti gerak keluaran lebih besar. Sebagai gantinya, **gaya mengecil** dengan perbandingan terbalik. Karena momen terhadap poros sama ($F_{masuk} \times L_{masuk} = F_{keluar} \times L_{keluar}$), maka:

$$F_{keluar} = F_{masuk} \times \frac{L_{masuk}}{L_{keluar}}$$



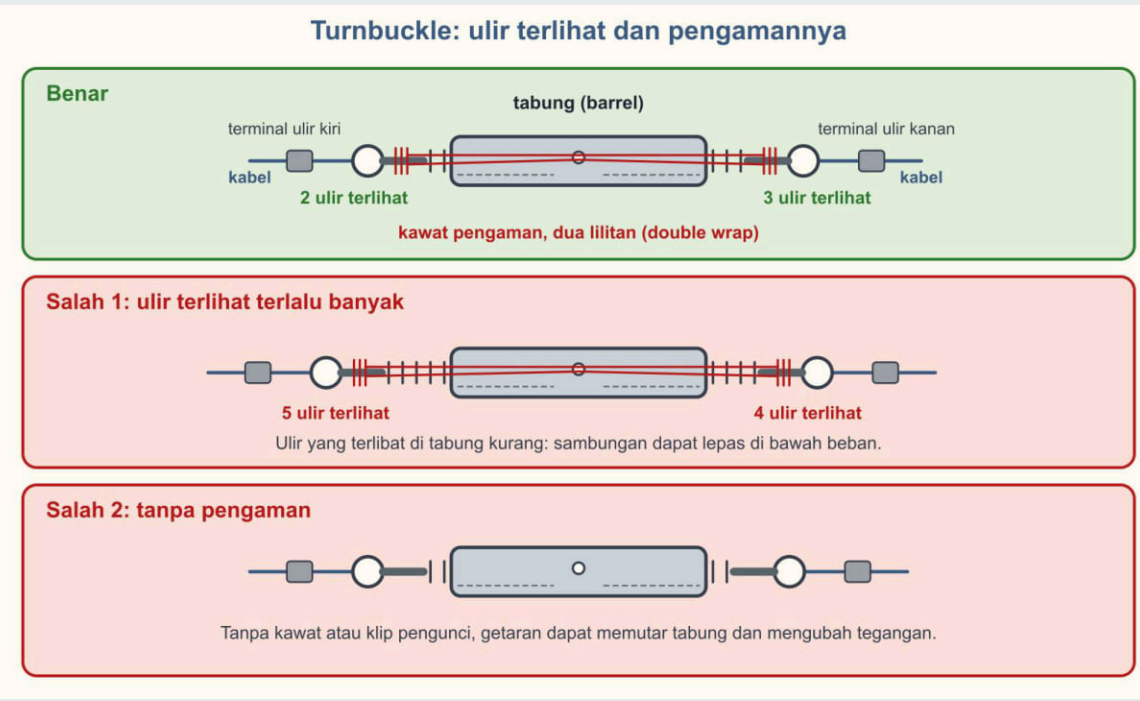
Gambar 5.18 Bellcrank: lengan keluaran lebih panjang memberi gerak keluaran lebih besar dan gaya lebih kecil. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Hubungan ini sejalan dengan kekekalan energi: usaha masuk ($F \times s$) sama dengan usaha keluar pada kondisi ideal. Cara mengingat paling aman: **yang dihitung selalu dikalikan perbandingan "lengan yang dituju dibagi lengan yang diketahui"** untuk gerak, dan kebalikannya untuk gaya. Kesalahan paling sering adalah membalik perbandingan.

4. Turnbuckle: alat menyetel panjang dan tegangan kabel

Turnbuckle adalah alat untuk menyetel panjang kabel dan tegangannya (Gambar 5.19). Ia terdiri dari **tabung berulir (*barrel*)** dan **dua terminal** yang diulirkan ke kedua ujung tabung. Ulir terminal yang satu **ulir kanan**, yang lain **ulir kiri**. Dengan begitu bila tabung diputar satu arah, kedua terminal ditarik masuk (kabel memendek dan tegangan naik), dan bila diputar berlawanan, kedua terminal keluar (kabel memanjang). Yang diputar adalah **tabungnya**, bukan terminal atau kabel.

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



Gambar 5.19 Turnbuckle: ulir kanan dan kiri, jumlah ulir yang boleh terlihat, dan pengaman berupa kawat pilin ganda. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

Aturan pemasangan yang harus diingat:

1. **Ulir terminal harus cukup masuk ke tabung.** Bila ulir yang terlihat di luar tabung terlalu banyak, ulir yang terlibat sedikit dan sambungan dapat lepas di bawah beban. Manual memberi batas; sebagai acuan umum, **tidak lebih dari tiga ulir terlihat di tiap ujung**. Batas yang berlaku adalah menurut manual pesawat.
2. **Setelah tegangan sesuai, turnbuckle harus diamankan.** Tanpa pengaman, getaran dapat memutar tabung sehingga tegangan berubah. Pengaman yang umum: **kawat pengaman** yang dililitkan dua kali (*double wrap*) mengikat tabung ke terminal, atau **klip pengunci** (*locking clip*) yang disetujui. Bila arah lilit salah, kawat justru melonggarkan.
3. **Ujung batang dorong berulir** juga punya aturan serupa: ulir terlibat cukup, dan mur pengunci (*jam nut*) dikencangkan. Banyak batang memiliki **lubang periksa** (*inspection hole*) untuk memastikan ulir masuk cukup; cara membacanya menurut manual.

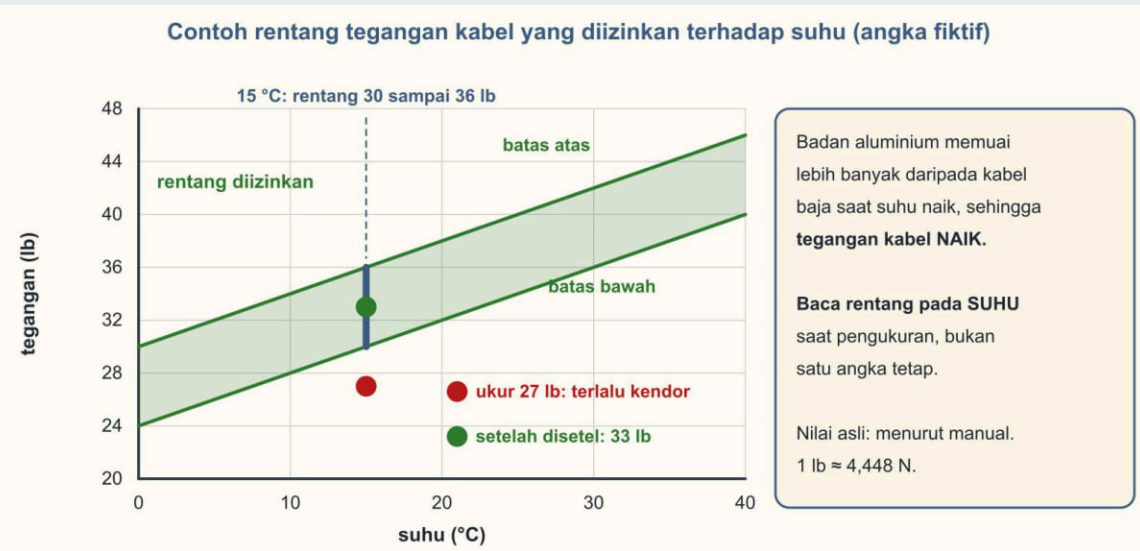
5. Tegangan kabel dan pengaruh suhu

Kabel kendali harus diberi **tegangan awal**. Bila terlalu kendor, kabel dapat keluar dari puli, kendali terasa longgar, dan ada gerak mati sebelum permukaan bergerak. Bila terlalu kencang, gesekan di puli naik, kabel dan bantalan aus lebih cepat, dan kendali terasa berat. Karena itu manual memberi **rentang tegangan** (minimum sampai maksimum).

Tegangan diukur dengan ***tensiometer***: alat yang menekan kabel secara terkontrol lalu menunjukkan tegangan lewat skala atau tabel kalibrasi yang sesuai dengan ukuran kabel dan jenis alatnya. Satuan dalam manual pesawat sering **pon (lb)**, sedangkan 1 lb sekitar 4,448 N.

Mengapa suhu penting? Badan pesawat umumnya aluminium, sedangkan kabelnya baja. **Aluminium memuai lebih banyak daripada baja** ketika panas. Saat suhu naik, badan memanjang lebih daripada kabel sehingga kabel makin tertarik dan **tegangannya naik**. Saat dingin, tegangannya turun. Maka manual memberi tabel **rentang tegangan pada beberapa suhu** (Gambar 5.20): pengukuran pada suhu hanggar harus dibandingkan dengan rentang untuk suhu itu, **bukan satu angka tetap**. Bila suhu hanggar jatuh di antara dua baris tabel, ikuti petunjuk manual (sering boleh menginterpolasi).

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



Gambar 5.20 Contoh rentang tegangan kabel yang diizinkan pada beberapa suhu (angka fiktif, menurut kartu kerja contoh). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

6. Rigging: menyetel sistem agar benar

Rigging adalah proses menyetel seluruh sistem kendali sehingga posisi netral, tegangan, dan gerak maksimum sesuai manual. Langkah umumnya:

1. **Posisikan kokpit dan permukaan di netral** dan kunci dengan **pin *rigging*** atau alat penahan sesuai manual.
2. **Setel panjang kabel** dengan *turnbuckle* sampai tegangan masuk rentang pada suhu saat itu.
3. **Periksa ulir dan pasang pengaman** pada tiap *turnbuckle* dan batang.
4. **Ukur gerak maksimum** permukaan pada tiap arah dengan ***inclinometer*** (alat ukur sudut, dipasang pada permukaan) atau penggaris sudut, dan bandingkan dengan toleransi manual.
5. **Periksa *stop***. *Stop* utama (*primary stop*) berupa baut penyetel di dekat permukaan, yang menentukan batas gerak. *Stop* sekunder (di kolom kendali) hanya cadangan, dan tidak boleh tersentuh lebih dulu daripada *stop* utama. Gerak yang kelebihan atau kekurangan disetel pada *stop* utama arah itu.
6. **Periksa arah gerak** dari kokpit ke permukaan (uji fungsi): kolom ditarik, elevator harus naik; roda diputar ke kanan, aileron kanan naik dan aileron kiri turun; pedal kanan ditekan, rudder ke kanan.
7. **Periksa kebebasan**: tidak ada kabel atau batang yang menyentuh struktur, dan tidak ada alat tertinggal.
8. **Pemeriksaan kedua** oleh orang lain. Kendali terbang termasuk pekerjaan paling kritis, sehingga banyak organisasi mewajibkan pemeriksaan independen sebelum pesawat dirilis.

Setiap arah gerak dinilai **terhadap toleransinya sendiri**. Kelebihan di satu arah tidak bisa "ditutup" oleh kekurangan di arah lain.

7. Pengantar fly-by-wire

Pada ***fly-by-wire***, gerak pilot tidak disalurkan lewat kabel dan batang, melainkan lewat **sinyal listrik**: sensor di kolom mengukur gerak pilot, **komputer** memprosesnya, dan **aktuator** (hidraulik atau listrik) di permukaan menggerakkan elevator atau aileron. Keuntungannya: lebih ringan, dapat dipadukan dengan pengendali otomatis, dan memiliki perlindungan batas terbang. Karena tidak ada tali penghubung, pilot tidak merasakan gaya dari permukaan, sehingga dipasang **pembangkit rasa buatan** (*artificial feel*). Sistem ini dibuat **berlapis cadangan** (redundan) agar satu kerusakan tidak melumpuhkan kendali. Pesawat latih sederhana umumnya masih memakai sistem mekanis, jadi bagian ini cukup kamu kenali konsepnya.

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

▣ CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1: gerak dan gaya keluaran bellcrank

Pada 2026, Gilang memeriksa sebuah *bellcrank* pada sistem kendali pesawat latih. Lengan masukannya 6 cm dan lengan keluarannya 15 cm. Batang masukan bergeser 18 mm dengan gaya 40 N. Hitung geser dan gaya batang keluaran. *(Kasus fiktif.)*

1. **Catat besaran.** $L_{masuk} = 6$ cm, $L_{keluar} = 15$ cm, $s_{masuk} = 18$ mm, $F_{masuk} = 40$ N.
2. **Hitung gerak keluaran.** $s_{keluar} = 18 \times \dfrac{15}{6} = 18 \times 2{,}5 = 45$ mm. Lengan keluaran lebih panjang, jadi geraknya lebih besar.
3. **Hitung gaya keluaran.** $F_{keluar} = 40 \times \dfrac{6}{15} = 40 \times 0{,}4 = 16$ N. Gaya lebih kecil karena geraknya lebih besar.
4. **Cek dengan usaha.** Usaha masuk $= 40 \times 0{,}018 = 0{,}72$ J; usaha keluar $= 16 \times 0{,}045 = 0{,}72$ J. Kedua nilai sama, jadi hitungan konsisten.

Jawaban: batang keluaran bergeser 45 mm dengan gaya 16 N. Jebakan umum adalah menghitung $18 \times 6 \div 15 = 7{,}2$ mm, yaitu perbandingan terbalik.

Contoh 2: menilai tegangan kabel pada suhu hanggar

Pada 2027, Hana memeriksa kabel rudder dengan *tensiometer* di hanggar bersuhu 15 °C. Tabel kartu kerja (angka fiktif) menyebut: pada 10 °C rentang 28–34 lb, pada 20 °C rentang 32–38 lb. Hasil ukur 27 lb. Apa tindakan Hana, dan berapa rentang dalam newton? *(Kasus fiktif.)*

1. **Tentukan rentang pada 15 °C.** 15 °C ada di tengah antara 10 °C dan 20 °C. Interpolasi: batas bawah $\dfrac{28 + 32}{2} = 30$ lb dan batas atas $\dfrac{34 + 38}{2} = 36$ lb. Rentangnya 30–36 lb.
2. **Bandingkan hasil ukur.** 27 lb lebih kecil daripada 30 lb, jadi kabel **terlalu kendor**.
3. **Tindakan.** Putar tabung *turnbuckle* hingga tegangan masuk 30–36 lb. Misalnya setelah disetel terbaca 33 lb: masuk rentang. Periksa bahwa ulir terlihat tidak melebihi batas manual di tiap ujung, lalu pasang pengaman.
4. **Konversi satuan.** Dengan 1 lb ≈ 4,448 N: $30 \times 4{,}448 \approx 133$ N dan $36 \times 4{,}448 \approx 160$ N. Rentang 133–160 N, dan 33 lb sekitar 147 N.
5. **Cek akal sehat.** Tegangan hasil setelan ada di tengah rentang. Memakai rentang 20 °C (32–38 lb) akan membuat 27 lb sama-sama kendor, tetapi rentang yang benar harus sesuai suhu saat pengukuran.

Jawaban: kabel kendor, setel sampai 30–36 lb (sekitar 133–160 N) lalu kunci *turnbuckle*.

Contoh 3: arah gerak elevator terbalik setelah penggantian kabel

Pada 2027, teknisi mengganti kedua kabel elevator pesawat latih. Pada uji fungsi, saat kolom kendali **didorong maju**, elevator **bergerak naik**, padahal seharusnya turun. Tentukan kemungkinan penyebab dan tindakannya. *(Kasus fiktif.)*

1. **Tentukan arah yang benar.** Kolom maju berarti hidung turun; agar hidung turun, ekor harus naik dan elevator bergerak turun (tepi belakang turun).

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

2. **Bandingkan dengan pengamatan.** Elevator naik, berarti arah terbalik. Besar geraknya mungkin benar, tetapi arahnya salah.
3. **Cari penyebab.** Kemungkinan: kabel atas dan bawah tertukar pada kuadran, atau kabel tersambung ke sisi yang salah pada *bellcrank*, atau batang dorong terpasang pada lengan *horn* yang salah.
4. **Tindakan.** Pesawat **tidak boleh dirilis**. Telusuri jalur kabel dari kuadran sampai *bellcrank*, perbaiki sambungan, setel ulang tegangan menurut suhu, pasang pengaman, ulangi uji arah dan ukur gerak maksimum, lalu minta pemeriksaan kedua.
5. **Cek setelah perbaikan.** Kolom didorong maju, elevator turun; kolom ditarik, elevator naik, dan kedua arah masuk toleransi manual.

Jawaban: arah terbalik akibat sambungan kabel atau tuas yang tertukar; perbaiki, uji ulang arah dan gerak, lalu periksa oleh orang kedua sebelum rilis.

❖ PETA KONSEP

Gambar 5.21 merangkum isi sub bab ini.



Gambar 5.21 Peta konsep sistem kendali terbang dasar. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

Yang harus kamu ingat:

- Jalur kendali: **kolom → kuadran → kabel dan puli → *bellcrank* → batang dorong → horn → permukaan**. Kabel hanya menarik; batang dorong menarik dan mendorong.
- ***Bellcrank***: $s_{keluar} = s_{masuk} \times L_{keluar} \div L_{masuk}$; gaya dengan perbandingan terbalik. Gerak lebih besar berarti gaya lebih kecil.
- ***Turnbuckle***: ulir kanan dan kiri, yang diputar adalah tabung; ulir terlihat tidak melebihi batas manual (acuan umum tiga ulir); wajib diamankan.
- **Tegangan kabel dikoreksi suhu**: baca rentang pada suhu saat ukur, menurut manual; ukur dengan *tensiometer*.
- ***Rigging***: netral, tegangan, gerak maksimum tiap arah, *stop* utama (bukan *stop* sekunder), uji arah, pemeriksaan kedua.

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal kendali terbang:

1. **Gambar jalur kendali** dan tandai lengan masukan dan keluaran dengan jelas.
2. **Untuk perbandingan lengan**, tulis "yang dicari = yang diketahui × (lengan dituju ÷ lengan diketahui)" untuk gerak, dan cek dengan usaha.
3. **Untuk tegangan**, tentukan suhu saat pengukuran lebih dulu, lalu ambil rentang untuk suhu itu.
4. **Pilih tindakan lengkap**: menyetel, memeriksa ulir, mengunci, mengukur ulang, dan pemeriksaan.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Perbandingan lengan terbalik**, atau lengan dijumlahkan, bukan diperbandingkan.
- **Tegangan kabel dinilai dengan rentang suhu lain**, atau dengan angka tetap tanpa suhu.
- **Menaikkan tegangan berlebih** "agar tidak turun lagi saat suhu naik".
- ***Turnbuckle* tanpa pengunci** atau dengan ulir terlihat melebihi batas.
- **Menyetel *stop* sekunder** padahal yang harus disetel adalah *stop* utama.
- **Kelebihan di satu arah dianggap tertutup** oleh kekurangan di arah lain.

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa menjawab bahwa tegangan 27 lb pada suhu 15 °C "masih wajar" karena hanya selisih 1 lb dari batas bawah 28 lb pada tabel 10 °C. Padahal rentang yang berlaku adalah rentang untuk suhu saat pengukuran (di sini 30–36 lb), sehingga kabel itu terlalu kendor.

● BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut meminta perhitungan perpindahan batang keluaran *bellcrank*. Tulis dulu rumus gerak, hitung, lalu cek dengan usaha untuk menangkap perbandingan terbalik.

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

►. Pada sistem kendali elevator pesawat latih, sebuah bellcrank memiliki lengan masukan 8 cm dan lengan keluaran 12 cm yang berputar pada satu poros. Saat uji gerak pada 2027, batang dorong (push-pull rod) masukan bergeser 20 mm. Andre ingin memperkirakan pergeseran batang dorong keluaran untuk dicocokkan dengan catatan rigging. *(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Pergeseran batang dorong keluaran adalah ....

A. 13,3 mm
B. 20,0 mm
C. 28,0 mm
D. 30,0 mm
E. 32,0 mm

Pembahasan **Kunci: D**

Konsep: Bellcrank berputar pada satu poros sehingga sudut putar kedua lengan sama; pergeseran ujung lengan sebanding dengan panjang lengan: s_keluar = s_masuk × (lengan keluar ÷ lengan masuk).

Langkah:
1. s_keluar = 20 × 12 ÷ 8 = 30 mm.

Analisis setiap opsi:
- **A.** ✗ Jebakan: perbandingan terbalik (20 × 8 ÷ 12).
- **B.** ✗ Menganggap pergeseran sama, padahal panjang lengan berbeda.
- **C.** ✗ Jebakan: menjumlahkan 20 + 8.
- **D.** ✓ Sesuai perbandingan panjang lengan.
- **E.** ✗ Jebakan: menjumlahkan 20 + 12.

Jawaban: D.

NEXT LEVEL STUDY

✎ LATIHAN

Untuk tiap soal, tulis dulu suhu atau lengan yang berlaku, lalu pilih tindakan yang menyelesaikan penyebabnya.

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

1. Pada 2027, Jihan membantu memeriksa tegangan kabel rudder pesawat latih dengan tensiometer pada suhu hanggar 30 °C. Data rigging menetapkan tegangan 34–40 lb pada 20 °C dan 38–44 lb pada 30 °C, sedangkan hasil ukur 36 lb. Kabel disetel memakai turnbuckle; manual mensyaratkan paling banyak 3 ulir terminal terlihat di luar barrel pada tiap ujung, lalu turnbuckle dikunci dengan safety clip.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tindakan penyetelan yang tepat adalah ....

A. Memutar barrel ke 38–44 lb, lalu memasang safety clip tanpa memeriksa ulir terminal
B. Memutar barrel ke 46 lb agar tegangan tidak turun lagi saat suhu naik, lalu pasang clip
C. Memutar barrel ke 40 lb walau satu terminal menampakkan 5 ulir, lalu pasang safety clip
D. Mencatat 36 lb sebagai wajar karena masih di rentang 34–40 lb, lalu memasang safety clip
E. Memutar barrel ke 38–44 lb, memastikan ulir terlihat ≤ 3 tiap ujung, lalu pasang clip

2. Pada 2027, Nia mengukur sudut gerak elevator pesawat latih dengan inclinometer setelah penyetelan kabel. Hasilnya dibandingkan dengan data rigging pada tabel. Sistem itu memiliki stop utama (primary stop) berupa baut penyetel di dekat elevator, dan stop sekunder di control column yang baru boleh tersentuh setelah stop utama tercapai.

Arah gerak	Data rigging	Hasil ukur
Naik	25° ± 1°	27°
Turun	20° ± 1°	19,5°

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

A. Menyetel stop sekunder di control column agar gerak naik berhenti pada 25°
B. Menyetel stop utama arah naik ke 24°–26°, lalu memeriksa stop sekunder
C. Menyetel baut stop utama arah turun karena 19,5° masih di bawah angka 20°
D. Mengencangkan kabel elevator agar gerak naik berkurang menjadi sekitar 25°
E. Menerima hasil karena kelebihan arah naik tertutupi kekurangan arah turun

Kunci singkat: 1. E 2. B

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

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa gerak keluaran *bellcrank* lebih besar tetapi gayanya lebih kecil bila lengan keluarannya lebih panjang?
- Mengapa tegangan kabel dibaca terhadap rentang untuk suhu saat itu, dan mengapa *turnbuckle* harus diamankan?
- **Yang harus kuingat:** kabel hanya menarik; gerak keluaran = gerak masuk × lengan keluar ÷ lengan masuk; tegangan dikoreksi suhu menurut manual; setel *stop* utama; amankan *turnbuckle*; pemeriksaan kedua.



Latihan interaktif di LMS

Sub bab 5.4: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktpu&node=SMKTPU-5.4

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

Sub bab 5.5 · Instrumen terbang dasar

SMKTPU-5.5

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu **menjelaskan dan menerapkan sistem instrumen terbang dasar**: cara kerja instrumen tekanan dan giroskopik, arti tanda warna pada *airspeed indicator*, serta akibat gangguan pada sistem *pitot–static*. Levelnya pemahaman sampai penalaran: kamu menghubungkan gejala di kokpit dengan penyebab di sistem, lalu memilih tindakan teknisi yang benar.

Pola soal yang sering muncul: (1) **sumbatan**: *static port* yang ditutup selotip setelah pesawat dicuci, atau ujung pitot yang disarangi serangga, dan instrumen mana yang terpengaruh; (2) **tanda warna ASI**: memeriksa muka instrumen baru terhadap data pesawat; (3) **instrumen giroskopik**: apa yang terjadi bila sumber dayanya gagal; (4) **uji kebocoran** dan pemeriksaan sebelum rilis; (5) **altimeter**: pengaturan tekanan dan kesalahan bacaan.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menjelaskan sistem *pitot–static* dan instrumen mana yang memakai tekanan apa;
- membaca tanda warna *airspeed indicator* (putih, hijau, kuning, garis merah) dan memeriksanya terhadap data pesawat;
- menentukan instrumen yang terpengaruh serta arah kesalahannya pada sumbatan pitot atau *static port*;
- menjelaskan prinsip instrumen giroskopik dan kompas magnetik, serta menyusun langkah uji kebocoran dengan benar.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Di dalam awan atau malam tanpa bulan, pilot tidak dapat memastikan kecepatan, ketinggian, dan sikap pesawat hanya dengan melihat keluar. Ia bergantung pada **instrumen terbang**. Karena keputusan pilot sepenuhnya bertumpu pada pembacaan ini, instrumen yang salah baca lebih berbahaya daripada instrumen yang mati: pilot tidak tahu bahwa ia dibohongi.

1. Dua kelompok instrumen

Instrumen terbang dasar dibagi dalam dua kelompok menurut apa yang diukurnya (Gambar 5.22 dan Gambar 5.24).

- **Instrumen tekanan (sistem *pitot–static*)**: *airspeed indicator* (ASI, penunjuk kecepatan udara), **altimeter** (penunjuk ketinggian), dan ***vertical speed indicator*** (VSI, penunjuk laju naik atau turun). Ketiganya mengukur **tekanan udara** di luar pesawat.
- **Instrumen giroskopik**: ***attitude indicator*** (penunjuk sikap atau horizon buatan), ***heading indicator*** (penunjuk arah), dan ***turn coordinator*** (penunjuk laju belok). Ketiganya memakai

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

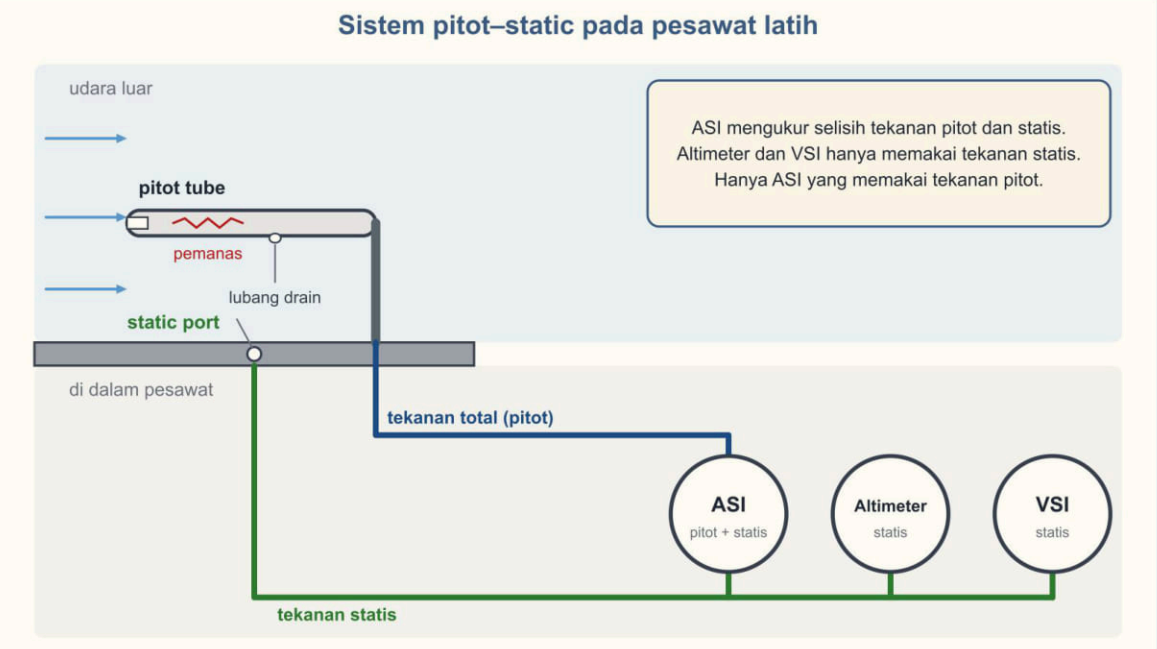
giroskop.

Ditambah **kompas magnetik** yang bekerja sendiri dengan medan magnet bumi. Keenam instrumen pertama biasanya dipasang dalam susunan "enam serangkai" (*six-pack*) di panel.

2. Sistem pitot–static

Sistem tekanan memiliki dua sumber tekanan (Gambar 5.22).

- **Pitot tube** adalah tabung kecil yang menghadap aliran udara di depan. Udara yang menabrak ujungnya terhenti dan memampat, sehingga tekanan di dalam pipa menjadi **tekanan total** (disebut juga tekanan *ram*), yaitu **tekanan statis ditambah tekanan dinamis**. Pada pitot ada **pemanas listrik** untuk mencegah es, dan **lubang drain** kecil di bawah untuk menguras air yang masuk.
- ***Static port*** adalah lubang pada sisi badan pesawat yang **sejajar aliran udara**, sehingga hanya "merasakan" **tekanan statis** udara sekitar, yaitu tekanan atmosfer pada ketinggian itu. Biasanya ada dua port, kiri dan kanan, agar kesalahan akibat pesawat miring saling meniadakan. Banyak pesawat memiliki **sumber statis alternatif** (*alternate static source*) yang diambil dari dalam kabin bila port utama tersumbat.



Gambar 5.22 Sistem pitot–static: pitot tube mengirim tekanan total hanya ke ASI, sedangkan static port mengirim tekanan statis ke ASI, altimeter, dan VSI. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

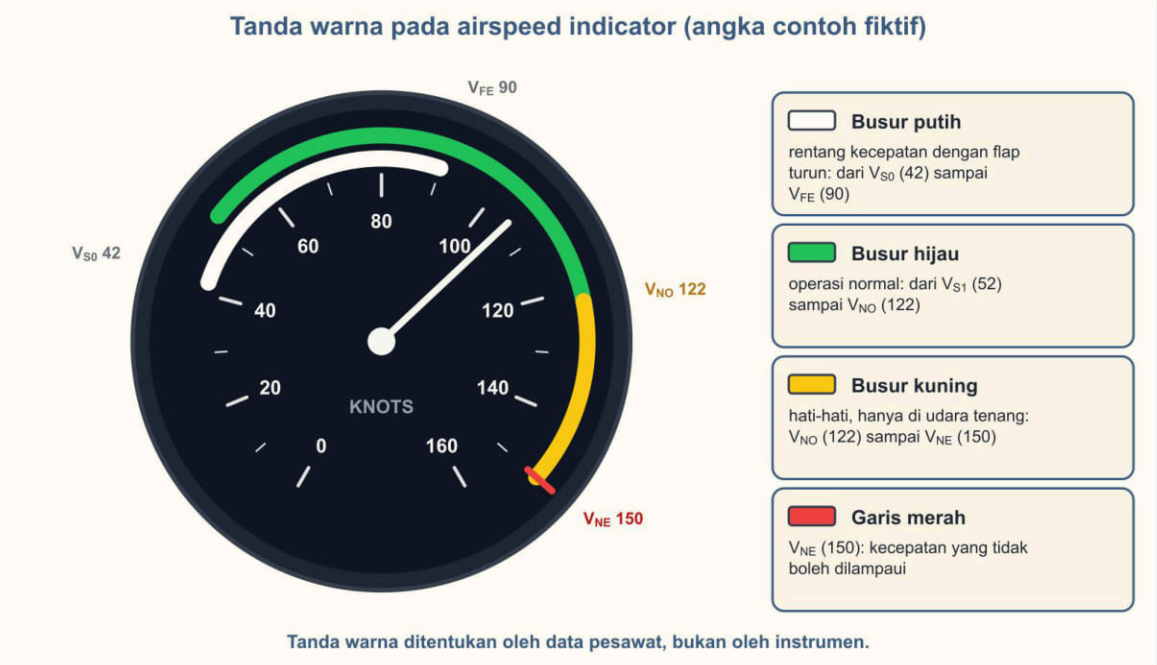
Pembagian tugas tekanan:

Instrumen	Memakai tekanan	Mengukur
ASI	pitot **dan** statis	selisih keduanya, yaitu tekanan dinamis ($\frac{1}{2}\rho v^2$, sub bab 3.1) yang menggambarkan kecepatan
Altimeter	statis saja	tekanan atmosfer, diterjemahkan menjadi ketinggian
VSI	statis saja	laju perubahan tekanan statis, diterjemahkan menjadi laju naik atau turun

Kunci semua soal sumbatan ada pada tabel ini: **hanya ASI yang memakai tekanan pitot**, dan **ketiga instrumen memakai tekanan statis**.

3. Airspeed indicator dan tanda warnanya

ASI menunjukkan kecepatan udara dalam **knot** (1 knot = 1 mil laut per jam = 1,852 km/jam). Pada kaca atau muka ASI ada **busur berwarna** yang memberi batas operasi pesawat tertentu (Gambar 5.23).



Gambar 5.23 Tanda warna pada ASI beserta arti batas kecepatannya (angka contoh fiktif). Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

Tanda	Batas bawah	Batas atas	Arti
Busur putih	V_{S0}: kecepatan *stall* dengan konfigurasi mendarat (flap penuh)	V_{FE}: kecepatan maksimum dengan flap turun	rentang kecepatan saat flap diturunkan
Busur hijau	V_{S1}: kecepatan *stall* tanpa flap	V_{NO}: kecepatan maksimum untuk jelajah normal	rentang operasi normal
Busur kuning	V_{NO}	V_{NE}	hati-hati: **hanya di udara tenang**
Garis merah		V_{NE}: *never exceed*, kecepatan yang tidak boleh dilampaui	batas struktur

Stall adalah keadaan sayap kehilangan daya angkat karena sudut serang terlalu besar (sub bab 3.2). Perhatikan urutan logisnya: $V_{S0} < V_{S1}$ (flap turun memungkinkan terbang lebih lambat), dan $V_{FE} < V_{NO} < V_{NE}$ (flap yang turun tidak tahan kecepatan tinggi).

Tanda warna **tidak ditentukan oleh instrumennya**, tetapi oleh **data pesawat** (buku petunjuk terbang atau data persetujuan). Karena itu saat memasang ASI baru, tanda warna di muka harus **cocok dengan data pesawat itu**. Bila ada yang tidak cocok, instrumen tidak boleh dipasang atau dirilis; pilot yang mengandalkan tanda yang salah akan melampaui batas tanpa sadar.

4. Altimeter dan VSI

Altimeter adalah barometer yang skalanya diubah menjadi ketinggian. Di dalamnya ada **kapsul aneroid**, yaitu wadah tipis kedap udara yang mengembang bila tekanan luar turun (pesawat naik) dan mengempis bila tekanan luar naik. Gerakan kapsul diteruskan ke jarum. Tekanan atmosfer berubah menurut cuaca, jadi altimeter memiliki **jendela pengaturan tekanan** (*Kollsman window*) tempat pilot memasukkan tekanan acuan. Tekanan standar adalah **29,92 inHg atau 1013 hPa**. Dekat permukaan laut, perubahan 1 inHg setara kira-kira 1.000 ft, dan 1 hPa setara kira-kira 27 sampai 30 ft.

Bila pesawat terbang dari daerah bertekanan tinggi ke tekanan rendah **tanpa mengubah pengaturan**, altimeter menunjuk **lebih tinggi daripada ketinggian sebenarnya**: pesawat sebenarnya lebih rendah daripada yang dikira pilot. Itu sebabnya pilot memperbarui pengaturan tekanan dengan informasi dari menara.

VSI (laju naik–turun) bekerja dengan **kebocoran terkalibrasi**. Tekanan statis masuk langsung ke dalam kapsul dan juga ke dalam rumah instrumen lewat lubang sempit. Saat pesawat naik, tekanan di dalam kapsul turun cepat tetapi di rumah instrumen turun lambat, sehingga terbentuk selisih yang menggerakkan jarum. Karena prinsipnya mengukur **perubahan**, VSI menunjuk nol bila pesawat terbang datar, dan ia **tertinggal beberapa detik** di belakang perubahan sebenarnya. Bila sumber tekanan statis terhenti, VSI juga menunjuk nol.

5. Instrumen giroskopik dan kompas magnetik

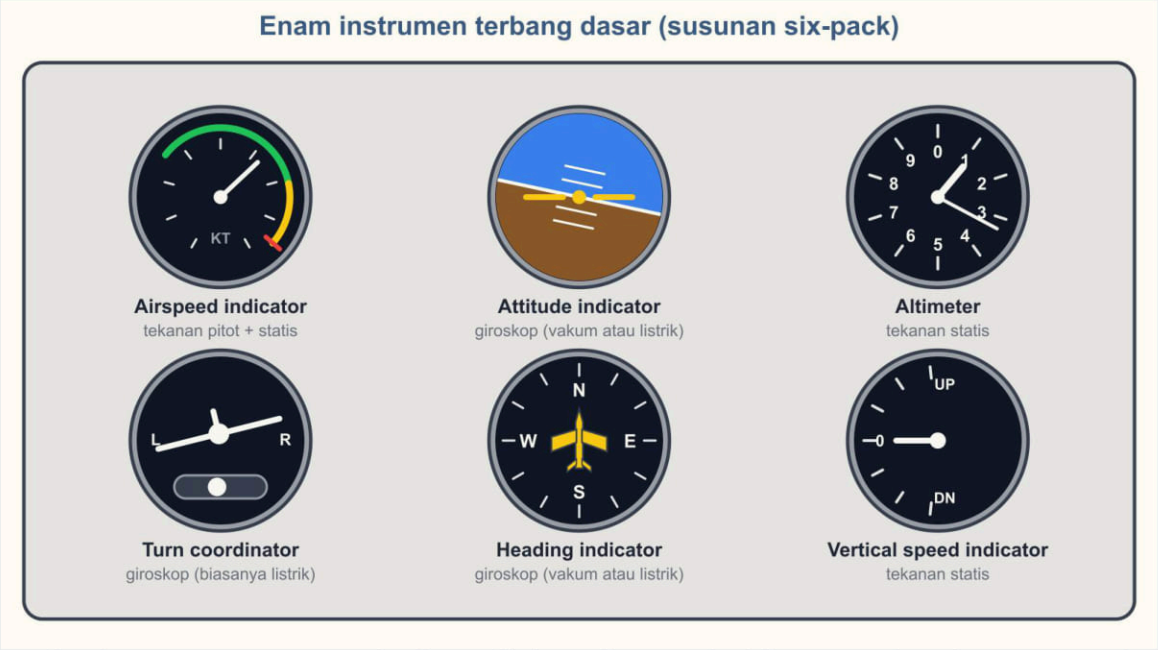
Giroskop adalah roda yang berputar sangat cepat. Ia memiliki dua sifat penting. Pertama, **rigiditas dalam ruang**: sumbu putarnya cenderung tetap menunjuk arah yang sama walaupun rumah instrumen dimiringkan. Kedua, **presesi**: bila ada gaya yang mencoba memiringkan

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

sumbunya, ia bergerak ke arah yang bergeser 90°. Dua sifat ini dipakai untuk membuat patokan yang tidak ikut bergoyang bersama pesawat.

- ***Attitude indicator*** memakai sumbu giroskop **vertikal** untuk menggambarkan **horizon buatan**: langit di atas, tanah di bawah, dan simbol pesawat di tengah. Gerak naik–turun dan miring pesawat terlihat sebagai pergeseran dan putaran horizon.
- ***Heading indicator*** (penunjuk arah) memakai sumbu **horizontal** dan menampilkan arah dalam derajat. Karena giroskop perlahan menyimpang (*drift*), pilot harus **menyetelnya kembali** dengan kompas magnetik secara berkala.
- ***Turn coordinator*** menunjukkan **laju belok** dari giroskop berporos miring, ditambah **bola dalam tabung berisi cairan** yang menunjukkan apakah belokan terkoordinasi (bola di tengah) atau tergelincir.

Susunan keenam instrumen di panel beserta sumber tekanannya atau sumber dayanya terlihat pada Gambar 5.24.



Gambar 5.24 Susunan enam serangkai (six-pack) di panel pesawat latih beserta sumber tekanan atau sumber dayanya. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Giroskop harus diputar oleh sumber daya: **hampa udara** (pompa vakum atau venturi), udara bertekanan, atau **listrik**. Susunan yang umum di pesawat latih memutar *attitude indicator* dan *heading indicator* dengan pompa vakum, sedangkan *turn coordinator* memakai listrik. Akibatnya, bila **pompa vakum gagal**, dua instrumen yang diputar vakum itu perlahan bergoyang dan memberi tunjukan yang menyesatkan, sedangkan instrumen listrik dan instrumen tekanan tetap baik. Itu juga alasan susunan itu dipilih: dua sumber daya berbeda memberi cadangan.

Kompas magnetik adalah magnet yang mengapung dalam cairan peredam, dan menunjuk **utara magnetik**. Ia memiliki kesalahan yang harus dipahami:

- **Variasi**: selisih antara utara magnetik dan utara geografis, berbeda di tiap tempat;
- **Deviasi**: pengaruh logam dan arus listrik di pesawat. Teknisi mengukurnya dengan

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

prosedur ***compass swing*** dan mencatat koreksinya dalam **kartu kompas**;

- **Kesalahan belok dan percepatan** akibat kemiringan medan magnet (*dip*): kompas tidak dapat dipercaya selama belok dan saat percepatan.

6. Sumbatan pada sistem pitot–static dan akibatnya

Karena ASI, altimeter, dan VSI berbagi sumber tekanan, **sumbatan** memberi pola gejala yang khas (Gambar 5.25). Cara membacanya adalah menanyakan: instrumen mana yang kehilangan tekanan yang disumbat?

Akibat sumbatan pada ASI, altimeter, dan VSI

Sumbatan	Airspeed indicator	Altimeter	VSI
Ujung pitot tersumbat, lubang drain terbuka	turun ke NOL	normal	normal
Ujung pitot dan drain keduanya tersumbat	beku saat datar; naik saat menanjak, turun saat menurun (berlaku seperti altimeter)	normal	normal
Static port tersumbat	salah: terlalu RENDAH saat menanjak, terlalu TINGGI saat menurun	BEKU pada ketinggian saat sumbatan terjadi	menunjuk NOL

Instrumen giroskopik dan kompas magnetik tidak memakai tekanan pitot–static, sehingga tidak terpengaruh. Itu petunjuk penting saat mendiagnosis.

Gambar 5.25 Akibat sumbatan pitot dan static port pada ASI, altimeter, dan VSI. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

- **Ujung pitot tersumbat, lubang drain terbuka** (misalnya sarang serangga): tekanan di dalam pipa bocor lewat drain sampai sama dengan tekanan statis, sehingga selisih nol. **ASI turun ke nol**. Altimeter dan VSI normal, karena keduanya tidak memakai tekanan pitot.
- **Ujung pitot dan drain sama-sama tersumbat**: tekanan di dalam pipa terjebak pada nilai saat sumbatan terjadi. ASI **tidak lagi mengikuti kecepatan**. Pada penerbangan datar ia tidak berubah walaupun kecepatan berubah, dan ia berlaku seperti **altimeter**: **menunjuk naik saat pesawat menanjak** (tekanan statis menurun, selisih membesar), dan menunjuk turun saat pesawat menurun.
- ***Static port* tersumbat** (misalnya selotip sesudah pesawat dicuci): tekanan statis yang terjebak tidak berubah. **Altimeter membeku** pada ketinggian saat sumbatan terjadi. **VSI menunjuk nol**. **ASI salah baca**: terlalu **rendah** saat menanjak dan terlalu **tinggi** saat menurun.
- **Sumber statis alternatif dibuka**: tekanan kabin biasanya sedikit lebih rendah daripada tekanan luar sehingga altimeter dan ASI membaca sedikit lebih tinggi dan VSI menunjukkan lonjakan sesaat. Ini pilihan darurat, bukan keadaan normal.

Instrumen giroskopik dan kompas **tidak terpengaruh** sumbatan pitot–static. Itu bukti berharga saat mendiagnosis: bila hanya instrumen tekanan yang aneh sementara instrumen giroskopik

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

normal, curigai sistem pitot–static.

Pencegahan: pasang **penutup pitot dan *static port*** (dengan bendera "*remove before flight*") saat parkir di luar hanggar, dan **lepaskan** sebelum terbang. Setelah mencuci pesawat atau pekerjaan cat, periksa bahwa tidak ada selotip atau cat yang menutup lubang. Periksa **pemanas pitot** bekerja (ujungnya menjadi hangat, hati-hati panas) sebelum terbang di cuaca dingin dan lembap.

7. Uji kebocoran sistem statis

Kebocoran pada sambungan selang statis membuat tekanan statis di instrumen bercampur dengan tekanan kabin, sehingga bacaan altimeter, VSI, dan ASI keliru. Karena itu sistem statis diuji **berkala** dan setiap kali ada pekerjaan di sistem itu. Prinsip pengujian (angka batas menurut manual):

1. **Pasang alat uji** yang disetujui pada *static port* dengan sambungan rapat dan sumbat port lain sesuai prosedur.
2. **Kurangi tekanan perlahan** (vakum kecil) sampai altimeter menunjukkan kenaikan tertentu, misalnya 1.000 ft di atas ketinggian lapangan (nilai menurut manual).
3. **Isolasi sistem** dari sumber vakum (tutup katup alat uji).
4. **Amati altimeter selama 1 menit**. Penurunan indikasi adalah ukuran kebocoran.
5. **Bandingkan dengan batas manual.** Acuan umum dalam AC 43.13-1B bila pabrikan tidak memberi prosedur: tidak lebih dari kira-kira 100 ft dalam 1 menit pada penunjukan 1.000 ft.
6. **Lepaskan tekanan perlahan**, jangan mendadak, supaya instrumen tidak rusak, lalu lepas alat uji dan pasang kembali semua penutup.
7. **Catat hasil** dan rilis hanya bila lolos.

Meniup lubang statis atau pitot dengan mulut tidak diperbolehkan: tekanan yang tak terkendali dapat merusak instrumen, dan kelembapan masuk ke saluran.

Educational Institutions

CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1: ASI bergerak naik padahal kecepatan tetap

Pada 2027, setelah parkir panjang, sarang serangga menutup ujung pitot **dan** lubang drain pada pesawat latih. Pilot menanjak dari bandara pada 85 knot tetap. Altimeter dan VSI bekerja normal. Jelaskan apa yang terbaca di ASI dan beri perkiraan kasar besarnya bila pesawat naik 1.000 ft. *(Kasus fiktif.)*

1. **Tentukan apa yang terjebak.** Tekanan di dalam pipa pitot dan ASI terjebak pada nilai saat lepas landas: tekanan statis ditambah tekanan dinamis untuk 85 knot.
2. **Apa yang berubah?** Tekanan statis menurun saat pesawat naik, sedangkan tekanan terjebak tetap. Selisih (terjebak dikurangi statis) **membesar**, sehingga jarum ASI naik walaupun kecepatan tetap 85 knot.

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

3. **Perkiraan besarnya.** Pada 85 knot ($\approx 43{,}7$ m/s), tekanan dinamis $\frac{1}{2}\rho v^2 \approx \frac{1}{2} \times 1{,}225 \times 43{,}7^2 \approx 1.170$ Pa. Naik 1.000 ft menurunkan tekanan statis kira-kira 3.600 Pa. Selisihnya menjadi $1.170 + 3.600 \approx 4.800$ Pa, setara $v = \sqrt{2 \times 4.800 \div 1{,}225} \approx 88{,}5$ m/s, atau sekitar 170 knot.
4. **Kesimpulan diagnosis.** Altimeter dan VSI normal, jadi sistem statis baik. Gangguan hanya pada sisi pitot: ujung pitot dan drain tersumbat.
5. **Cek akal sehat.** Pesawat latih tidak mungkin tiba-tiba melaju dua kali lipat hanya setelah naik 1.000 ft; bila ASI menunjuk seperti itu padahal suara mesin dan sikap pesawat tidak berubah, ASI-lah yang keliru.

Jawaban: ASI menunjuk naik terus saat menanjak (perkiraan sekitar 170 knot setelah naik 1.000 ft) padahal kecepatan tetap. Penyebabnya sumbatan pada pitot dan drain; bersihkan, uji saluran, dan pasang penutup pitot saat parkir.

Contoh 2: menilai kecepatan terhadap tanda warna ASI

Pada 2026, Indah mempelajari ASI sebuah pesawat latih dengan data (fiktif): $V_{S0} = 42$ knot, $V_{S1} = 52$ knot, $V_{FE} = 90$ knot, $V_{NO} = 122$ knot, $V_{NE} = 150$ knot. Nilai tiap kasus berikut: (a) 70 knot dengan flap turun; (b) 105 knot dengan flap turun; (c) 135 knot saat udara bergolak; (d) 155 knot. Lalu ubah V_{NE} ke km/jam. *(Kasus fiktif.)*

1. **Petakan batas.** Putih 42–90; hijau 52–122; kuning 122–150; garis merah 150.
2. **Kasus (a).** 70 knot ada di dalam busur putih (42–90) dan busur hijau: flap turun pada kecepatan ini **diizinkan**.
3. **Kasus (b).** 105 knot > $V_{FE} = 90$: **melebihi batas flap**, struktur flap dapat rusak. Kurangi kecepatan atau naikkan flap.
4. **Kasus (c).** 135 knot ada di busur kuning (122–150): bila udara bergolak, ini **tidak aman**. Kecepatan harus diturunkan ke busur hijau (maksimal 122 knot).
5. **Kasus (d).** 155 knot > $V_{NE} = 150$: **melampaui batas struktur**. Kurangi kecepatan segera dan laporkan untuk pemeriksaan.
6. **Konversi.** $150 \times 1{,}852 = 277{,}8$ km/jam.
7. **Cek urutan.** $42 < 52$ dan $90 < 122 < 150$, sesuai urutan logis batas.

Jawaban: (a) boleh; (b) melebihi V_{FE}; (c) tidak aman di udara bergolak, turunkan ke ≤ 122 knot; (d) melampaui V_{NE}. V_{NE} sekitar 278 km/jam.

Contoh 3: menyusun dan menilai uji kebocoran statis

Pada 2027, Joko menguji sistem statis pesawat latih setelah altimeter diganti. Menurut kartu kerja (angka fiktif): turunkan tekanan sampai altimeter menunjukkan +1.000 ft di atas lapangan, tahan 1 menit, kebocoran maksimum 100 ft. Hasil: setelah 1 menit indikasi turun dari 1.000 ft menjadi 940 ft. Bagaimana langkah dan keputusannya? *(Kasus fiktif.)*

1. **Pasang alat uji dan sumbat port lain.** Pastikan sambungan rapat dan tidak ada udara lain masuk.

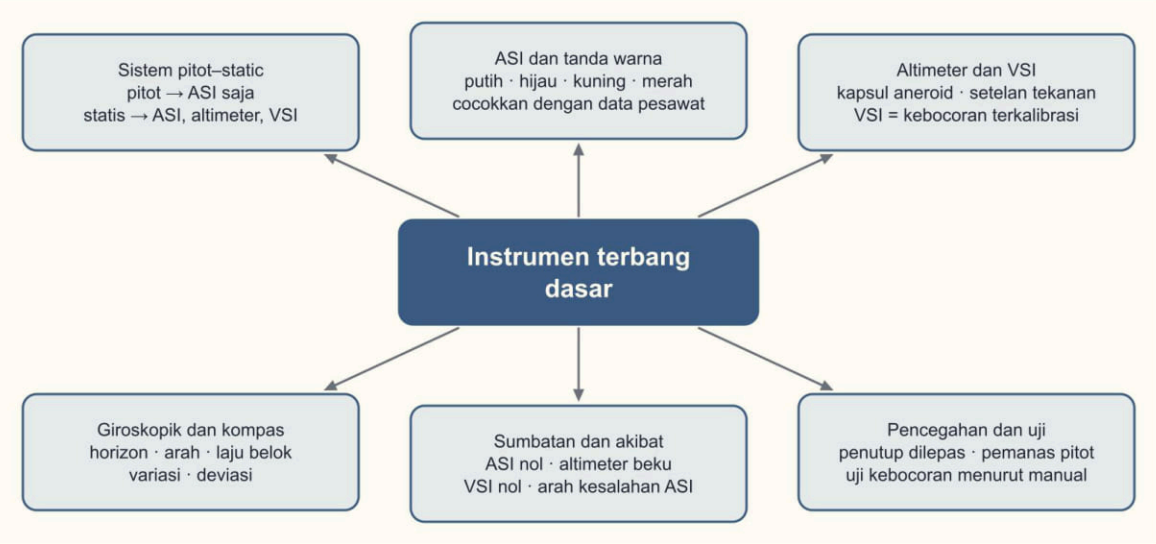
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

2. **Turunkan tekanan perlahan** sampai altimeter menunjuk +1.000 ft, lalu **isolasi** sumber vakum.
3. **Catat indikasi awal** (1.000 ft) dan **tunggu 1 menit**.
4. **Hitung kebocoran.** $1.000 - 940 = 60$ ft dalam 1 menit.
5. **Bandingkan dengan batas.** $60 \leq 100$ ft, jadi **lulus**.
6. **Akhiri dengan benar.** Lepas tekanan perlahan, lepas alat, pasang kembali penutup, dan catat hasilnya di catatan perawatan.
7. **Bila hasilnya gagal**, misalnya turun 140 ft: cari kebocoran di sambungan selang, penjebak air, dan rumah instrumen sebelum menyalahkan altimeter.

Jawaban: kebocoran 60 ft per menit lebih kecil daripada batas 100 ft, sehingga sistem lulus. Batas yang sebenarnya selalu menurut manual.

❖ PETA KONSEP

Gambar 5.26 merangkum isi sub bab ini.



Gambar 5.26 Peta konsep instrumen terbang dasar. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Yang harus kamu ingat:

- **Pitot** memberi tekanan total hanya ke **ASI**; ***static port*** memberi tekanan statis ke **ASI, altimeter, dan VSI**.
- **Pitot tersumbat (drain terbuka)**: ASI ke nol. **Pitot dan drain tersumbat**: ASI seperti altimeter. ***Static* tersumbat**: altimeter beku, VSI nol, ASI salah baca (rendah saat naik).
- **Tanda warna ASI**: putih (V_{S0}–V_{FE}), hijau (V_{S1}–V_{NO}), kuning (V_{NO}–V_{NE}, udara tenang), garis merah (V_{NE}). Cocokkan dengan **data pesawat**.
- **Giroskopik**: horizon buatan, penunjuk arah (disetel dengan kompas), laju belok; bergantung pada vakum atau listrik. Kompas punya variasi, deviasi, dan kesalahan belok.
- **Uji kebocoran**: tekanan diturunkan perlahan, diisolasi, diamati 1 menit, dibandingkan dengan batas manual, dilepas perlahan.

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

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal instrumen:

1. **Tandai instrumen yang bermasalah dan yang normal.**
2. **Cocokkan dengan tabel sumber tekanan**: tekanan mana yang dipakai instrumen yang bermasalah, dan yang normal?
3. **Cari sumbatan atau bagian yang dipakai bersama hanya oleh yang bermasalah.**
4. **Pilih tindakan yang memperbaiki penyebab dan mencegah terulang** (pembersihan, uji, penutup).

Jebakan yang sering dipasang:

- ***Static* tersumbat dianggap hanya memengaruhi ASI.** Altimeter dan VSI juga ikut.
- **Arah kesalahan ASI terbalik** (saat menanjak membaca tinggi, atau ASI naik padahal static tersumbat).
- **ASI nol dianggap rusak** dan langsung diganti tanpa memeriksa pitot.
- **Tanda warna dipasang** tanpa mencocokkan dengan data pesawat.
- **Penutup pitot atau selotip tidak dilepas** setelah pencucian.
- **Altimeter tanpa pengaturan tekanan** dianggap selalu benar.
- **Instrumen giroskopik dianggap ikut terganggu** oleh sumbatan statis.

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa menjawab bahwa ASI yang menunjuk nol pada pesawat yang sudah melaju kencang berarti pompa vakum rusak. Padahal ASI memakai tekanan pitot dan statis, bukan vakum. Yang benar, periksa ujung pitot dan drain, karena altimeter dan VSI yang normal menunjukkan sistem statis baik.

• BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut membahas *static port* yang lupa dibuka setelah pencucian. Cocokkan tiap pernyataan dengan tabel sumber tekanan: instrumen mana yang kehilangan tekanan statis?

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

►. Setelah pesawat latih dicuci pada 2027, lubang static port ditutup selotip dan lupa dilepas, sedangkan pitot tube normal. Saat lepas landas dan menanjak, pilot melaporkan instrumen menunjukkan hal aneh lalu kembali mendarat. Wulan, teknisi magang, diminta menjelaskan pengaruh static port yang tersumbat selama pesawat menanjak.
(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. Altimeter tetap menunjukkan ketinggian bandara karena tekanan statis terperangkap.
☐ B. Airspeed indicator menunjukkan kecepatan lebih tinggi daripada sebenarnya selama menanjak.
☐ C. Attitude indicator dan kompas magnetik tidak terpengaruh karena tidak memakai tekanan statis.
☐ D. Vertical speed indicator menunjukkan nol walaupun pesawat sedang menanjak.
☐ E. Airspeed indicator tidak terpengaruh karena hanya memakai tekanan dari pitot tube.

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

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

Konsep: Altimeter dan VSI memakai tekanan statis; airspeed indicator memakai selisih tekanan pitot dan statis. Static port tersumbat: altimeter membeku, VSI nol, ASI membaca keliru (lebih rendah saat menanjak).

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1** ✓ Altimeter hanya membaca tekanan statis; tekanan terperangkap pada nilai di darat.
• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: tekanan statis terperangkap lebih tinggi dari tekanan luar yang turun, sehingga selisih pitot–statis mengecil dan ASI membaca lebih rendah.
• **Pernyataan 3** ✓ Keduanya bekerja dengan giroskop/magnet, bukan tekanan udara.
• **Pernyataan 4** ✓ VSI membaca laju perubahan tekanan statis; tekanan terperangkap tidak berubah.
• **Pernyataan 5** ✗ Jebakan: ASI membaca selisih tekanan pitot dan tekanan statis, jadi ikut terganggu.

Jawaban: pernyataan 1, 3, 4.

✎ LATIHAN

Untuk tiap soal, tandai instrumen yang bermasalah dan yang normal, lalu cocokkan dengan sumber tekanan atau data pesawat.

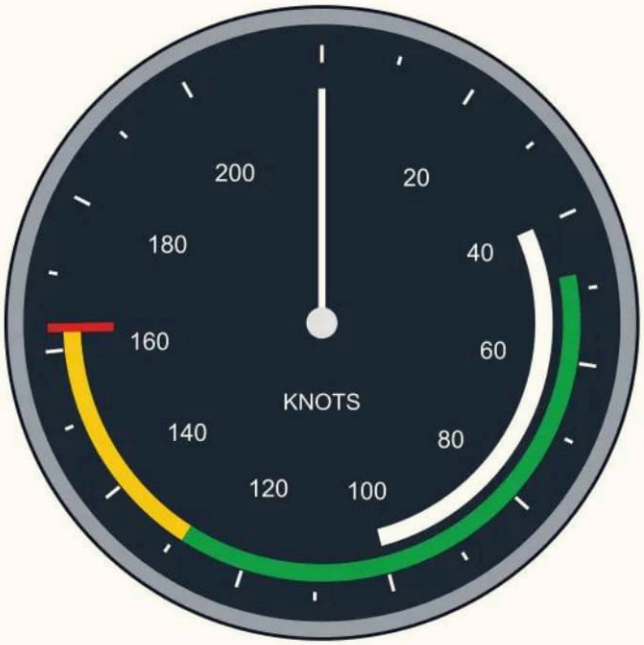
1. Pada 2027, pilot pesawat latih membatalkan lepas landas karena jarum airspeed indicator (ASI) tetap di nol walaupun pesawat sudah melaju kencang di landasan. Altimeter dan vertical speed indicator bekerja normal. Pemeriksaan menemukan sarang serangga di ujung pitot tube, sedangkan static port bersih. Pesawat itu biasa diparkir di luar hanggar

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

tanpa penutup pitot.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Penjelasan dan tindakan yang paling tepat adalah ....

A. Static port tersumbat; port dibersihkan, diuji, lalu altimeter dikalibrasi
B. ASI rusak; ASI diganti, diuji fungsi, lalu pitot ditutup saat pesawat parkir
C. Pitot tersumbat; sarang dibuang, saluran diuji, pitot ditutup saat parkir
D. Pompa vakum rusak; pompa diganti, ASI diuji, lalu filter vakum dibersihkan
E. Pemanas pitot rusak; pemanas diganti, diuji, lalu pitot dibiarkan terbuka

2. Pada 2027, Haris menerima airspeed indicator (ASI) baru untuk pesawat latih. Sebelum dipasang, tanda warna di kaca instrumen harus sesuai data pesawat: busur putih 40–85 knot, busur hijau 48–129 knot, busur kuning 129–163 knot, dan garis merah 163 knot. Gambar memperlihatkan muka ASI yang diterima.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Hasil pemeriksaan yang tepat adalah ....



Airspeed indicator baru
(jarum menunjuk 0 karena pesawat di darat)

A. Busur hijau berakhir terlalu awal sehingga ASI tidak boleh dipasang
B. Garis merah ada di angka yang salah sehingga ASI tidak boleh dipasang
C. Busur putih berakhir terlalu jauh sehingga ASI tidak boleh dipasang
D. Busur kuning dimulai terlalu awal sehingga ASI tidak boleh dipasang
E. Semua tanda sesuai data sehingga ASI dapat dipasang dan dirilis

Kunci singkat: 1. C 2. C

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

✔ PERIKSA DIRI

- Instrumen mana yang memakai tekanan pitot, dan mana yang hanya memakai tekanan statis?
- Mengapa tanda warna ASI harus dicocokkan dengan data pesawat, bukan dengan instrumennya?
- **Yang harus kuingat:** pitot hanya ke ASI; statis ke ASI, altimeter, VSI; pitot tersumbat → ASI nol; statis tersumbat → altimeter beku, VSI nol; putih–hijau–kuning–merah punya batas V masing-masing; uji kebocoran perlahan dan menurut manual.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 5.5: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktpu&node=SMKTPU-5.5

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

Sub bab 5.6 · Sistem pneumatik dan hidraulik

SMKTPU-5.6

◎ APA YANG DIUJI

Kisi-kisi resmi meminta kamu **menjelaskan dan menerapkan prinsip dasar sistem pneumatik dan hidraulik** pada pesawat. Levelnya pemahaman sampai penalaran: kamu menghitung gaya dengan hukum Pascal, mengenali komponen dan fungsinya, serta menalar penyebab gangguan dari data tekanan.

Pola soal yang sering muncul: (1) **hitungan hukum Pascal**: gaya pada piston kaliper rem dari gaya pedal dan perbandingan luas; (2) **fluida**: cairan mineral dan fosfat ester tidak boleh dicampur dan apa tindakan bila tercampur; (3) **diagnosis** dengan data tekanan di beberapa titik, misalnya roda pendarat yang bergerak lambat; (4) **perbandingan hidraulik dan pneumatik**: sistem mana yang cocok untuk kebutuhan tertentu; (5) **cadangan darurat** seperti botol nitrogen untuk menurunkan roda.

Setelah mempelajari sub bab ini, kamu dapat:

- menghitung tekanan dan gaya dengan $P = F \div A$ dan hukum Pascal, termasuk pengaruh perbandingan luas;
- menjelaskan fungsi reservoir, pompa, filter, katup pelepas, katup pemilih, aktuator, dan akumulator;
- menjelaskan sistem rem hidraulik, jenis fluida dan seal yang cocok, serta menolak pencampuran fluida;
- membandingkan hidraulik dan pneumatik, serta mendiagnosis gangguan dari gejala dan data tekanan.

◆ KONSEP, RUMUS, DAN CONTOH

Menaikkan roda pendarat yang berat, menurunkan flap, atau menghentikan pesawat yang meluncur di landasan memerlukan gaya yang jauh lebih besar daripada kekuatan otot pilot. Pesawat memakai **fluida bertekanan** untuk itu: gaya kecil dari pedal diubah menjadi gaya besar di rem, dan gerak yang kuat dapat dikendalikan dengan satu tuas kecil. Fluida itu berupa **zat cair** pada sistem **hidraulik**, dan **gas** (udara atau nitrogen) pada sistem **pneumatik**.

1. Tekanan dan hukum Pascal

Tekanan (P) adalah gaya tiap satuan luas:

$$P = \frac{F}{A}$$

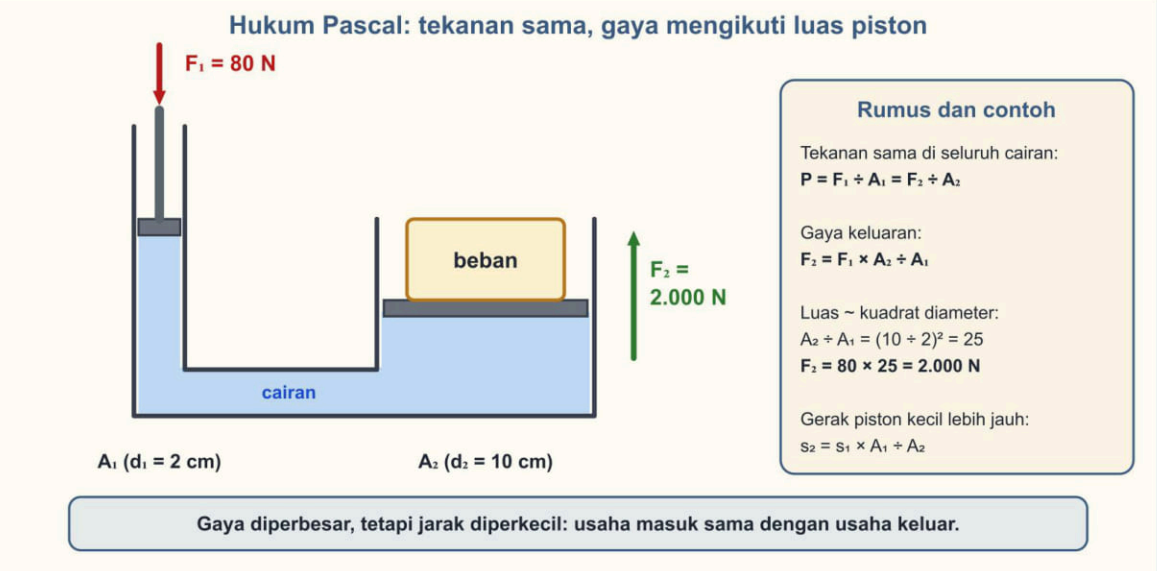
Satuannya pascal (Pa, $= \mathrm{N/m^2}$). Di manual pesawat dipakai **psi** (*pounds per square inch*, pon per inci persegi); 1 psi $\approx$ 6,9 kPa, sehingga 1.000 psi $\approx$ 6,9 MPa. Sistem hidraulik pesawat latih

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

bekerja pada tekanan ratusan sampai ribuan psi.

Dasar semua sistem hidraulik adalah **hukum Pascal**: **tekanan yang diberikan pada fluida di ruang tertutup diteruskan sama besar ke segala arah**. Bayangkan dua silinder yang dihubungkan pipa dan penuh cairan (Gambar 5.27). Piston kecil (luas A_1) didorong dengan gaya F_1 dan menimbulkan tekanan $P = F_1 \div A_1$. Tekanan itu sama pada piston besar (luas A_2), sehingga gaya pada piston besar adalah $F_2 = P \times A_2$. Jadi:

$$F_2 = F_1 \times \frac{A_2}{A_1}$$



Gambar 5.27 Hukum Pascal: tekanan sama di seluruh cairan, sehingga gaya sebanding dengan luas piston. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

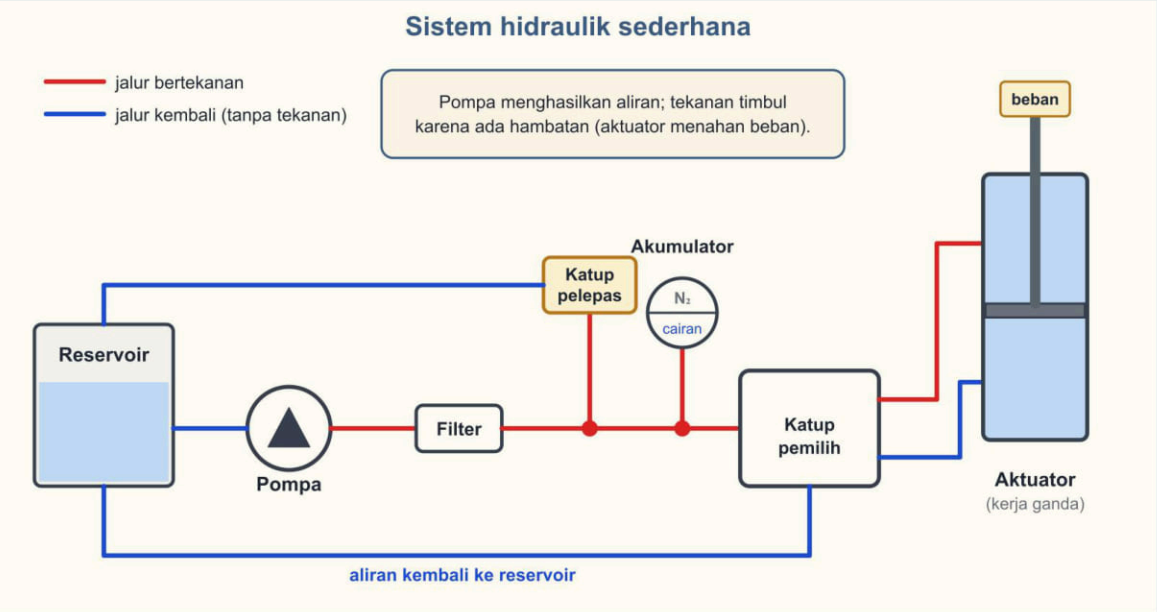
Yang **sama** pada kedua piston adalah **tekanan**, bukan gayanya. Gaya pada piston besar lebih besar sebanyak perbandingan luas. Pengganda gaya ini ada harganya: cairan hampir tidak dapat dimampatkan, sehingga volume yang dipindahkan sama pada kedua sisi. Piston kecil harus bergerak **lebih jauh**, dengan perbandingan terbalik ($s_1 \times A_1 = s_2 \times A_2$). Usaha masuk sama dengan usaha keluar: kamu tidak mendapat energi gratis, hanya menukar gaya dengan jarak.

Hati-hati dengan **luas**. Luas lingkaran $A = \pi d^2 \div 4$ sebanding dengan **kuadrat** diameter. Piston yang diameternya 5 kali lebih besar memiliki luas **25 kali** lebih besar, bukan 5 kali.

2. Komponen sistem hidraulik

Sistem hidraulik sederhana mengalirkan fluida dari reservoir, melalui pompa dan katup, ke aktuator, lalu kembali ke reservoir (Gambar 5.28).

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



Gambar 5.28 Sistem hidraulik sederhana: reservoir, pompa, filter, katup pelepas, akumulator, katup pemilih, dan aktuator, dengan aliran tekanan dan aliran kembali. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

- **Reservoir**: tangki tempat fluida. Ia menyediakan cadangan fluida, memberi ruang bagi perubahan volume karena suhu atau gerak aktuator, dan memberi kesempatan udara terpisah dari fluida. Levelnya diperiksa menurut manual.
- **Pompa** (*pump*): digerakkan mesin atau listrik. Pompa **menghasilkan aliran**, dan tekanan **timbul karena ada hambatan** di jalur (aktuator yang menahan beban, katup yang menutup). Bila pompa aus, aliran dan tekanan yang bisa dicapai turun.
- **Filter**: menyaring kotoran logam dan partikel agar katup dan seal tidak rusak. Filter tersumbat membuat tekanan **turun tajam sesudahnya**.
- **Katup pelepas tekanan** (*relief valve*): bila tekanan melebihi batas, katup terbuka dan mengalirkan fluida kembali ke reservoir agar sistem tidak pecah. Katup pelepas yang macet terbuka membuat tekanan tidak naik.
- **Katup satu arah** (*check valve*): membiarkan fluida lewat satu arah saja.
- **Katup pemilih** (*selector valve*): mengarahkan fluida ke satu sisi aktuator (misalnya "roda naik" atau "roda turun") dan mengembalikan fluida sisi lain ke reservoir.
- **Aktuator**: silinder dengan piston dan batang yang mengubah tekanan menjadi gerak lurus. Pada **aktuator kerja ganda**, fluida bisa mendorong piston ke dua arah.
- **Akumulator** (*accumulator*): wadah berisi fluida di satu sisi dan **nitrogen bertekanan** di sisi lain yang dipisahkan sekat. Ia menyimpan energi tekanan, meredam denyut tekanan, dan menjadi cadangan untuk beberapa gerakan bila pompa berhenti. Bila tekanan awal nitrogen (*preload*) turun, pompa harus hidup-mati sangat sering.

Dua rumus aktuator yang penting:

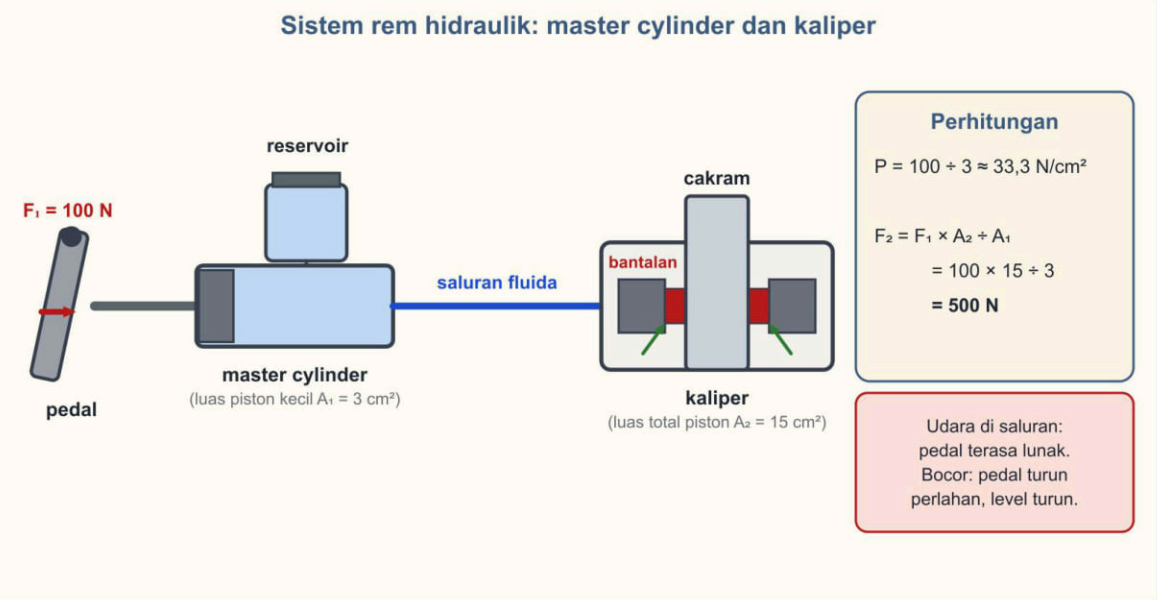
- **Gaya**: $F = P \times A$ dengan A luas piston yang terkena tekanan.
- **Kecepatan**: $v = Q \div A$ dengan Q **debit** fluida (volume tiap detik). Aliran sama ke piston yang luasnya lebih besar menggerakkan piston **lebih lambat**.

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

Pada aktuator berbatang tunggal, sisi tempat batang berada memiliki **luas lebih kecil** (dikurangi luas batang). Akibatnya, dengan debit sama, gerak masuk (batang ditarik) **lebih cepat** tetapi gayanya **lebih kecil** daripada gerak keluar.

3. Sistem rem hidraulik

Rem pesawat latih umumnya berupa **rem cakram**: bantalan (*pad*) menjepit cakram yang berputar bersama roda (Gambar 5.29). Penekannya adalah sistem hidraulik sederhana yang tidak memerlukan pompa mesin.



Gambar 5.29 Sistem rem hidraulik: pedal menggerakkan piston kecil di master cylinder, dan tekanannya menekan piston-piston yang lebih luas di kaliper. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Pilot menekan pedal. Pedal menggerakkan piston di **master cylinder** yang berpenampang kecil dan terhubung ke **reservoir** kecil. Tekanan yang timbul dikirim lewat pipa dan selang ke **kaliper** di roda. Piston kaliper memiliki luas total jauh lebih besar, sehingga gaya jepit lebih besar daripada gaya pedal sebanyak perbandingan luas (hukum Pascal). Saat pedal dilepas, pegas mengembalikan piston dan fluida kembali ke master cylinder.

Gangguan khas rem hidraulik:

- **Pedal lunak** (*spongy*, terasa empuk): ada **udara** dalam saluran. Udara dapat dimampatkan sehingga gerakan pedal menghabiskan banyak jarak sebelum menimbulkan tekanan. Perbaikannya **pembuangan udara** (*bleeding*) menurut manual.
- **Pedal turun perlahan saat ditahan** dan level reservoir turun: ada **kebocoran** (sambungan, selang, atau seal). Cari genangan di roda dan sambungan.
- **Rem tidak melepas** atau menyeret: piston macet atau pegas pengembali lemah.

4. Fluida hidraulik: jenis, seal, dan larangan mencampur

Tidak ada satu fluida untuk semua sistem. Dua kelompok utama yang kamu jumpai (Gambar 5.30):

- **Fluida berbasis minyak mineral**: umumnya berwarna **merah**. Dipakai pada banyak

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

pesawat latih dan sistem rem. Seal yang cocok: **nitril** dan **neoprena**.

- **Fluida fosfat ester** (misalnya jenis yang dikenal dengan merek Skydrol): umumnya berwarna **ungu**. Dipakai pada banyak pesawat besar karena tahan api. Seal yang cocok: **butil** dan **etilen-propilen (EPDM)**. Fosfat ester dapat menyebabkan iritasi pada kulit dan mata, serta melarutkan beberapa jenis cat dan bahan.

Setiap sistem memiliki **seal dari bahan yang cocok dengan fluidanya**. Seal nitril akan membengkak dan rusak bila terkena fosfat ester, dan sebaliknya. Karena itu **dua kelompok fluida tidak boleh dicampur**, dan fluida tidak boleh ditambahkan dari kaleng tanpa label. Warna hanya petunjuk awal; jenis fluida dipastikan dari **label wadah dan manual pesawat**.

Jenis fluida hidraulik dan perbandingan dengan pneumatik

Jenis fluida	Warna umum	Seal yang cocok	Pemakaian umum	Catatan
Minyak mineral	merah	nitril, neoprena	pesawat latih, rem	jangan dicampur dengan fosfat ester
Fosfat ester	ungu	butil, EPDM	banyak pesawat besar	tahan api; iritasi kulit; melarutkan cat tertentu

Seal salah = membengkak dan rusak. Pastikan jenis dari LABEL dan MANUAL, bukan hanya warna.

Sifat	Hidraulik (zat cair)	Pneumatik (gas)
Termampatkan?	hampir tidak	ya, mudah dimampatkan
Gaya dan ketepatan	gaya besar, gerak tegas, menahan posisi	lebih lunak, kurang tepat
Bobot dan kebersihan	lebih berat; fluida bisa bocor dan kotor	ringan dan bersih; gas dibuang ke udara
Pemakaian khas	roda pendarat, flap, rem, kendali besar	sepatu pengusir es, segel pintu, cadangan darurat

Gambar 5.30 Jenis fluida hidraulik beserta seal yang cocok, dan perbandingan sifat sistem hidraulik dengan pneumatik. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

Bila tercampur, menambah fluida yang "benar" tidak menyelesaikan masalah; pengenceran tidak menghilangkan fluida yang merusak seal. Tindakan yang benar: **kuras dan bilas** sistem menurut manual, **ganti seal** yang terkena, isi dengan fluida yang benar, uji fungsi, dan baru rilis.

Kebersihan fluida juga penting: saluran terbuka ditutup sumbat, wadah fluida dibuka hanya saat dipakai, dan peralatan pengisi dipisah untuk tiap jenis fluida.

5. Keselamatan pada sistem bertekanan

Fluida bertekanan tinggi yang menyemprot dari kebocoran kecil dapat **menembus kulit** (cedera suntik) dan sangat berbahaya. Aturan dasarnya:

- **Lepaskan tekanan** sistem sesuai prosedur (termasuk akumulator) sebelum membuka sambungan.
- **Jangan memeriksa kebocoran dengan tangan**; gunakan karton atau kertas dan pelindung wajah.
- Tangani fluida dengan alat pelindung diri dan bersihkan tumpahan menurut manual.

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

- Botol atau tangki bertekanan (nitrogen, udara) diperlakukan sebagai benda yang dapat meledak: jangan dijatuhkan, jangan dipanaskan.

6. Sistem pneumatik

Pneumatik memakai **gas bertekanan** (udara atau nitrogen) sebagai pengganti zat cair. Komponen utamanya mirip: sumber tekanan (kompresor atau **botol udara/nitrogen**), **filter** dan **pemisah air** (kelembapan menyebabkan korosi dan beku), **regulator** yang menurunkan dan menjaga tekanan, **katup pelepas** untuk pengaman, saluran, dan aktuator. Pemakaiannya pada pesawat antara lain **sepatu pengembang** pengusir es di tepi depan sayap, penyegel pintu, pengisian tekanan sistem lain, dan **penurunan roda darurat**: botol nitrogen bertekanan dibuka sehingga gas mendorong roda turun lewat saluran terpisah bila hidraulik gagal.

Perbandingan sifat inti (Gambar 5.30): gas **dapat dimampatkan**, jadi sistem pneumatik **lebih lunak** dan geraknya kurang tepat atau kuat daripada hidraulik, tetapi ringan, bersih, dan gas bekas dapat dibuang ke udara tanpa saluran kembali. **Zat cair hampir tidak dapat dimampatkan**, sehingga hidraulik memberi gaya besar, gerak tegas, dan penahan posisi yang baik. Karena itu **gaya besar dan terkendali** (roda pendarat yang berat) dipilih hidraulik, sedangkan **kebutuhan sederhana dan ringan atau cadangan darurat** dapat memakai pneumatik.

7. Diagnosis: membaca tekanan dan gejala

Tekanan di beberapa titik membantu **melokalisasi gangguan**. Aturan umumnya: tekanan **normal sebelum** suatu komponen dan **rendah sesudahnya** berarti hambatan ada di komponen itu.

Gejala dan data	Penyebab paling mungkin
Tekanan rendah di semua titik, termasuk tepat di keluaran pompa	pompa aus, reservoir kurang, atau katup pelepas macet terbuka
Tekanan normal sebelum filter, jatuh tajam sesudahnya	filter tersumbat
Tekanan normal di semua titik, tetapi aktuator bergerak lambat atau bergeser sendiri saat katup netral	kebocoran internal: seal piston aktuator
Rembesan di batang aktuator, level reservoir turun	kebocoran eksternal: seal batang
Pompa hidup-mati sangat sering tanpa bocor terlihat	tekanan awal akumulator rendah
Pedal rem terasa lunak, level normal, tidak ada bocor	udara dalam saluran
Fluida berbusa di reservoir	udara masuk (level rendah atau sambungan hisap longgar)

CONTOH TERSELESAIKAN

Contoh 1: gaya dari perbandingan diameter piston

Pada 2026, dongkrak hidraulik hanggar memakai piston kecil berdiameter 2 cm dan piston besar berdiameter 10 cm. Seorang teknisi menekan piston kecil dengan gaya 80 N. Hitung

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

tekanan, gaya pada piston besar, dan jarak piston besar bergerak bila piston kecil turun 10 cm. *(Kasus fiktif.)*

1. **Hitung perbandingan luas.** Luas sebanding dengan kuadrat diameter, sehingga $\frac{A_2}{A_1} = \left(\frac{10}{2}\right)^2 = 25$. Cek jebakan: memakai perbandingan diameter 5 akan menghasilkan 400 N dan itu salah.
2. **Hitung tekanan.** $A_1 = \frac{\pi \times 2^2}{4} \approx 3{,}14$ cm². $P = \frac{80}{3{,}14} \approx 25{,}5$ N/cm², yaitu sekitar 255 kPa.
3. **Hitung gaya pada piston besar.** $F_2 = F_1 \times \frac{A_2}{A_1} = 80 \times 25 = 2.000$ N, setara beban sekitar 200 kg.
4. **Hitung gerak piston besar.** Volume pindah sama: $s_2 = s_1 \times \frac{A_1}{A_2} = 10 \div 25 = 0{,}4$ cm.
5. **Cek dengan usaha.** Usaha masuk $= 80 \times 0{,}10 = 8$ J. Usaha keluar $= 2.000 \times 0{,}004 = 8$ J. Sama, jadi konsisten.

Jawaban: gaya pada piston besar 2.000 N, tekanan sekitar 25,5 N/cm², dan piston besar naik 0,4 cm tiap piston kecil turun 10 cm.

Contoh 2: kecepatan aktuator berbatang tunggal

Pada 2027, sebuah aktuator flap pesawat latih menerima aliran 90 cm³/s. Luas piston 30 cm², luas batang 6 cm², dan langkah 18 cm. Tekanan kerja sekitar 700 N/cm² (kira-kira 1.000 psi). Hitung waktu dan gaya saat batang keluar dan saat batang masuk. *(Kasus fiktif.)*

1. **Batang keluar** (tekanan di sisi piston penuh). $A = 30$ cm². Kecepatan $v = Q \div A = 90 \div 30 = 3$ cm/s. Waktu $t = 18 \div 3 = 6$ s. Gaya $F = P \times A = 700 \times 30 = 21.000$ N.
2. **Batang masuk** (tekanan di sisi batang). Luas efektif $= 30 - 6 = 24$ cm². Kecepatan $v = 90 \div 24 = 3{,}75$ cm/s. Waktu $t = 18 \div 3{,}75 = 4{,}8$ s. Gaya $F = 700 \times 24 = 16.800$ N.
3. **Bandingkan.** Gerak masuk lebih cepat (4,8 s dibanding 6 s) tetapi gayanya lebih kecil (16.800 N dibanding 21.000 N).
4. **Cek akal sehat.** Luas yang lebih kecil membutuhkan lebih sedikit fluida untuk menggerakkan piston sejauh sama, jadi lebih cepat; dan tekanan sama pada luas lebih kecil memberi gaya lebih kecil.

Jawaban: keluar 6 s dengan 21.000 N; masuk 4,8 s dengan 16.800 N.

Contoh 3: roda pendarat bergerak lambat dan bergeser sendiri

Pada 2027, pilot melaporkan roda pendarat pesawat latih naik sangat lambat. Di hanggar, dengan pompa uji, tekanan keluaran pompa 1.000 psi dan tekanan di saluran menuju aktuator (setelah filter) 980 psi saat aktuator bergerak. Saat katup pemilih diletakkan di posisi netral,

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

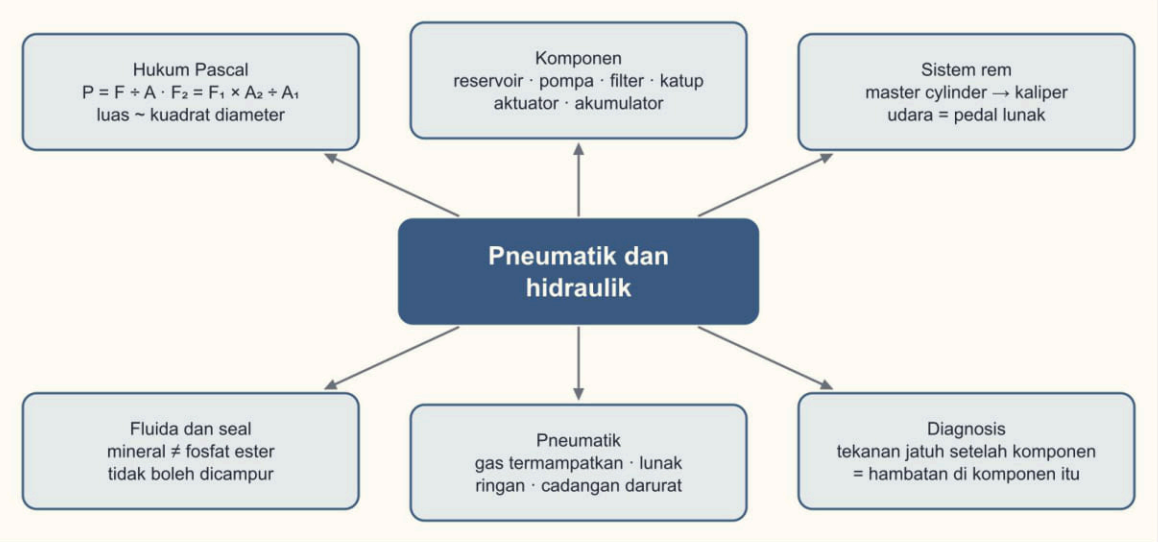
roda yang sudah naik **turun sendiri perlahan**. Tidak ada genangan fluida di luar dan level reservoir stabil. Tentukan penyebab paling mungkin. *(Kasus fiktif.)*

1. **Nilai tekanan keluaran pompa.** 1.000 psi, mendekati tekanan kerja. Pompa, katup pelepas, dan pasokan reservoir **baik**.
2. **Nilai tekanan setelah filter.** 980 psi, turun hanya 20 psi. Filter **tidak tersumbat**.
3. **Nilai kebocoran luar.** Tidak ada genangan dan level stabil, jadi bukan kebocoran eksternal.
4. **Perhatikan gejala unik.** Roda turun sendiri saat katup netral berarti fluida di satu sisi piston **bocor melewati piston** ke sisi lain: seal piston gagal menahan.
5. **Tindakan.** Ganti seal piston aktuator (atau aktuator) menurut manual, isi fluida yang benar, uji ulang gerak dan penahanan, dan catat.
6. **Cek akal sehat.** Tekanan normal tetapi gerak lambat dan tidak menahan menunjuk kebocoran internal di aktuator, bukan sumber tekanan.

Jawaban: kebocoran internal pada seal piston aktuator roda pendarat.

❖ PETA KONSEP

Gambar 5.31 merangkum isi sub bab ini.



Gambar 5.31 Peta konsep sistem pneumatik dan hidraulik. Sumber: digambar oleh Tim Next Level Study Indonesia.

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

Yang harus kamu ingat:

- **Hukum Pascal**: tekanan sama di seluruh fluida tertutup; $F_2 = F_1 \times A_2 \div A_1$. Luas sebanding dengan **kuadrat** diameter. Gaya diperbesar, jarak diperkecil.
- **Komponen**: reservoir, pompa (menghasilkan aliran), filter, katup pelepas, katup pemilih, aktuator, akumulator.
- **Rem**: master cylinder (kecil) → kaliper (luas besar). **Udara** = pedal lunak; **bocor** = pedal turun dan level turun.
- **Fluida**: mineral (merah, seal nitril/neoprena) dan fosfat ester (ungu, seal butil/EPDM) **tidak boleh dicampur**; bila tercampur: kuras, bilas, ganti seal.
- **Pneumatik**: gas dapat dimampatkan; ringan dan bersih tetapi lunak. **Hidraulik**: gaya besar dan terkendali.
- **Diagnosis**: baca tekanan di beberapa titik; turun tajam setelah suatu komponen berarti hambatan di komponen itu.

▲ STRATEGI DAN JEBAKAN

Langkah menjawab soal hidraulik dan pneumatik:

1. **Tulis apa yang sama dan apa yang berubah**: tekanan sama, gaya berubah mengikuti luas.
2. **Hitung dengan satuan seragam** (cm^2 dengan cm^2, N dengan N), lalu cek dengan usaha.
3. **Untuk diagnosis**, urutkan data tekanan dari sumber ke beban dan cari titik tempat tekanan jatuh.
4. **Untuk fluida**, jangan percaya warna saja; cek label, manual, dan kecocokan seal.

Jebakan yang sering dipasang:

- **Gaya dianggap sama pada kedua piston**, padahal yang sama adalah tekanan.
- **Perbandingan luas terbalik**, atau diameter dipakai sebagai pengganti luas.
- **Fluida berbeda dicampur** atau fluida "yang benar" ditambah sampai penuh.
- **Pompa disalahkan** padahal penyebabnya udara, kebocoran, atau filter.
- **Pedal lunak dianggap kebocoran** atau sebaliknya.
- **Pneumatik dikira lebih kuat** daripada hidraulik karena "tekanannya tinggi".
- **Kebocoran diperiksa dengan tangan** pada sistem bertekanan.

> Contoh salah tafsir: Seorang siswa menghitung gaya pada piston besar dengan $80 \times (10 \div 2) = 400$ N karena memakai perbandingan diameter. Yang benar adalah memakai perbandingan luas, yaitu kuadrat diameter, sehingga $80 \times 25 = 2.000$ N.

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

● BEDAH SOAL PREDIKSI

Soal berikut membahas pencampuran fluida pada sistem rem. Cocokkan jenis fluida dan seal, lalu tentukan tindakan yang menghilangkan fluida perusak.

►. Pada 2027, seorang teknisi magang menambah cairan reservoir hidraulik rem pesawat latih dengan cairan berwarna ungu dari kaleng tanpa label, lalu menekan pedal rem beberapa kali. Supervisor memeriksa manual: sistem itu memakai cairan berbasis mineral (berwarna merah), sedangkan cairan ungu kemungkinan besar fosfat ester yang dapat merusak seal sistem mineral.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tindakan yang paling tepat adalah ....

A. Menambah cairan merah sampai penuh agar campuran didominasi cairan yang benar
B. Menguras dan membilas sistem sesuai manual, lalu mengganti seal yang terkena
C. Mengoperasikan rem beberapa kali lagi; bila tidak bocor, pesawat dapat dirilis
D. Menguras reservoir saja, lalu mengisinya kembali dengan cairan merah baru
E. Mencatat kejadian di logbook dan memeriksa seal pada inspeksi berkala berikutnya

Pembahasan **Kunci: B**

Konsep: Cairan hidraulik berbeda basis (mineral dan fosfat ester) tidak boleh dicampur karena merusak seal. Bila tercampur, sistem dikuras dan dibilas sesuai manual dan seal yang terkena diganti sebelum pesawat dirilis.

Langkah:
1. Pedal rem sudah ditekan → cairan ungu masuk ke saluran dan menyentuh seal.
2. Tindakan: kuras dan bilas seluruh sistem, ganti seal yang terkena, uji fungsi, baru rilis.

Analisis setiap opsi:
- **A.** ✗ Jebakan: pengenceran tidak menghilangkan cairan yang merusak seal.
- **B.** ✓ Sesuai manual: seluruh sistem dibersihkan dan seal diganti.
- **C.** ✗ Kerusakan seal dapat muncul belakangan; tidak bocor saat diuji belum berarti aman.
- **D.** ✗ Jebakan: separuh benar; cairan di saluran dan seal yang terkena tidak tertangani.
- **E.** ✗ Menunda penanganan sementara pesawat tetap dipakai dengan seal yang mungkin rusak.

Jawaban: B.

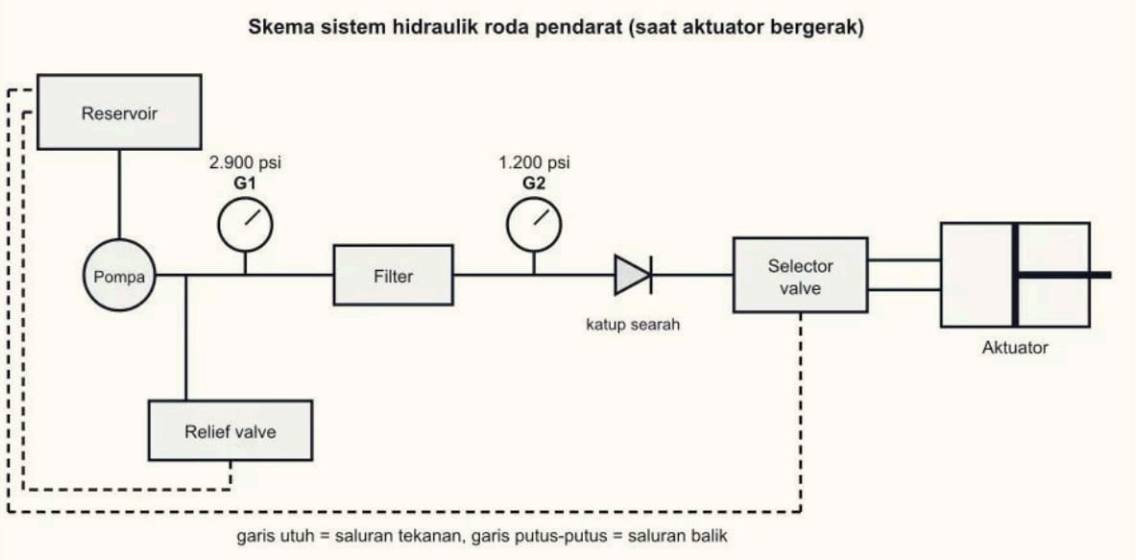
✎ LATIHAN

Untuk tiap soal, tulis dulu rumus atau data tekanan yang dipakai, lalu cek hasilnya dengan akal sehat.

1. Pada 2027, pilot melaporkan roda pendarat pesawat latih bergerak sangat lambat saat dinaikkan. Di hanggar, pesawat didongkrak dan sistem dioperasikan dengan pompa uji. Tekanan kerja normal sistem itu 3.000 psi. Gambar memperlihatkan skema sistem dan pembacaan dua pengukur tekanan saat aktuator bergerak. Pak Hadi, teknisi berlisensi, meminta Zaki menentukan komponen yang paling mungkin bermasalah.

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

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Komponen yang paling mungkin bermasalah adalah ....



A. Pompa yang aus sehingga tidak mampu menghasilkan tekanan kerja
B. Filter tersumbat sehingga tekanan turun tajam setelah melewatinya
C. Relief valve yang macet terbuka sehingga cairan kembali ke reservoir
D. Seal aktuator yang bocor sehingga cairan melewati piston aktuator
E. Reservoir yang kekurangan cairan sehingga pompa mengisap udara

2. Pada 2027, Tono mempelajari sistem rem hidraulik pesawat latih. Piston master cylinder yang digerakkan pedal memiliki luas 2 cm^2, sedangkan piston-piston di kaliper rem memiliki luas total 12 cm^2. Saat pilot menekan pedal, gaya yang bekerja pada piston master cylinder 150 N. Tono diminta menghitung gaya total pada piston kaliper.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Gaya total pada piston kaliper adalah ....

A. 25 N
B. 150 N
C. 300 N
D. 900 N
E. 1.800 N

Kunci singkat: 1. B 2. D

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

✔ PERIKSA DIRI

- Mengapa gaya pada piston besar lebih besar padahal tekanan di kedua piston sama, dan apa harga yang dibayar?
- Mengapa fluida mineral dan fosfat ester tidak boleh dicampur, dan apa tindakan bila sudah tercampur?
- **Yang harus kuingat:** tekanan sama, gaya mengikuti luas (kuadrat diameter); udara = pedal lunak; fluida beda tidak dicampur, bila tercampur kuras-bilas-ganti seal; tekanan jatuh setelah komponen = hambatan di komponen itu.

Latihan interaktif di LMS

Sub bab 5.6: kerjakan latihannya dan lihat progresmu.

next-level-study.com/belajar/lms-player.html?course=buku-smktpu&node=SMKTPU-5.6

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

Kuis Akhir Bab 5

SMKTPU-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-smktpu&node=SMKTPU-KB5

1. Pada 2027, instruktur menjelaskan susunan bus pada pesawat latih: sebuah bus utama untuk semua beban dan sebuah bus esensial untuk beban yang harus tetap hidup meskipun bus utama dimatikan. Ia juga menyinggung kemungkinan alternator gagal saat terbang sehingga seluruh beban dipasok baterai.
(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
Bus esensial tidak berguna karena sama saja dengan bus utama dan menambah kabel di pesawat.	○	○
Beban penting seperti radio komunikasi dan instrumen dipasok bus esensial agar tetap hidup bila bus utama diputus.	○	○
Saat alternator gagal, beban yang tidak penting dapat dilepas agar baterai bertahan lebih lama untuk beban penting.	○	○

2. Pada 2027, teknisi sebuah AMO memasang antena cambuk komunikasi VHF pada pesawat latih. Frekuensi kerja radio 125 MHz. Panjang gelombang $\lambda = c \div f$ dengan $c = 3 \times 10^8$ m/s, dan antena cambuk dibuat sepanjang seperempat panjang gelombang ($\lambda \div 4$).
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Panjang antena yang tepat adalah ....

A. 2,4 m
B. 1,2 m
C. 0,3 m
D. 4,8 m
E. 0,6 m

3. Pada 2027, Rina menghitung beban pada bus utama pesawat latih. Sebuah lampu pendaratan bertegangan 28 V menarik arus 5 A saat menyala. Ia ingin mengetahui daya

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

yang dipakai lampu itu untuk menjumlahkan beban semua lampu pada panel.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Daya lampu pendaratan itu adalah ....

A. 0,18 W
B. 5,6 W
C. 33 W
D. 23 W
E. 140 W

4. Pada 2027, siswa magang mempelajari sistem navigasi radio pada pesawat latih bersama instruktur: ILS (*Instrument Landing System*) dengan *localizer* dan *glideslope*, serta VOR. Mereka membahas informasi yang diberikan masing-masing.
(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. *Localizer* memberi panduan arah lateral terhadap sumbu landasan
☐ B. *Glideslope* memberi panduan vertikal pada sudut turun yang ditetapkan
☐ C. Jarum *localizer* dan *glideslope* selalu bergerak bersamaan sebagai satu penunjuk
☐ D. VOR memberi informasi ketinggian pesawat di atas stasiun darat
☐ E. VOR memberi informasi arah (*radial*) dari stasiun darat menuju pesawat

5. Pada 2027, Alif merakit lampu indikator panel latih kelistrikan dengan sebuah LED putih dan sebuah resistor yang dipasang seri ke sumber 24 V DC. Lembar data LED menyatakan tegangan kerja (jatuh tegangan) 3,0 V dan arus kerja 15 mA. Resistor pembatas dihitung dengan R = (V sumber − V LED) ÷ I, dan daya resistor P = I^2 × R. Daya resistor yang dipakai harus lebih besar daripada daya yang dihitung; nilai daya yang tersedia 0,25 W, 0,5 W, dan 1 W.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Resistor yang paling tepat adalah ....

A. 1,4 kΩ dan daya minimal 0,5 W
B. 1,4 kΩ dan daya hanya 0,25 W
C. 1,6 kΩ dan daya minimal 0,5 W
D. 1,4 Ω dan daya minimal 0,5 W
E. 140 Ω dan daya minimal 0,5 W

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

6. Pada 2027, Zaki akan menguji pemancar darurat (*Emergency Locator Transmitter*, ELT) pesawat latih di hanggar sesuai jadwal perawatan. Ia menyalakan ELT, lalu membiarkannya menyala sepuluh menit sambil membereskan alat di sekitarnya. ELT memancarkan sinyal yang dapat diterima satelit dan pesawat di sekitar bandara.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Penilaian yang paling tepat tentang tindakan Zaki adalah ....

A. Tepat, karena pengujian yang lama menjamin ELT bekerja dengan baik dan andal
B. Kurang tepat, uji ELT harus singkat sesuai prosedur supaya tidak memicu pencarian palsu
C. Tepat, karena ELT di dalam hanggar tidak memancarkan sinyal ke luar bangunan sama sekali
D. Kurang tepat, karena ELT hanya boleh dinyalakan ketika pesawat sedang terbang di udara
E. Tepat, karena ELT harus menyala terus selama pesawat berada di dalam hanggar perawatan

7. Pada 2027, Nisa mengganti *circuit breaker* (CB) untuk sebuah pompa bahan bakar listrik pada pesawat latih. Kabel ke pompa mampu mengalirkan arus maksimum 10 A tanpa panas berlebih, sedangkan arus kerja normal pompa 6 A. Tersedia CB 5 A, 7,5 A, 15 A, 20 A, dan 30 A. Lembar kerja menjelaskan bahwa CB melindungi kabel dari panas berlebih.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Pilihan CB yang paling tepat adalah ....

A. CB 5 A, karena makin kecil ratingnya makin aman bagi kabel dan pompa
B. CB 7,5 A, karena lebih besar dari arus normal dan di bawah batas kabel
C. CB 15 A, karena tidak mudah trip saat ada lonjakan arus ketika pompa dihidupkan
D. CB 20 A, karena cadangan arus yang besar membuat pompa lebih terlindungi
E. CB 30 A, karena mengikuti rating CB lain pada panel sehingga seragam

8. Pada 2027, Dani merangkai papan latih kelistrikan dengan sumber 24 V DC. Sebuah resistor 2 Ω dipasang seri dengan sekelompok dua resistor yang dipasang paralel, yaitu 6 Ω dan 3 Ω. Ia ingin mengetahui arus total yang keluar dari sumber.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Arus total adalah ....

A. 12,0 A
B. 2,2 A
C. 8,0 A
D. 6,0 A
E. 24,0 A

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

9. Pada 2027, Gita menemukan sebuah resistor di laci bengkel avionik sekolah penerbangan. Gelang warnanya berturut-turut kuning, ungu, merah, dan emas. Ia memiliki tabel kode warna berikut.

Warna	Angka	Pengali	Toleransi
Cokelat	1	×10	—
Merah	2	×100	—
Kuning	4	×10.000	—
Ungu	7	×10.000.000	—
Emas	—	×0,1	±5 %
Perak	—	×0,01	±10 %

Gelang pertama dan kedua menyatakan dua angka, gelang ketiga pengali, dan gelang keempat toleransi.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Nilai resistor itu adalah ....

A. 47 Ω dengan toleransi ±5 %
B. 470 Ω dengan toleransi ±5 %
C. 4,7 kΩ dengan toleransi ±5 %
D. 47 kΩ dengan toleransi ±5 %
E. 4,7 kΩ dengan toleransi ±10 %

10. Pada 2027, bengkel baterai sebuah sekolah penerbangan merawat baterai asam timbal (*lead-acid*) dan baterai nikel-kadmium (Ni-Cd) untuk pesawat latih dalam satu ruangan berventilasi. Dua rak, dua set alat, dan dua wadah netralisasi disediakan, tetapi seorang siswa magang mengusulkan agar semuanya dipakai bergantian untuk menghemat tempat.
(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
Elektrolit baterai asam timbal berupa asam sulfat, sedangkan baterai nikel-kadmium memakai elektrolit basa (kalium hidroksida).	○	○
Alat dan wadah yang dipakai untuk satu jenis baterai boleh dipakai bergantian untuk jenis lainnya.	○	○
Kedua jenis baterai dirawat dengan alat terpisah agar uap dan percikan elektrolitnya tidak saling mencemari.	○	○

11. Pada 2027, siswa magang mempelajari rangkaian logika pada klakson peringatan roda pendarat sebuah pesawat latih bermesin piston. Dua sinyal dipakai: G = 1 bila roda sudah turun dan terkunci (G = 0 bila roda masih naik), dan S = 1 bila *throttle* ditutup (daya idle; S

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

= 0 bila *throttle* terbuka). Klakson menyala bila roda belum turun **dan** *throttle* ditutup (logika: klakson = (bukan G) DAN S).
(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. Klakson menyala pada G = 0 dan S = 1, yaitu roda naik dengan throttle ditutup
☐ B. Klakson menyala pada G = 1 dan S = 1, yaitu roda turun dengan throttle ditutup
☐ C. Klakson tidak menyala pada G = 0 dan S = 0, yaitu roda naik dengan throttle terbuka
☐ D. Klakson tidak menyala pada G = 1 untuk posisi throttle apa pun
☐ E. Klakson menyala bila salah satu dari kedua syarat saja yang terpenuhi

12. Pada 2027, siswa magang mempelajari rangkaian lampu pesawat latih: tiga lampu dipasang paralel pada sumber 28 V DC dengan hambatan masing-masing 14 Ω (lampu 1), 28 Ω (lampu 2), dan 28 Ω (lampu 3). Kabel menuju lampu 3 tiba-tiba putus (*open circuit*), sedangkan sumber tetap 28 V.
(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 total semula adalah 3 A
☐ B. Arus total semula adalah 4 A
☐ C. Setelah lampu 3 putus, lampu 1 dan lampu 2 tetap menyala dengan arus yang tidak berubah
☐ D. Setelah lampu 3 putus, tegangan pada lampu 1 turun karena beban berkurang
☐ E. Setelah lampu 3 putus, arus total menjadi 3 A

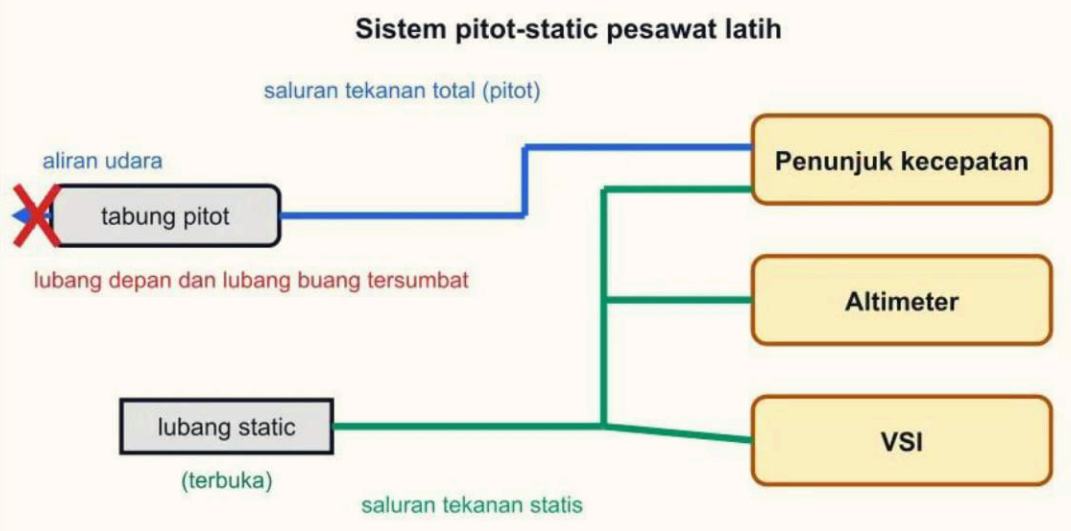
13. Pada 2027, instruktur penerbangan sebuah sekolah penerbangan memperkirakan jarak komunikasi radio VHF antara pesawat latih dan menara pengawas. Gelombang VHF merambat menurut garis pandang. Jarak maksimum diperkirakan dengan rumus $d \approx 1{,}23 \times (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})$, dengan d dalam mil laut (NM) dan h_1, h_2 ketinggian antena pesawat dan antena menara dalam kaki. Pesawat terbang pada 2.500 kaki, dan antena menara berada pada 100 kaki di atas permukaan tanah. Tidak ada bukit di antara keduanya.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Jarak komunikasi maksimum yang diperkirakan adalah ....

A. 73,8 NM
B. 61,5 NM
C. 12,3 NM
D. 62,7 NM
E. 123 NM

14. Pada 2027, Satria memeriksa sistem *pitot-static* pesawat latih seperti pada gambar. Tabung pitot tersumbat total oleh sarang serangga pada lubang depan dan lubang buang

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

(*drain*) sehingga tekanan di dalam salurannya terperangkap pada nilai saat lepas landas. Lubang *static* terbuka dan normal. Pesawat kemudian menanjak.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Perilaku penunjuk kecepatan (ASI) selama pesawat menanjak adalah ....



A. Menunjuk nol terus sampai pesawat mendarat kembali di bandara asalnya
B. Menunjuk makin kecil karena udara makin tipis di ketinggian yang lebih tinggi
C. Tetap menunjuk kecepatan yang sama dengan kecepatan pesawat sebenarnya
D. Menunjuk makin kecil karena tekanan statis di sekitar pesawat makin tinggi
E. Cenderung menunjuk makin besar saat naik walau kecepatan sebenarnya tetap

15. Pada 2027, siswa magang membandingkan beberapa instrumen pada panel pesawat latih: penunjuk sikap (*attitude indicator*), penunjuk arah (*heading indicator*), *turn coordinator*, dan kompas magnetik.
(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. Penunjuk sikap memakai giroskop yang menjaga posisi referensi horizon
☐ B. Penunjuk sikap bekerja dari selisih tekanan pitot dan tekanan statis
☐ C. *Turn coordinator* menunjukkan ketinggian pesawat di atas permukaan laut
☐ D. Penunjuk arah giroskopik perlu disetel ulang berkala terhadap kompas magnetik
☐ E. Kompas magnetik tidak memerlukan sumber daya listrik untuk bekerja

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

16. Pada 2027, Rian memeriksa sistem kendali elevator pesawat latih. Gambar memperlihatkan sebuah *bellcrank* dengan lengan masukan 6 cm dan lengan keluaran 15 cm yang berputar pada satu poros. Batang masukan bergerak 4 cm dengan gaya 200 N. Gesekan dan sudut putar kecil dianggap tidak memengaruhi hasil; gerak ujung lengan sebanding dengan panjang lengan, dan gaya berbanding terbalik dengan panjang lengan. *(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Gerak dan gaya pada batang keluaran adalah ....

Bellcrank pada sistem kendali elevator



Sudut putar kecil: gerak ujung lengan sebanding dengan panjang lengannya.

A. Gerak 1,6 cm dan gaya 500 N
B. Gerak 4 cm dan gaya 200 N
C. Gerak 10 cm dan gaya 80 N
D. Gerak 10 cm dan gaya 500 N
E. Gerak 1,6 cm dan gaya 80 N

17. Pada 2027, Yusuf, siswa magang, memperhatikan tanda warna pada kaca penunjuk kecepatan (*airspeed indicator*, ASI) pesawat latih. Ia melihat busur hijau, busur putih, busur kuning, dan satu garis radial merah. Ia ingin mengetahui arti busur hijau. *(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)*
Arti busur hijau yang paling tepat adalah ....

A. Rentang kecepatan operasi normal pesawat
B. Rentang kecepatan saat flap boleh digunakan
C. Rentang kecepatan hati-hati yang hanya boleh dipakai di udara tenang
D. Kecepatan yang tidak boleh dilampaui dalam keadaan apa pun
E. Rentang kecepatan saat roda pendarat boleh diturunkan

18. Pada 2027, Wulan menyetel tegangan kabel kendali aileron pesawat latih dengan memutar *turnbuckle* dan memeriksa kondisi kabel serta komponen penuntunnya. Kabel melewati

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

beberapa katrol (*pulley*) dan penuntun (*fairlead*) di sepanjang badan pesawat.
(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. Mengunci *turnbuckle* dengan *safety wire* atau klip pengunci sesuai manual setelah penyetelan
☐ B. Memastikan ulir *turnbuckle* yang terlihat di luar barel tidak melebihi batas manual
☐ C. Membiarkan kabel yang berkarat dalam dan benang kawatnya putus asalkan tegangannya sudah benar
☐ D. Memastikan kabel melewati katrol dan penuntun tanpa tersangkut atau bergesekan pada struktur
☐ E. Memakai *turnbuckle* sebagai penyambung bila kabel kurang panjang tanpa batas jumlah

19. Pada 2027, Jihan memeriksa tegangan kabel kendali rudder pesawat latih dengan *tensiometer* di hanggar yang bersuhu 25 °C. Data rigging menetapkan tegangan menurut suhu, dengan toleransi ± 2 kg dari nilai acuan, dan nilai di antara dua baris diperoleh dengan interpolasi lurus. Tensiometer menunjukkan 31 kg.

Suhu (°C)	Tegangan acuan (kg)
10	28
20	32
30	36
40	40

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

A. Acuan 32 kg; hasil 31 kg masih dalam toleransi sehingga kabel dibiarkan seperti semula
B. Acuan 36 kg; hasil 31 kg kurang sehingga kabel dikencangkan sampai mencapai 36 kg
C. Acuan 34 kg; hasil 31 kg masih dalam toleransi sehingga kabel dibiarkan seperti semula
D. Acuan 34 kg; hasil 31 kg di bawah batas 32 kg, sehingga kabel dikencangkan ke sekitar 34 kg
E. Acuan 34 kg; hasil 31 kg di bawah batas, sehingga kabel dikendurkan ke sekitar 34 kg

20. Pada 2027, Hana membantu *rigging* elevator pesawat latih setelah kabel diganti. Ia memakai *inclinometer* untuk mengukur sudut gerak elevator ke atas dan ke bawah dan membandingkannya dengan data manual.

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
Sudut gerak elevator diukur dengan *inclinometer* atau templat lalu dibandingkan dengan batas gerak pada manual.	○	○
Penyetelan diawali dari posisi netral kendali di kokpit dan permukaan kendali agar gerak ke dua arah seimbang.	○	○
Tegangan kabel dapat disetel tanpa mengacu pada suhu karena kabel baja tidak dipengaruhi suhu.	○	○

21. Pada 2027, Lukas diminta menambah fluida pada reservoir sistem hidraulik roda pendarat pesawat latih yang volumenya tinggal setengah. Di bengkel ada beberapa wadah fluida: sebuah wadah baru bersegel, sebuah wadah yang sudah terbuka sejak lama, dan dua wadah dengan warna fluida yang mirip tetapi berbeda jenis. Tutup reservoir memuat label jenis fluida yang dipakai sistem itu.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tindakan yang paling tepat adalah ....

A. Memakai wadah yang warnanya mirip dengan fluida di reservoir karena dianggap sistemnya tidak berbeda
B. Mencampur dua jenis fluida dengan perbandingan sama agar fluidanya menjadi lebih kental dan awet
C. Memeriksa jenis fluida pada tutup reservoir atau manual, lalu memakai wadah baru bersegel sejenis
D. Memakai wadah yang sudah lama terbuka karena fluidanya sudah dikenal dan pasti tidak rusak
E. Memakai oli mesin sebagai pengganti sementara sampai fluida yang benar tersedia di bengkel

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

22. Pada 2027, setelah penggantian beberapa perangkat listrik di panel pesawat latih, pilot melaporkan bahwa kompas magnetik menunjuk beberapa derajat berbeda dari arah sebenarnya. Teknisi akan memeriksa kompas dan membuat kartu penyimpangan baru. Di dekat kompas ada kunci baja dan sebuah magnet kecil milik bengkel.
(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. Kompas magnetik dapat dipasang di mana saja walau ada besi atau kabel arus besar di dekatnya
- ☐ B. Kompas magnetik tidak terpengaruh medan magnet di sekitarnya sehingga tidak perlu diperiksa
- ☐ C. Kunci baja, magnet, dan alat berlogam disingkirkan dari sekitar kompas saat pemeriksaan
- ☐ D. Kartu penyimpangan dibuat dengan *compass swing* dan dipasang di dekat kompas
- ☐ E. Penyimpangan perlu diperiksa ulang bila ada perangkat listrik atau logam baru dipasang dekat kompas

23. Pada 2027, siswa magang mempelajari diagram sistem hidraulik sederhana pesawat latih yang memuat reservoir, pompa, akumulator, katup pelepas tekanan (*relief valve*), filter, dan aktuator roda pendarat. Instruktur meminta mereka menilai fungsi tiap komponen.
(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. Akumulator hanya berfungsi menyimpan fluida cadangan tanpa pengaruh pada tekanan sistem
- ☐ B. Akumulator meredam lonjakan tekanan dan menyimpan energi tekanan untuk dipakai kembali
- ☐ C. Katup pelepas membuka ketika tekanan sistem di bawah batas yang diizinkan
- ☐ D. Katup pelepas membuka ketika tekanan melampaui batas untuk melindungi komponen
- ☐ E. Filter menahan partikel agar tidak merusak katup, pompa, dan seal sistem

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

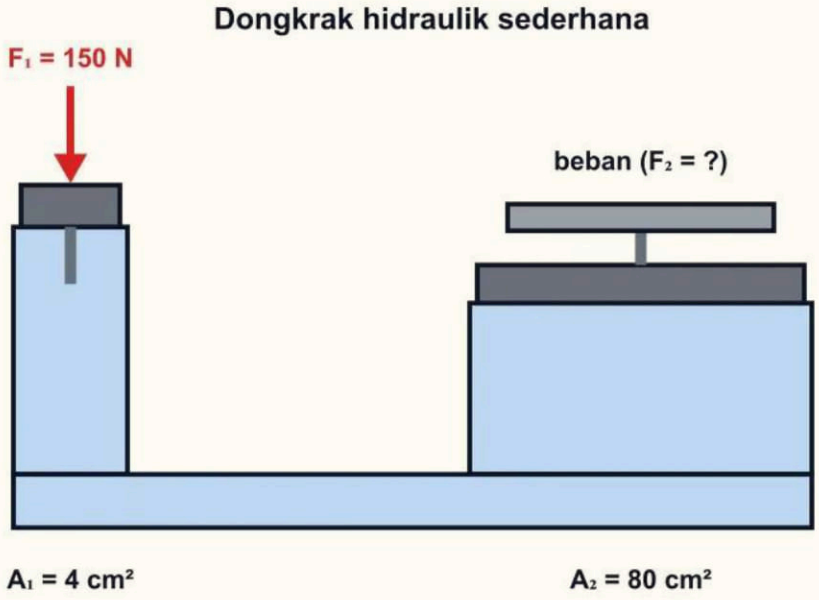
24. Pada 2027, Dewi membantu memeriksa sistem pneumatik (udara tekan) yang dipakai untuk menggerakkan sebuah aktuator pada pesawat latih. Instruktur menunjukkan bahwa pada saluran udara terpasang filter dan pemisah uap air sebelum aktuator, serta menjelaskan bahwa udara tekan yang dipakai harus kering.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Alasan udara tekan harus kering yang paling tepat adalah ....

A. Agar udara menjadi lebih berat sehingga aktuator dapat bergerak lebih kuat dari biasa
B. Agar tekanan udara selalu sama dengan tekanan atmosfer di sekitar pesawat latih
C. Agar udara dapat menggantikan fluida hidraulik pada sistem lain di pesawat latih
D. Agar uap air tidak mengembun dan membeku di saluran sehingga menyumbat komponen
E. Agar aktuator tidak membutuhkan seal sama sekali karena udara kering tidak pernah bocor

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

25. Pada 2027, siswa praktikum hidraulik di sekolah penerbangan menguji sebuah dongkrak hidraulik sederhana seperti pada gambar. Piston kecil berluas penampang 4 cm^2 ditekan dengan gaya 150 N, dan piston besar berluas penampang 80 cm^2 menopang beban. Fluida dianggap tidak termampatkan, gesekan diabaikan, dan tekanan sama di seluruh fluida. Piston kecil digerakkan turun sejauh 20 cm.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Gaya yang dapat diangkat piston besar dan gerak naik piston besar adalah ....



A. Gaya 7,5 N dan gerak 400 cm
B. Gaya 3.000 N dan gerak 1 cm
C. Gaya 3.000 N dan gerak 20 cm
D. Gaya 150 N dan gerak 1 cm
E. Gaya 12.000 N dan gerak 0,25 cm

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 5.1 · Elektronika dasar dan digital	5, 8, 9, 11	___ / 4	Ulangi hlm. 345
Sub bab 5.2 · Sistem kelistrikan pesawat	1, 3, 7, 10, 12	___ / 5	Ulangi hlm. 358
Sub bab 5.3 · Radio komunikasi dan navigasi	2, 4, 6, 13	___ / 4	Ulangi hlm. 371
Sub bab 5.4 · Sistem kendali terbang dasar	16, 18, 19, 20	___ / 4	Ulangi hlm. 383
Sub bab 5.5 · Instrumen terbang dasar	14, 15, 17, 22	___ / 4	Ulangi hlm. 397
Sub bab 5.6 · Sistem pneumatik dan hidraulik	21, 23, 24, 25	___ / 4	Ulangi hlm. 410

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.)

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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	SMKTPU-FIN1
Simulasi 2 — Prediksi TKA 2026	25 soal	60 menit	SMKTPU-FIN2
Simulasi 3 — Prediksi TKA 2026	25 soal	60 menit	SMKTPU-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

SMKTPU-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-smktpu&node=SMKTPU-FIN1

1. Pada 2027, Bagus memeriksa empat rivet pejal berdiameter (D) 3,2 mm yang baru dipasang siswa pada panel latihan. Kartu kerja menetapkan diameter kepala bentukan (shop head) 1,4D sampai 1,6D dan tingginya minimal 0,5D. Hasil ukur dengan rivet gauge disajikan pada tabel.

Rivet	Diameter kepala (mm)	Tinggi kepala (mm)
R1	4,3	1,8
R2	4,8	1,6
R3	5,0	1,7
R4	5,3	1,2

(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. R1 diterima karena tinggi kepalanya paling besar di antara keempat rivet.

☐ B. R2 diterima karena tingginya sama dengan batas minimum 1,6 mm dan diameternya di dalam rentang.

☐ C. R3 memenuhi kedua syarat kartu kerja, baik diameter maupun tinggi kepalanya.

☐ D. R4 diterima karena kepala yang lebih lebar membuatnya lebih kuat menjepit pelat.

☐ E. R1 dan R4 sama-sama ditolak dengan sebab yang sama, yaitu terlalu banyak dipukul.

2. Pada 2027, tool crib bengkel sekolah penerbangan ditata ulang dengan prinsip 5R (Ringkas, Rapi, Resik, Rawat, Rajin). Saat merapikan, Lala menemukan kunci momen dengan kaca skala retak dan sebuah obeng yang ujungnya patah di laci alat siap pakai. Ia diminta

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

menilai beberapa usulan teman-temannya.
(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
Kedua alat rusak dapat dibiarkan di laci yang sama asalkan diletakkan di bagian paling belakang.	○	○
Alat rusak diberi label merah (tidak boleh dipakai) dan dipindah ke tempat karantina alat sampai diperbaiki atau dibuang.	○	○
Rak berlabel dan papan bayangan (shadow board) membuat alat yang hilang atau belum kembali cepat diketahui.	○	○

3. Pada 2027, mesin turbofan pesawat jet latih diuji di apron (engine ground run). Manual memuat zona bahaya seperti pada tabel. Mesin sudah berjalan pada idle dan sesuai rencana daya akan dinaikkan ke takeoff. Nanda, teknisi magang, ingin mengambil kotak alat yang tertinggal 15 m tepat di belakang mesin.

Zona bahaya	Idle	Takeoff
Isapan saluran masuk (radius di depan)	3 m	5 m
Semburan gas buang (di belakang)	25 m	60 m

(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. Kotak alat berada di dalam zona semburan gas buang, baik pada idle maupun takeoff.
☐ B. Melintas 4 m di depan saluran masuk aman selama uji karena di luar radius isapan idle.
☐ C. Pada daya takeoff, titik 50 m di belakang mesin sudah berada di luar zona semburan.
☐ D. Kotak alat diambil setelah berkoordinasi dengan operator kokpit, misalnya menunggu mesin dimatikan.
☐ E. Benda lepas di belakang mesin dapat terlempar semburan dan membahayakan orang serta pesawat lain.

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

4. Pada 2027, Rizal, siswa magang, membantu teknisi senior mengganti O-ring katup bahan bakar pesawat latih. Kartu kerja mewajibkan uji kebocoran 5 menit setelah pemasangan. Karena pesawat dijadwalkan terbang 20 menit lagi, teknisi senior berkata, "Uji bocornya lewati saja, O-ring-nya kan baru." Supervisor dapat dihubungi lewat radio genggam.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tanggapan Rizal yang paling tepat adalah ....

A. Mengikuti teknisi senior karena dialah yang bertanggung jawab atas pekerjaan itu
B. Melakukan uji bocor sendiri diam-diam setelah teknisi senior pergi dari pesawat
C. Menolak bekerja lagi dengan teknisi senior itu lalu meninggalkan pesawat
D. Menandatangani kartu kerja, lalu mencatat bahwa uji bocor tidak dilakukan
E. Mengingatkan bahwa uji bocor wajib; bila tetap dilewati, menghubungi supervisor

5. Pada 2027, Rina harus membuat ulir dalam M6 × 1,0 pada braket aluminium di bengkel sekolah penerbangan memakai tap tangan. Tabel bengkel memakai aturan praktis: diameter mata bor = diameter nominal ulir − kisar (pitch). Mata bor yang tersedia berukuran 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; dan 6,0 mm.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Mata bor yang dipilih Rina adalah ....

A. 4,0 mm
B. 4,5 mm
C. 5,0 mm
D. 5,5 mm
E. 6,0 mm

6. Pada 2027, instruktur menjelaskan kepada siswa SMK mengapa pilot pesawat latih menurunkan flap saat akan mendarat. Menurut buku petunjuk pesawat, tanpa flap pesawat mulai stall pada 52 knot, sedangkan dengan flap penuh pada 44 knot. Siswa diminta memilih penjelasan yang paling tepat tentang fungsi flap.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Penjelasan yang paling tepat adalah ....

A. Flap mengurangi lengkungan sayap sehingga drag turun dan pesawat cepat berhenti
B. Flap memperbesar luas ekor sehingga hidung pesawat lebih mudah diangkat
C. Flap menambah lengkungan sayap sehingga drag turun dan pesawat melayang jauh
D. Flap menambah lengkungan sayap sehingga lift tercapai pada kecepatan lebih rendah
E. Flap mempercepat aliran di bawah sayap sehingga tekanan bawah turun dan lift naik

7. Pada 2027, Eka memeriksa tekanan ban pesawat latih dalam keadaan dingin (sudah parkir 4 jam) memakai pengukur terkalibrasi dan tabung nitrogen. Tekanan nominal 50 psi. Manual: kekurangan sampai 5% → isi ke nominal; lebih dari 5% sampai 10% → isi ke

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

nominal dan periksa ulang setelah 24 jam; lebih dari 10% → ban dan roda dilepas untuk diperiksa.

Ban	Tekanan terukur (psi)
Hidung	48
Utama kiri	46
Utama kanan	44

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

A. Ketiga ban diisi ke 50 psi, lalu semua diperiksa ulang setelah 24 jam
B. Hidung diisi; kiri dan kanan diisi, lalu keduanya dicek setelah 24 jam
C. Hidung dan kiri diisi tanpa pengecekan ulang; kanan dilepas untuk diperiksa
D. Hidung diisi dan dicek 24 jam; kiri dan kanan dilepas untuk diperiksa
E. Hidung diisi; kiri diisi dan dicek 24 jam; kanan dilepas untuk diperiksa

8. Pada 2027, Gita mengamati pesawat latih lepas landas: mula-mula melaju makin cepat di landasan, terangkat, lalu menanjak dengan kecepatan tetap dan sudut tanjak tetap. Guru memintanya menilai pernyataan teman-temannya tentang gaya lift, weight, thrust, dan drag pada setiap tahap.
(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. Selama melaju di landasan, pesawat dipercepat karena thrust lebih besar daripada drag dan gesekan roda.
☐ B. Saat menanjak dengan kecepatan tetap, resultan semua gaya mengarah ke atas sehingga pesawat terus naik.
☐ C. Saat menanjak dengan kecepatan tetap, resultan keempat gaya sama dengan nol.
☐ D. Lift baru mulai timbul setelah roda pesawat lepas dari landasan.
☐ E. Saat menanjak, thrust lebih kecil daripada drag karena pesawat sudah dibantu lift.

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

9. Pada 2027, Tia harus melepas mur sambungan pipa hidraulik (B-nut) berukuran 3/4 inci di roda pendarat pesawat latih. Pipa menembus mur sehingga kunci ring biasa tidak dapat dimasukkan. Mur terbuat dari aluminium dan sudutnya mudah membulat. Di troli tersedia kunci pas (open-end), kunci flare-nut (line wrench), kunci inggris, tang kombinasi, dan kunci ring.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Alat yang paling tepat adalah ....

A. Tang kombinasi, karena rahangnya dapat mencengkam mur dari segala sisi
B. Kunci inggris, karena ukurannya dapat disetel tepat pada 3/4 inci
C. Kunci flare-nut, karena mengapit lima sisi mur dan dapat lewat di pipa
D. Kunci pas, karena ujungnya terbuka sehingga dapat dilewatkan di pipa
E. Kunci ring, setelah pipa dipotong agar kunci dapat dimasukkan ke mur

10. Pada 2027, Rahmat mempelajari urutan start mesin turbojet latih dari manual: starter memutar kompresor → pada putaran sekitar 15%, penyalaan (ignition) dinyalakan dan bahan bakar dibuka → terjadi nyala (light-off) dan suhu gas buang naik → mesin makin cepat → starter dilepas pada putaran sekitar 50% → mesin stabil di idle.
(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
Bahan bakar baru dibuka setelah kompresor diputar starter agar sudah ada aliran udara untuk pembakaran dan pendinginan.	○	○
Starter dapat dilepas segera setelah light-off karena mesin sudah menyala.	○	○
Bila setelah bahan bakar dibuka tidak terjadi nyala dalam waktu yang ditentukan, start dihentikan agar bahan bakar tidak menggenang.	○	○

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

11. Pada 2027, Dodi memasang kembali baut dudukan aktuator flap memakai mur kunci-sendiri (self-locking nut) bersisipan nilon. Manual menyatakan: mur boleh dipakai ulang bila momen hambatnya (running torque), yaitu momen saat mur diputar sebelum menyentuh washer, masih di atas nilai minimum tabel; baut dipasang dengan kepala di atas atau di depan bila memungkinkan.
(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. Mur bernilon lama boleh dipakai ulang asalkan masih dapat diputar dengan jari sampai menyentuh washer.
☐ B. Mur bernilon cocok untuk baut yang ikut berputar saat bekerja, seperti poros engsel yang berputar.
☐ C. Momen hambat diukur saat mur diputar sebelum menyentuh washer, dan mur ditolak bila di bawah minimum.
☐ D. Baut dipasang dengan kepala di atas agar bila mur lepas, baut tidak langsung jatuh dari lubangnya.
☐ E. Mur bernilon dapat dipakai di dekat pipa knalpot yang sangat panas karena nilon tahan panas.

12. Pada 2027, Ihsan memeriksa diameter dalam bushing engsel pintu kargo pesawat latih. Ia memasukkan telescoping gauge ke lubang, mengunci batangnya, mengeluarkannya, lalu mengukur panjang batang itu dengan mikrometer luar: 15,88 mm. Manual menetapkan diameter dalam bushing baru 15,80–15,83 mm dan batas aus maksimum 15,86 mm.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Kesimpulan dan tindakan yang tepat adalah ....

A. 15,88 mm; bushing laik karena di atas ukuran bushing baru 15,83 mm
B. 15,88 mm; bushing melewati batas aus sehingga harus diganti
C. 15,88 mm; laik karena selisih dengan batas aus hanya 0,02 mm
D. Diukur ulang dengan jangka sorong 0,05 mm karena lebih teliti
E. 15,88 mm; laik karena lubang lebih besar memudahkan pemasangan

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

13. Pada 2027, siswa kelas propulsi menganalisis mesin piston pesawat latih saat jelajah. Energi kimia bahan bakar yang dibakar setiap detik setara 300 kW. Efisiensi mesin (bahan bakar → poros) 30%, dan efisiensi baling-baling (poros → daya dorong) 80%. Menurut hukum kekekalan energi, energi yang tidak menjadi daya dorong berubah menjadi bentuk lain, terutama panas.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Daya dorong dan energi yang tidak menjadi daya dorong setiap detik adalah ....

A. 72 kW dan 18 kW
B. 72 kW dan 210 kW
C. 72 kW dan 228 kW
D. 90 kW dan 210 kW
E. 240 kW dan 60 kW

14. Pada 2027, Ayu diminta menggambar isometrik secara manual sebuah kotak sambungan listrik untuk lembar kerja siswa. Garis tegak harus tegak lurus, sedangkan garis lebar dan panjang kotak harus membentuk sudut 30° terhadap garis horizontal. Ia bekerja di meja gambar dengan penggaris T dan ingin bekerja cepat serta tepat.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Alat yang paling tepat ditempelkan pada penggaris T adalah ....

A. Penggaris segitiga 30°–60° untuk garis 30° dan tegak
B. Penggaris segitiga 45° untuk semua garis miring kotak itu
C. Busur derajat untuk mengukur ulang 30° pada setiap garis
D. Kurva Prancis untuk menarik garis miring yang panjang
E. Penggaris skala untuk menarik garis miring sambil diukur

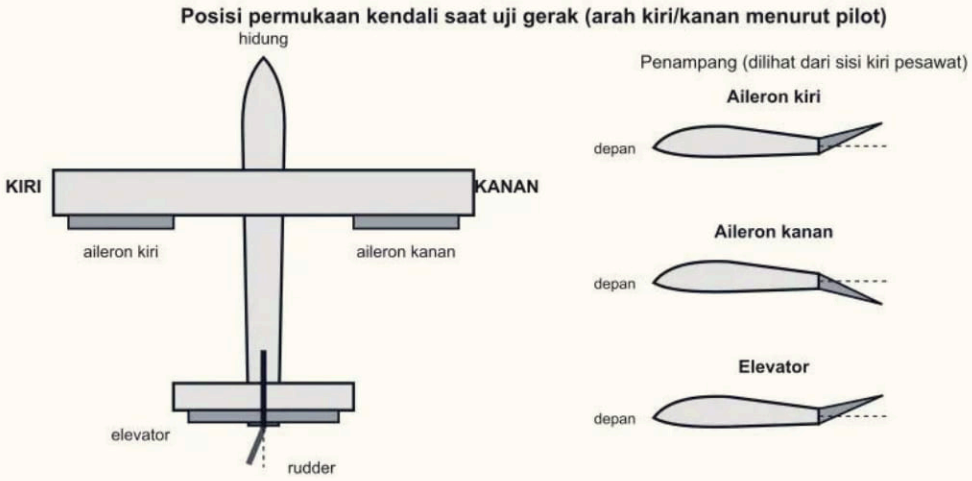
15. Pada 2027, klub terbang di daerah pantai yang lembap mempertimbangkan membeli pesawat latih bekas berkonstruksi rangka pipa baja las dengan penutup kain (truss). Pesawat akan diparkir di luar hanggar karena hanggar penuh. Rafi, teknisi magang, diminta mencatat pertimbangan perawatan yang paling penting untuk konstruksi itu.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Catatan Rafi yang paling tepat adalah ....

A. Kain penutup cepat rusak oleh sinar matahari dan pipa baja rawan berkarat di dalam
B. Kulit logamnya memikul seluruh beban sehingga penyok kecil langsung melemahkan
C. Rangka pipa tidak dapat diperiksa karena tertutup kulit logam yang dikeling permanen
D. Struktur sandwich kompositnya sering rusak tanpa terlihat sehingga perlu uji ketuk
E. Kain penutup ikut memikul beban lentur sehingga sobekan kecil membuatnya tidak laik

16. Pada uji gerak (operational check) 2027, Sigit duduk di kokpit pesawat latih dan menahan control wheel, control column, serta pedal rudder pada satu posisi. Rekannya di luar

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

memotret posisi permukaan kendali, dan hasilnya digambarkan ulang seperti pada gambar. Teknisi berlisensi meminta Sigit menyebutkan masukan yang sedang ia berikan untuk dicocokkan dengan gambar.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Masukan kokpit yang menghasilkan posisi tersebut adalah ....



A. Wheel diputar ke kanan, column ditarik, pedal kiri diinjak
B. Wheel diputar ke kiri, column didorong, pedal kiri diinjak
C. Wheel diputar ke kiri, column ditarik, pedal kanan diinjak
D. Wheel diputar ke kanan, column didorong, pedal kanan diinjak
E. Wheel diputar ke kiri, column ditarik, pedal kiri diinjak

17. Pada 2027, lampu taxi pesawat latih menyala redup. Dengan lampu menyala, Wawan mengukur tegangan di beberapa titik rangkaian 28 V DC memakai voltmeter digital. Hasilnya disajikan pada tabel.

Titik ukur	Tegangan
Bus ke ground	28,0 V
Kedua kaki circuit breaker	0,1 V
Kedua kaki sakelar	0,1 V
Kedua sisi konektor K5	3,8 V
Terminal lampu (+ ke −)	23,8 V

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

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Penafsiran yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Lampu redup karena lampunya rusak, sebab tegangan di terminal lampu masih 23,8 V.
☐ B. Konektor K5 memiliki hambatan sambungan terlalu besar, kemungkinan karena korosi atau longgar.
☐ C. CB dan sakelar dalam kondisi baik karena tegangan jatuh pada keduanya sangat kecil.
☐ D. Mengganti lampu dengan lampu berdaya lebih besar akan mengatasi redupnya lampu taxi pesawat itu.
☐ E. Tegangan jatuh diukur saat lampu menyala, sebab tanpa arus sambungan buruk tidak terdeteksi.

18. Pada 2027, Tari mempelajari rangkaian di papan latih kelistrikan pesawat: baterai 24 V dan sumber daya darat (GPU) 28 V sama-sama dapat memasok bus melalui dioda masing-masing. Dioda D1 berada di jalur baterai dan D2 di jalur GPU, dengan anoda di sisi sumber dan katoda di sisi bus.
(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. Saat GPU 28 V tersambung, D1 tidak menghantar sehingga arus GPU tidak masuk ke baterai melalui jalur itu.
☐ B. Saat GPU dilepas, D1 menghantar sehingga baterai langsung memasok bus tanpa sakelar tambahan.
☐ C. Bila D2 terpasang terbalik, GPU tetap dapat memasok bus karena tegangannya lebih tinggi.
☐ D. Dioda menghantar arus hanya bila anodanya bertegangan lebih tinggi daripada katodanya.
☐ E. Tegangan bus saat GPU tersambung sedikit di bawah 28 V karena ada tegangan jatuh pada dioda D2.

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

19. Pada 2027, bengkel struktur memakai rivet paduan aluminium 2024 jenis "icebox rivet" yang setelah perlakuan panas harus disimpan di lemari pendingin sampai saat dipasang. Satu kotak rivet tertinggal di meja kerja sejak kemarin, dan saat dipasang beberapa kepala bentukannya retak. Ahmad, teknisi magang, diminta mengusulkan tindakan.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Usulan yang paling tepat adalah ....

A. Memasang dengan tekanan rivet gun lebih tinggi agar kepala terbentuk sekali pukul
B. Tidak dipakai; ganti rivet dari pendingin atau beri perlakuan panas ulang
C. Tetap dipakai, lalu kepala yang retak diperiksa dan diganti satu per satu
D. Rivet direndam air panas sebentar sebelum dipasang agar menjadi lunak
E. Diganti rivet paduan lain yang tak perlu didinginkan tanpa memeriksa data

20. Pada 2027, ujung horizontal stabilizer kanan pesawat latih tersenggol pintu hanggar saat pesawat ditarik masuk. Pemeriksaan awal menemukan kulit stabilizer penyok, elevator kanan terasa lebih berat saat digerakkan, dan satu bracket engsel elevator tampak sedikit bengkok. Vertical stabilizer dan rudder tidak tersentuh. Dina, teknisi magang, diminta menilai beberapa usulan.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Usulan yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

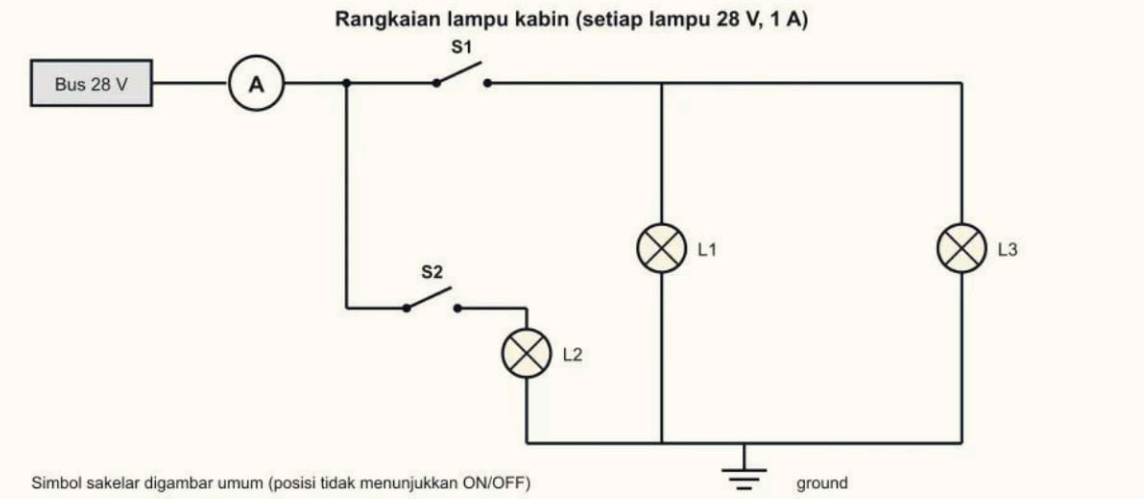
☐ A. Karena benturan hanya di ujung, pemeriksaan dapat dibatasi pada kulit yang penyok saja.
☐ B. Horizontal stabilizer menjaga kestabilan pitch dan menjadi dudukan elevator, sehingga spar dan fitting-nya perlu diperiksa.
☐ C. Elevator yang terasa berat menunjukkan rudder ikut rusak karena keduanya digerakkan kabel yang sama.
☐ D. Bracket engsel yang bengkok dapat membuat elevator macet atau bergetar, sehingga dinilai sesuai manual sebelum terbang.
☐ E. Gerak elevator diuji penuh ke atas dan ke bawah untuk memastikan tidak ada gesekan dengan kulit yang penyok.

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

21. Pada 2027, Joko memeriksa kabel kendali elevator pesawat latih dengan menyapukan kain lap sepanjang kabel. Kain tersangkut di dua titik: satu kawat putus di bagian kabel yang lurus jauh dari puli, dan dua kawat putus tepat di bagian kabel yang melewati puli. Manual: kawat putus pada bagian yang melewati puli atau fairlead tidak diizinkan; pada bagian lurus diizinkan sampai 3 kawat per 30 cm.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Keputusan yang tepat adalah ....

A. Kabel diterima karena jumlah kawat putus total 3, masih dalam batas
B. Kabel diterima, tetapi diperiksa ulang pada inspeksi berikutnya
C. Kawat yang putus di puli dipotong rata, lalu kabel tetap dipakai
D. Kabel diganti karena ada kawat putus di bagian yang melewati puli
E. Puli diganti karena aus, sedangkan kabelnya tetap dipakai

22. Pada 2027, penumpang pesawat latih melaporkan satu lampu kabin tidak menyala. Dengan S1 dan S2 ON, amperemeter pada gambar menunjukkan 2 A. Saat S2 diubah ke OFF (S1 tetap ON), amperemeter tetap menunjukkan 2 A. Lutfi, teknisi magang, diminta menentukan bagian yang bermasalah sebelum membuka panel kabin.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Kesimpulan yang tepat adalah ....



A. Cabang L2 terputus (lampu L2 atau S2), karena mematikan S2 tak mengubah arus
B. Lampu L1 putus, karena arus 2 A sama dengan arus L2 dan L3 yang masih menyala
C. Lampu L3 putus, karena arus 2 A berarti hanya dua lampu yang menyala pada S1
D. Lampu L1 dan L3 putus, karena arus 2 A lebih kecil daripada arus normal 3 A
E. Amperemeter rusak, karena arus total semestinya 3 A ketika semua sakelar ON

23. Pada 2027, pilot pesawat latih melaporkan attitude indicator dan heading indicator bergoyang dan menunjukkan sikap serta arah yang tidak sesuai. Turn coordinator (bertenaga listrik), airspeed indicator, dan altimeter bekerja normal.

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

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Penyebab yang paling mungkin adalah ....

A. Saluran pitot-statik tersumbat sehingga giroskop menerima tekanan yang salah
B. Isapan sistem vakum kurang sehingga giroskop kedua instrumen berputar lambat
C. Baterai lemah sehingga semua instrumen giroskop listrik melambat bersamaan
D. Kompas magnetik terganggu sehingga heading indicator ikut bergoyang
E. Isapan vakum terlalu besar sehingga giroskop berputar melebihi kecepatannya

24. Pada 2027, pesawat latih yang terbang rendah pada 1.000 ft di balik bukit kehilangan kontak radio VHF dengan menara berjarak 60 km. Setelah naik ke 5.000 ft, komunikasi kembali jelas tanpa perubahan pengaturan radio. Instruktur meminta Siska, siswa SMK yang ikut sebagai pengamat, menjelaskan kejadian 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
Gelombang VHF merambat menurut garis pandang, sehingga bukit di antara pesawat dan menara dapat memutus komunikasi.	○	○
Komunikasi kembali karena pada ketinggian lebih tinggi daya pemancar radio pesawat bertambah.	○	○
Untuk jarak ratusan kilometer di atas laut, radio VHF lebih tepat daripada HF karena frekuensinya lebih tinggi.	○	○

25. Pada 2027, pompa hidraulik listrik pesawat latih menyala-mati sangat sering (sekitar setiap 3 detik) setiap kali rem dipakai, padahal tidak ada kebocoran yang terlihat. Sistem terdiri atas reservoir, pompa listrik, filter, relief valve, akumulator, dan aktuator rem.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Penyebab dan tindakan yang paling tepat adalah ....

A. Pompa terlalu kuat sehingga tekanan cepat tercapai; pompa diganti yang lebih kecil
B. Relief valve macet tertutup sehingga tekanan melonjak; relief valve diganti
C. Cairan terlalu banyak di reservoir; cairan dikurangi sampai garis penuh
D. Muatan nitrogen akumulator hilang; diisi ulang dan diperiksa kebocorannya
E. Filter tersumbat sehingga pompa bekerja berat; elemen filter diganti

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, 3, 8, 10, 11, 17, 18, 20, 24): 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 · Dunia kerja perawatan pesawat, komunikasi, kerja tim, dan human factors	2, 4	___ / 2	Ulangi hlm. 9
Sub bab 1.2 · K3 di hanggar dan apron	3	___ / 1	Ulangi hlm. 24
Sub bab 1.3 · Kecakapan dasar perawatan: kartu kerja, urutan kerja, dan ketelitian	1	___ / 1	Ulangi hlm. 37
Sub bab 2.1 · Hand tools dan power tools	9	___ / 1	Ulangi hlm. 77
Sub bab 2.2 · Alat ukur mekanik	12	___ / 1	Ulangi hlm. 93
Sub bab 2.3 · Alat ukur listrik dasar	17	___ / 1	Ulangi hlm. 107
Sub bab 2.4 · Dasar pemesinan dan pengelasan	5	___ / 1	Ulangi hlm. 121
Sub bab 2.5 · Peralatan gambar teknik	14	___ / 1	Ulangi hlm. 134
Sub bab 3.1 · Prinsip Bernoulli dan aerodinamika	6	___ / 1	Ulangi hlm. 178
Sub bab 3.2 · Gaya-gaya pada pesawat	8	___ / 1	Ulangi hlm. 193
Sub bab 3.3 · Flight control surfaces	16	___ / 1	Ulangi hlm. 206
Sub bab 3.4 · Jenis konstruksi dan bagian struktur pesawat	15, 20	___ / 2	Ulangi hlm. 217
Sub bab 3.5 · Hukum Newton, kekekalan energi, dan tenaga pendorong	13	___ / 1	Ulangi hlm. 232
Sub bab 3.7 · Gas turbine engine	10	___ / 1	Ulangi hlm. 256
Sub bab 4.1 · Aircraft material: material pesawat dan korosi	19	___ / 1	Ulangi hlm. 283
Sub bab 4.2 · Aircraft hardware: baut, mur, rivet, dan pengunci	11	___ / 1	Ulangi hlm. 300
Sub bab 4.3 · Tools equipment: kunci momen, dongkrak, dan peralatan pendukung	7	___ / 1	Ulangi hlm. 317
Sub bab 5.1 · Elektronika dasar dan digital	18	___ / 1	Ulangi hlm. 345
Sub bab 5.2 · Sistem kelistrikan pesawat	22	___ / 1	Ulangi hlm. 358
Sub bab 5.3 · Radio komunikasi dan navigasi	24	___ / 1	Ulangi hlm. 371
Sub bab 5.4 · Sistem kendali terbang dasar	21	___ / 1	Ulangi hlm. 383

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 5.5 · Instrumen terbang dasar	23	___ / 1	Ulangi hlm. 397
Sub bab 5.6 · Sistem pneumatik dan hidraulik	25	___ / 1	Ulangi hlm. 410

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

Simulasi 2 — Prediksi TKA 2026

SMKTPU-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-smktpu&node=SMKTPU-FIN2

1. Pada 2027, Rani membantu bagian perencanaan memeriksa catatan pesawat latih yang kini memiliki 1.196 jam terbang. Penerbangan latihan berikutnya direncanakan 5 jam. Airworthiness Directive (AD) wajib dipatuhi sesuai batas waktunya, sedangkan service bulletin (SB) pabrikan bersifat anjuran kecuali diwajibkan oleh AD.

Dokumen	Isi	Batas pelaksanaan
AD-1	inspeksi retak dudukan mesin	sebelum 1.200 jam terbang
SB-7	penggantian lampu kabin ke LED	anjuran pabrikan
AD-2	penggantian selang bahan bakar	sudah dilaksanakan pada 1.150 jam (sekali)

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

Keputusan yang tepat sebelum penerbangan berikutnya adalah ....

A. AD-1 dilaksanakan sebelum terbang karena 1.196 + 5 jam melewati batas 1.200 jam
B. Pesawat boleh terbang karena saat ini baru 1.196 jam, masih di bawah batas AD-1
C. SB-7 dilaksanakan lebih dulu karena dokumen pabrikan sama wajibnya dengan AD
D. AD-2 diulang karena setiap AD wajib dilaksanakan lagi pada setiap inspeksi
E. AD-1 dapat ditunda karena AD hanya berlaku bila pemilik pesawat menyetujuinya

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

2. Pada 2027, Bayu menandai garis potong dan garis tekuk pada pelat aluminium 2024-T3 untuk membuat braket. Ia memakai penggores (scriber) baja untuk semua garis karena hasilnya tipis dan jelas. Instruktur menghentikannya dan menjelaskan bahwa garis tekuk akan tetap ada pada braket jadi dan bagian itu akan menerima beban.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Perbaikan cara kerja yang paling tepat adalah ....

A. Tetap memakai penggores karena garis yang tipis paling teliti untuk menekuk pelat
B. Memakai penggores untuk garis tekuk, tetapi menggoresnya lebih dangkal dan pelan
C. Menghapus goresan dengan amplas kasar setelah braket selesai ditekuk di mesin
D. Garis tekuk ditandai pensil lunak; penggores hanya di bagian yang akan dibuang
E. Memakai penitik (center punch) berjajar rapat di sepanjang garis tekuk pelat

3. Pada 2027, Fitri akan mengebor lubang pilot pada pelat aluminium tipis berukuran kecil di bengkel struktur memakai bor listrik genggam. Pelat belum dijepit, Fitri memakai sarung tangan kain, dan kunci chuck masih menempel di chuck setelah mata bor dipasang. Instruktur meminta Fitri memeriksa kesiapan kerjanya.
(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. Melepas kunci chuck dari chuck sebelum bor dinyalakan.
☐ B. Tetap memakai sarung tangan kain agar tangan tidak tergores bila pelat ikut berputar.
☐ C. Memegang pelat kecil dengan tangan agar posisi mata bor lebih mudah diatur.
☐ D. Menjepit pelat dengan ragum atau klem dan memakai kacamata pelindung saat mengebor.
☐ E. Memakai kecepatan tertinggi sejak awal agar mata bor tidak meleset dari titik pusat.

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

4. Di hanggar sebuah sekolah penerbangan pada 2027, tim terbiasa mengganti roda pesawat latih tanpa membuka manual karena merasa "sudah hafal". Ternyata manual revisi terbaru mengubah momen mur poros roda dari 150 menjadi 120 in-lb dan menambah satu langkah pemeriksaan bearing. Kesalahan ini baru diketahui saat audit internal, setelah beberapa roda dipasang.
(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 pekerjaan sudah ratusan kali dilakukan tanpa masalah, kebiasaan itu dapat dipertahankan asalkan uji fungsi baik.
☐ B. Kebiasaan "sudah hafal" adalah contoh faktor manusia berupa rasa puas diri (complacency) dan norma kelompok yang keliru.
☐ C. Setiap pekerjaan mengacu pada manual revisi terbaru yang berlaku, walaupun pekerjaannya rutin.
☐ D. Karena kesalahan ditemukan audit dan tidak dilaporkan sendiri, anggota tim langsung dikenai sanksi tanpa perlu dikaji penyebabnya.
☐ E. Roda yang sudah terpasang tidak perlu diperiksa ulang karena momen 150 in-lb lebih kencang sehingga lebih aman.

5. Pada 2027, saat uji sistem di hanggar dengan daya GPU tersambung, asap dan nyala kecil keluar dari rak avionik pesawat latih. Raka, teknisi magang, berada paling dekat dengan panel GPU. Di dekatnya tersedia APAR air, APAR busa (foam), APAR CO_2, dan selimut api.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tindakan Raka yang paling tepat adalah ....

A. Menyemprot rak avionik dengan APAR air karena paling cepat memadamkan nyala
B. Memutus daya GPU, lalu memadamkan sumber nyala dengan APAR CO_2
C. Menyemprot rak dengan APAR busa tanpa memutus daya agar api cepat tertutup
D. Menutup rak dengan selimut api sambil menunggu daya GPU padam sendiri
E. Memutus daya GPU, lalu menyiram rak dengan air agar komponen cepat dingin

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

6. Pada 2027, Sinta memasang kembali batang dorong (push-rod) aileron pesawat latih setelah penyetelan panjang. Ujung batang (rod end) disekrupkan ke dalam batang dorong yang memiliki lubang pemeriksa (inspection hole). Manual: ulir rod end harus melewati lubang pemeriksa, dibuktikan dengan kawat pengaman yang TIDAK dapat dimasukkan ke lubang itu. Setelah penyetelan, kawat ternyata masih dapat masuk.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tindakan yang tepat adalah ....

A. Diterima karena jam nut sudah dikencangkan dan safety wire sudah terpasang
B. Diterima karena kawat yang masuk menunjukkan ulir tepat berada di lubang
C. Rod end diputar keluar sampai kawat tak masuk, lalu jam nut dikencangkan
D. Rod end diputar masuk sampai kawat tak masuk, lalu jam nut dikencangkan
E. Ulir disetel masuk melewati lubang, lalu rigging aileron diuji ulang

7. Pada 2027, braket troli alat (ground equipment) retak dan perlu dilas busur listrik. Hanggar sedang berisi dua pesawat latih yang tangkinya berisi bahan bakar, dan panel tangki salah satunya sedang dibuka untuk pemeriksaan. Bengkel las berada di gedung terpisah 50 m dari hanggar, dan prosedur bengkel melarang kerja panas di hanggar berisi pesawat berbahan bakar bila benda kerjanya dapat dipindahkan. Juru las meminta Arif menyiapkan tempat kerja.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Persiapan yang paling tepat adalah ....

A. Mengelas di sudut hanggar terjauh dari pesawat, dengan izin kerja panas dan tirai las
B. Mengelas di dekat pesawat dengan izin kerja panas dan APAR CO_2 di samping juru las
C. Mengelas di dalam hanggar dengan penjaga api setelah semua pintu hanggar dibuka
D. Menunggu panel tangki ditutup, lalu mengelas di hanggar dengan izin dan penjaga api
E. Memindahkan troli ke bengkel las terpisah, lalu mengelas dengan izin kerja panas

8. Pada 2027, Teguh mempelajari mesin piston empat langkah empat silinder pesawat latih yang berputar 2.400 rpm saat jelajah. Setiap silinder memiliki dua busi yang memercik bersamaan sekali pada setiap langkah usaha silinder itu. Ia ingin mengetahui berapa kali SATU busi di silinder nomor 1 memercik setiap menit untuk memperkirakan keausan elektrodanya.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Jumlah percikan satu busi itu setiap menit adalah ....

A. 600 kali
B. 1.200 kali
C. 2.400 kali
D. 4.800 kali
E. 9.600 kali

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

9. Pada 2027, mesin pesawat turboprop latih akan dihidupkan memakai sumber daya darat (GPU). Manual pesawat: GPU harus 28 V DC, mampu memberi arus start minimal 400 A, dan memiliki pembatas arus yang disetel tidak lebih dari 800 A agar starter-generator tidak rusak. Daftar GPU di apron disajikan pada tabel.

GPU	Keluaran	Arus maks.	Pembatas arus
G1	115 V AC 400 Hz	90 kVA	ada
G2	28 V DC	300 A	ada
G3	28 V DC	450 A	ada, disetel 900 A
G4	28 V DC	600 A	ada, disetel 600 A
G5	28 V DC	1.500 A	tidak ada

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
GPU yang tepat dipakai adalah ....

A. G1
B. G2
C. G3
D. G4
E. G5

10. Pada 2027, pesawat latih yang sama lepas landas dua kali dari landasan yang sama dengan cuaca serupa. Pagi hari pesawat hanya membawa instruktur dan siswa; siang hari pesawat membawa dua penumpang tambahan dan bagasi. Siswa SMK diminta membandingkan kedua lepas landas dengan konsep gaya-gaya pada pesawat.
(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
Lift yang diperlukan untuk terangkat pada penerbangan siang sama dengan pagi karena landasan dan cuacanya sama.	○	○
Dengan thrust yang sama, pesawat yang lebih berat berakselerasi lebih lambat sehingga jarak lepas landas lebih panjang.	○	○
Pesawat yang lebih berat dapat terangkat pada kecepatan lebih rendah karena roda menekan landasan lebih kuat.	○	○

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

11. Pada 2027, pesawat latih mendarat keras di landasan sekolah penerbangan tanpa korban dan tanpa kerusakan berat. Setelah pesawat diparkir, petugas menara memberi tahu bahwa ada sinyal darurat dari pesawat itu. Ternyata emergency locator transmitter (ELT) aktif sendiri akibat benturan pendaratan.
(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
Aktivasi tak sengaja tidak perlu dilaporkan asalkan ELT segera dimatikan oleh teknisi.	○	○
ELT dapat aktif otomatis karena memiliki sakelar yang bekerja saat terjadi benturan keras (G-switch).	○	○
ELT dimatikan sesuai prosedur dan aktivasi tak sengaja itu dilaporkan ke menara atau pihak SAR.	○	○

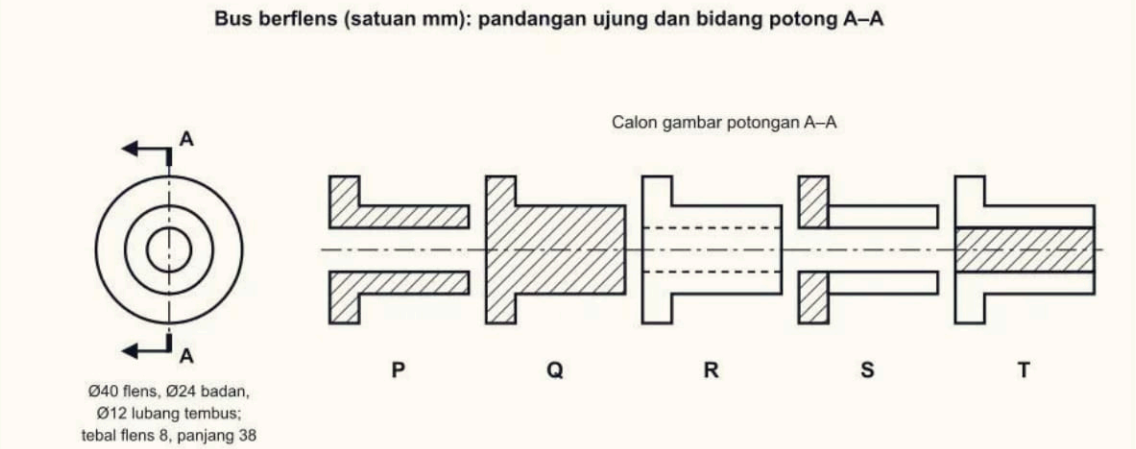
12. Pada 2027, Rina mempelajari lampu peringatan pintu kabin pesawat latih. Sakelar pintu memberi logika 1 bila pintu tertutup dan terkunci, dan logika 0 bila pintu terbuka. Lampu peringatan harus menyala (logika 1) bila pintu terbuka. Sinyal sakelar melewati satu gerbang logika sebelum masuk ke lampu.
(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
Gerbang yang tepat adalah NOT (inverter), karena keluarannya kebalikan dari masukan.	○	○
Bila kabel sakelar putus sehingga masukan gerbang terbaca 0, lampu padam walaupun pintu sebenarnya terbuka.	○	○
Saat pintu tertutup dan terkunci, keluaran gerbang bernilai 1 sehingga lampu peringatan menyala.	○	○

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

13. Pada 2027, bengkel komponen akan membuat bus berflens pengganti untuk dudukan puli kabel kendali. Agar bentuk lubang di dalamnya jelas, gambar kerja memakai gambar potongan menurut bidang potong A–A yang melalui sumbu bus. Lima siswa menggambar potongan itu, dan Tasya diminta memilih yang benar.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Gambar potongan A–A yang benar adalah ....



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

14. Pada 2027, Bima mempelajari sistem darurat penurunan roda pendarat pesawat latih bermesin ganda. Bila sistem hidraulik gagal, pilot membuka botol nitrogen bertekanan yang mendorong roda turun melalui saluran terpisah. Pada pemeriksaan harian, pengukur botol pagi itu menunjukkan 2.600 psi pada suhu 15 °C. Manual meminta tekanan minimal 2.550 psi pada 15 °C dan 2.700 psi pada 30 °C, karena tekanan gas berubah menurut suhu.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tindakan yang paling tepat adalah ....

A. Botol diisi ulang karena 2.600 psi masih di bawah batas minimum 2.700 psi
B. Botol diterima karena 2.600 psi memenuhi batas 2.550 psi pada suhu 15 °C
C. Botol diisi ulang sampai 3.000 psi agar aman pada suhu berapa pun nanti
D. Botol ditambah udara bengkel agar tekanannya kembali di atas 2.700 psi
E. Botol diterima karena sistem hidraulik utama dalam keadaan baik saat ini

15. Pada 2027, bengkel komponen menerima rumah roda gigi (gearbox housing) dari paduan magnesium dengan korosi berupa bintik putih di sekitar baut baja. Kiki, siswa magang, akan membersihkannya. Di troli tersedia sikat kawat baja, sikat nilon, kain, APAR CO_2, dan APAR serbuk khusus logam.

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 yang paling tepat adalah ....

A. Sikat nilon, serbuk dikumpulkan, APAR serbuk khusus logam disiapkan
B. Sikat kawat baja agar cepat, serbuk disiram air, APAR CO_2 disiapkan
C. Sikat nilon, serbuk dibilas air ke saluran lantai, APAR CO_2 disiapkan
D. Sikat kawat baja, serbuk dikumpulkan, APAR serbuk khusus logam disiapkan
E. Sikat nilon, lalu baut baja dipasang kembali langsung tanpa penyekat

16. Pada 2027, bagian perawatan mencatat data mesin turboprop pesawat latih pada putaran dan daya yang sama setiap bulan. Pada bulan Juni kompresor dicuci (compressor wash) sesuai manual. Datanya disajikan pada tabel.

Bulan	ITT (°C)	Konsumsi bahan bakar (kg/jam)
Maret	690	150
April	698	153
Mei	707	157
Juli (setelah pencucian)	692	151

(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. Kenaikan ITT dan konsumsi bahan bakar pada daya yang sama menunjukkan kinerja kompresor menurun, misalnya karena kotor.
☐ B. Kenaikan ITT dari Maret ke Mei menunjukkan turbin makin dingin karena daya yang dihasilkan tetap.
☐ C. Turunnya ITT setelah pencucian menunjukkan kotoran di kompresor ikut menyebabkan kenaikan sebelumnya.
☐ D. Pemantauan tren seperti ini membantu menemukan penurunan kinerja sebelum batas suhu terlampaui.
☐ E. ITT Juli masih 2 °C di atas Maret, jadi pencucian dapat dianggap tidak berpengaruh.

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

17. Pada 2027, guru konstruksi pesawat meminta siswa mencocokkan jenis konstruksi badan pesawat dengan tiga kebutuhan: (1) ultralight rakitan sendiri yang murah dan mudah diperbaiki di bengkel kecil, (2) badan pesawat penumpang bertekanan kabin yang harus tetap kuat bila ada sedikit kerusakan, dan (3) badan drone kecil dari komposit yang harus sangat ringan dan berbentuk halus.
(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 (1) cocok dengan rangka pipa las (truss) berpenutup kain karena bahan dan perbaikannya sederhana.
☐ B. Kebutuhan (2) cocok dengan semi-monocoque karena beban dibagi kulit, stringer, longeron, dan frame.
☐ C. Kebutuhan (2) cocok dengan truss karena rangka batang paling mudah dibuat kedap udara untuk tekanan kabin.
☐ D. Kebutuhan (3) cocok dengan monocoque karena kulit kompositnya sendiri dapat memikul beban badan yang kecil.
☐ E. Kebutuhan (3) cocok dengan semi-monocoque karena stringer yang banyak membuatnya paling ringan.

18. Pada 2027, Lukas memeriksa sakelar peringatan stall (stall warning switch) berupa lidah logam kecil yang menonjol sedikit di bawah ujung leading edge sayap pesawat latih. Lidah itu terhubung ke sakelar klakson stall di kokpit. Instruktur meminta Lukas menjelaskan cara kerjanya dan cara mengujinya di darat.
(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. Klakson stall berbunyi karena kecepatan turun di bawah angka tertentu, tidak bergantung pada sudut serang.
☐ B. Untuk menguji di darat, lidah didorong ke bawah dengan tangan saat sakelar master ON.
☐ C. Stall terjadi bila sudut serang melewati sudut kritis sehingga aliran di permukaan atas terlepas dan lift turun drastis.
☐ D. Untuk menguji di darat, lidah didorong perlahan ke atas saat sakelar master ON, dan klakson harus berbunyi.
☐ E. Lidah dipasang di permukaan atas dekat trailing edge karena di sana aliran udara paling cepat.

19. Pada 2027, siswa kelas X yang berkunjung bertanya kepada Pak Danu, teknisi di hanggar sekolah penerbangan, bagaimana baling-baling dapat menarik pesawat ke depan. Pak Danu meminta Vina, siswa magang kelas XII, menjelaskannya lebih dulu dengan Hukum Newton.

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 Vina yang paling tepat adalah ....

A. Baling-baling membuat ruang hampa di depan pesawat sehingga pesawat terisap maju
B. Baling-baling mendorong udara di belakangnya yang diam seperti sebuah dinding
C. Putaran baling-baling menambah berat pesawat sehingga pesawat meluncur ke depan
D. Baling-baling menghapus drag sehingga pesawat bergerak tanpa memerlukan gaya
E. Baling-baling mempercepat udara ke belakang; reaksinya mendorong pesawat maju

20. Pada 2027, Wina menggambar rangka rib sayap di meja gambar. Untuk garis mendatar ia memakai penggaris T yang bertumpu pada sisi kiri meja. Untuk garis tegak, ia memutar penggaris T agar bertumpu pada sisi bawah meja, tetapi garis tegaknya ternyata tidak tepat 90° terhadap garis mendatar karena sudut meja tidak siku sempurna.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Cara yang paling tepat untuk menarik garis tegak adalah ....

A. Tetap memakai sisi bawah meja dan mengoreksi garis dengan busur derajat
B. Menggambar garis tegak dengan tangan bebas mengikuti garis bantu tipis
C. Menempelkan penggaris segitiga pada penggaris T yang tetap di sisi kiri
D. Memakai kurva Prancis untuk menarik garis tegak yang panjang
E. Memutar kertas 90° lalu menggambar garis tegak sebagai garis mendatar

21. Pada 2027, bengkel avionik akan memasang kabel untuk beban baru 12 A pada sistem 28 V DC pesawat latih sesuai data modifikasi yang disetujui. Data menetapkan kabel yang dipilih paling ringan (paling kecil), tetapi kemampuan arusnya tidak boleh kurang dari arus beban. Kemampuan arus kabel tembaga dalam ikatan (bundle) disajikan pada tabel.

Ukuran kabel	Kemampuan arus (A)
AWG 20	7,5
AWG 18	10
AWG 16	13
AWG 14	17
AWG 12	23

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

A. AWG 12
B. AWG 14
C. AWG 16
D. AWG 18
E. AWG 20

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

22. Pada 2027, Damar memakai multimeter analog untuk mengukur tegangan bus DC pesawat latih yang seharusnya sekitar 28 V. Selektor dapat diatur ke DCV 10, 50, 250, atau 1000. Skala jarum yang dipakai bertanda 0–10 (penuh). Saat selektor di DCV 50, jarum menunjuk tepat angka 5,6.

(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. Selektor DCV 10 lebih tepat karena skala 0–10 dapat dibaca langsung tanpa dikalikan.

☐ B. Tegangan terukur 28 V, karena angka 5,6 pada skala 0–10 dikalikan 50 ÷ 10.

☐ C. Membaca jarum dari arah samping tidak berpengaruh karena jarum multimeter sangat tipis.

☐ D. Bila tegangan belum diketahui, pengukuran dimulai dari rentang tertinggi lalu diturunkan bertahap.

☐ E. Dari pilihan yang ada, DCV 50 lebih tepat daripada DCV 250 karena jarum menyimpang lebih jauh.

23. Pada 2027, bengkel struktur menerima tiga pekerjaan: (1) memasang pelat penguat di bagian dalam spar yang sisi belakangnya tidak dapat dijangkau, (2) memasang kembali cowling mesin yang harus dibuka setiap inspeksi harian, dan (3) mengganti rivet pejal pada kulit sayap yang kedua sisinya mudah dijangkau. Aldo diminta mencocokkan jenis pengencang dengan setiap pekerjaan.

(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. Pekerjaan (1) memakai rivet buta yang dipasang dari satu sisi sesuai data perbaikan.

☐ B. Pekerjaan (1) memakai rivet pejal karena bucking bar dapat ditempelkan dari sisi depan.

☐ C. Pekerjaan (2) memakai rivet buta (blind rivet) agar cowling tetap rapat saat terbang.

☐ D. Pekerjaan (3) memakai pengencang putar seperempat (Camloc/Dzus) agar kulit sayap mudah dibuka.

☐ E. Pekerjaan (2) memakai pengencang putar seperempat (Camloc/Dzus) yang cepat dibuka dan dikunci.

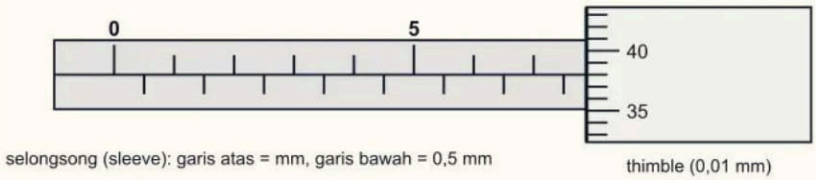
Gratis dari Next Level Study Indonesia · next-level-study.com/library · tidak untuk diperjualbelikan

24. Pada 2027, siswa SMK yang berkunjung ke bandara mengamati pesawat jet mendarat. Begitu roda menyentuh landasan, panel-panel di permukaan atas kedua sayap (ground spoiler) terangkat bersamaan, lalu pesawat melambat dengan cepat. Pembimbing bertanya kepada Fajar mengapa spoiler membantu pengereman roda.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Jawaban Fajar yang paling tepat adalah ....

A. Spoiler menambah lift sehingga pesawat melayang lebih lama sebelum berhenti
B. Spoiler membalik arah gas buang sehingga mesin mendorong pesawat ke belakang
C. Spoiler menggerakkan aileron sehingga pesawat tetap lurus di tengah landasan
D. Spoiler merusak aliran atas sayap sehingga lift turun dan beban roda naik
E. Spoiler menurunkan drag sehingga roda tidak perlu menahan dorongan udara

25. Pada 2027, Gilang mengukur diameter shank baut engsel pintu bagasi pesawat latih dengan mikrometer luar 0–25 mm berketelitian 0,01 mm. Manual: diameter shank minimal 7,90 mm; baut yang lebih kecil diganti. Gambar memperlihatkan posisi skala mikrometer saat menjepit baut.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Hasil ukur dan keputusan yang tepat adalah ....

Posisi skala mikrometer luar 0–25 mm saat mengukur shank baut



A. 7,38 mm; baut diganti karena jauh di bawah batas
B. 7,88 mm; baut dipakai karena selisihnya kecil
C. 7,88 mm; baut diganti karena di bawah batas
D. 8,38 mm; baut dipakai karena di atas batas
E. 8,88 mm; baut dipakai karena di atas batas

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 3, 4, 10, 11, 12, 16, 17, 18, 22, 23): 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 · Dunia kerja perawatan pesawat, komunikasi, kerja tim, dan human factors	4	___ / 1	Ulangi hlm. 9
Sub bab 1.2 · K3 di hanggar dan apron	5	___ / 1	Ulangi hlm. 24
Sub bab 1.3 · Kecakapan dasar perawatan: kartu kerja, urutan kerja, dan ketelitian	2	___ / 1	Ulangi hlm. 37
Sub bab 1.4 · CASR: peraturan keselamatan penerbangan sipil	1	___ / 1	Ulangi hlm. 51
Sub bab 2.1 · Hand tools dan power tools	3	___ / 1	Ulangi hlm. 77
Sub bab 2.2 · Alat ukur mekanik	25	___ / 1	Ulangi hlm. 93
Sub bab 2.3 · Alat ukur listrik dasar	22	___ / 1	Ulangi hlm. 107
Sub bab 2.4 · Dasar pemesinan dan pengelasan	7	___ / 1	Ulangi hlm. 121
Sub bab 2.5 · Peralatan gambar teknik	20	___ / 1	Ulangi hlm. 134
Sub bab 2.6 · Proyeksi pada gambar kerja pesawat	13	___ / 1	Ulangi hlm. 146
Sub bab 3.1 · Prinsip Bernoulli dan aerodinamika	18	___ / 1	Ulangi hlm. 178
Sub bab 3.2 · Gaya-gaya pada pesawat	10	___ / 1	Ulangi hlm. 193
Sub bab 3.3 · Flight control surfaces	24	___ / 1	Ulangi hlm. 206
Sub bab 3.4 · Jenis konstruksi dan bagian struktur pesawat	17	___ / 1	Ulangi hlm. 217
Sub bab 3.5 · Hukum Newton, kekekalan energi, dan tenaga pendorong	19	___ / 1	Ulangi hlm. 232
Sub bab 3.6 · Piston engine	8	___ / 1	Ulangi hlm. 243
Sub bab 3.7 · Gas turbine engine	16	___ / 1	Ulangi hlm. 256
Sub bab 4.1 · Aircraft material: material pesawat dan korosi	15	___ / 1	Ulangi hlm. 283
Sub bab 4.2 · Aircraft hardware: baut, mur, rivet, dan pengunci	23	___ / 1	Ulangi hlm. 300
Sub bab 4.3 · Tools equipment: kunci momen, dongkrak, dan peralatan pendukung	9	___ / 1	Ulangi hlm. 317
Sub bab 5.1 · Elektronika dasar dan digital	12	___ / 1	Ulangi hlm. 345

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 5.2 · Sistem kelistrikan pesawat	21	___ / 1	Ulangi hlm. 358
Sub bab 5.3 · Radio komunikasi dan navigasi	11	___ / 1	Ulangi hlm. 371
Sub bab 5.4 · Sistem kendali terbang dasar	6	___ / 1	Ulangi hlm. 383
Sub bab 5.6 · Sistem pneumatik dan hidraulik	14	___ / 1	Ulangi hlm. 410

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

Simulasi 3 — Prediksi TKA 2026

SMKTPU-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-smktpu&node=SMKTPU-FIN3

1. Pada 2027, sekolah penerbangan membandingkan dua pesawat latih: pesawat P bersayap tinggi dengan batang penopang (strut) dari badan ke sayap, dan pesawat Q bersayap rendah tanpa penopang luar (cantilever) yang seluruh bebannya dipikul spar di dalam sayap. Pak Wahyu meminta Rizal menjelaskan kelebihan dan kekurangan sayap P dibanding Q.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Penjelasan Rizal yang paling tepat adalah ....

A. Sayap P dapat lebih ringan karena strut ikut memikul beban, tetapi drag naik
B. Sayap P lebih berat karena ada strut, tetapi drag yang ditimbulkannya lebih kecil
C. Sayap P tidak memerlukan spar karena seluruh beban lentur dipikul strut di luar
D. Sayap Q lebih ringan karena tanpa strut, dan spar dalamnya dapat dibuat lebih kecil
E. Sayap Q menimbulkan drag lebih besar karena spar di dalam sayapnya lebih tebal

2. Pada 2027, Ani memeriksa shock strut (oleo) roda utama pesawat latih yang tampak lebih rendah dari biasanya. Shock strut menyerap beban benturan saat mendarat. Manual memberi panjang strut terlihat (extension) yang benar menurut berat pesawat dan menyatakan bila kurang, strut diservis (cairan dan nitrogen) sesuai prosedur. Berat pesawat saat itu 1.050 kg dan panjang terukur 55 mm.

Berat pesawat (kg)	Extension yang benar (mm)
900–999	70–80
1.000–1.099	62–72
1.100–1.200	55–65

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 tepat adalah ....

A. Strut diterima karena 55 mm masih di dalam rentang 55–65 mm
B. Strut diterima karena strut yang rendah membuat pendaratan lebih empuk
C. Nitrogen ditambah sampai 80 mm agar strut tidak cepat turun lagi
D. Strut diservis karena pada 1.050 kg seharusnya 62–72 mm
E. Strut diterima, lalu diukur ulang setelah tangki bahan bakar diisi penuh

3. Pada 2027, Rangga harus memeriksa engsel rudder pesawat jet latih dari atas tail stand setinggi 4 m. Hujan baru reda sehingga lantai stand masih basah. Ia membawa kunci dan senter di saku baju, dan sebagian pagar pengaman stand dapat dilepas untuk menjangkau bagian tertentu. Supervisor mengingatkan aturan kerja di ketinggian.
(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. Karena pekerjaannya singkat, pagar pengaman stand boleh dibuka agar posisi lebih dekat ke engsel.
☐ B. Roda stand dikunci dan posisinya diperiksa stabil sebelum dinaiki.
☐ C. Alat dibawa dalam tas alat atau diikat tali agar tidak jatuh mengenai orang atau pesawat.
☐ D. Lantai stand yang basah dapat dinaiki asalkan memakai sepatu biasa yang bersih.
☐ E. Bila pagar pengaman harus dibuka, dipakai sabuk pengaman (harness) yang dikaitkan ke titik tambat.

4. Pada 2027, saat pesawat latih ditarik dengan tow bar, pengemudi traktor membelok terlalu tajam dan pin patah (shear pin) pada tow bar putus. Pesawat berhenti tanpa menabrak apa pun. Seorang rekan mengusulkan mengganti pin patah itu dengan baut baja biasa yang lebih kuat agar tidak putus lagi.
(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. Shear pin sengaja dibuat putus pada gaya tertentu agar roda depan dan dudukannya tidak rusak.
☐ B. Usulan memakai baut baja biasa tepat karena tow bar menjadi lebih awet dan tidak merepotkan.
☐ C. Pin pengganti harus sesuai nomor komponen tow bar itu.
☐ D. Karena shear pin sudah putus lebih dulu, roda depan dan batas putarnya tidak perlu diperiksa lagi.
☐ E. Kejadian dilaporkan agar pengemudi dan tim penarik mendapat pengarahan tentang batas belok.

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

5. Pada praktik 2027 di bengkel sekolah penerbangan, instruktur memeriksa hasil safety wire kelompok Hani pada tiga baut tutup gearbox latihan. Sebelum latihan berikutnya, anggota kelompok mengusulkan beberapa kebiasaan kerja.
(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
Ujung kawat (pigtail) dibiarkan agak panjang dan lurus agar mudah dipegang saat kawat dilepas nanti.	○	○
Kawat bekas yang masih lurus boleh dipakai ulang agar bahan lebih hemat.	○	○
Kawat dipasang sedemikian rupa sehingga tarikannya cenderung mengencangkan baut.	○	○

6. Pada 2027, Doni dan Arya, dua teknisi magang, mengerjakan pemeriksaan harian dua pesawat latih. Arya harus pulang lebih cepat karena sakit, lalu meminta Doni membubuhkan stempel dan paraf Arya pada kartu kerja pemeriksaan ban yang katanya "tadi sudah saya kerjakan". Doni tidak melihat pemeriksaan itu dilakukan.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Tindakan Doni yang paling tepat adalah ....

A. Membubuhkan stempel Arya karena Arya sudah menyatakan pekerjaannya selesai
B. Membubuhkan paraf Doni sendiri karena ia yang mengisi kartu kerja itu
C. Membiarkan kartu tetap kosong tanpa memberi tahu siapa pun agar tidak ribut
D. Memeriksa ulang ban sendiri, lalu membubuhkan stempel Arya pada kartu itu
E. Melapor ke supervisor; pekerjaan dicatat atau diulang oleh yang berwenang

7. Pada 2027, Lina menggambar ulang secara manual tata letak rivet di sepanjang tepi lengkung leading edge rib. Ia harus memindahkan jarak rivet yang sama, 20 mm, berulang kali di sepanjang garis lengkung itu tanpa mengukur ulang setiap kali dengan penggaris.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Alat yang paling tepat adalah ....

A. Penggaris T yang digeser sepanjang tepi kiri meja gambar
B. Busur derajat yang tepinya melengkung mengikuti bentuk rib
C. Mal lingkaran untuk menggambar setiap rivet sebagai lingkaran
D. Jangka pembagi (divider) yang bukaannya dikunci pada 20 mm
E. Kurva Prancis yang ditempelkan mengikuti lengkung leading edge

8. Pada akhir shift malam 2027, Maya, teknisi magang, menemukan luka potong sedalam 4 mm di bahu ban utama kiri pesawat latih. Manual membatasi kedalaman luka potong 2 mm. Ban belum sempat diganti, dan tim shift pagi yang akan melanjutkan pekerjaan tidak

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

bertemu langsung dengan Maya. Supervisor meminta Maya menulis temuan itu di buku catatan kerusakan (defect log).
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Catatan yang paling tepat adalah ....

A. "Ban kiri kondisinya kurang bagus, tolong dicek lagi oleh tim shift pagi nanti."
B. "Ban utama kiri: luka potong 4 mm di bahu ban, batas manual 2 mm; belum diganti."
C. "Ada kerusakan pada salah satu roda, sudah saya sampaikan lisan ke supervisor."
D. "Ban utama kiri rusak berat dan berbahaya, pesawat sebaiknya tidak dipakai dulu."
E. "Luka potong 4 mm melebihi batas manual 2 mm; ban perlu diganti oleh shift pagi."

9. Pada 2027, Nisa mengukur celah aksial (end play) engsel aileron pesawat latih memakai feeler gauge. Manual membatasi celah maksimum 0,18 mm. Hasil percobaan beberapa blade disajikan pada tabel.

Tebal blade	Hasil
0,15 mm	masuk longgar
0,20 mm	masuk dengan gesekan ringan
0,25 mm	tidak dapat masuk

(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Penafsiran yang tepat adalah ....
(Jawaban benar lebih dari satu.)

Pilih semua jawaban yang benar.

☐ A. Celah sekitar 0,20 mm karena blade yang masuk dengan gesekan ringan menunjukkan ukuran celah.
☐ B. Celah engsel kira-kira 0,15 mm karena itu blade terbesar yang masuk dengan longgar.
☐ C. Celah memenuhi batas karena blade 0,25 mm tidak dapat masuk ke celah.
☐ D. Blade 0,25 mm dipaksa masuk agar hasil pengukuran menjadi lebih teliti.
☐ E. Celah melebihi batas 0,18 mm sehingga temuan dilaporkan untuk tindakan sesuai manual.

10. Pada 2027, Rudi menemukan dua goresan di permukaan luar panel kulit alclad 2024-T3 setebal 1,00 mm. Lapisan aluminium murni (cladding) pada setiap sisi panel tebalnya 5% dari tebal panel. Manual: goresan yang tidak menembus cladding dihaluskan lalu dilindungi; goresan yang menembus cladding dinilai sebagai kerusakan struktur dan dilaporkan.

Goresan	Kedalaman (mm)
G1	0,03
G2	0,08

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 tepat adalah ....

A. Keduanya dihaluskan dan dilindungi karena dalamnya di bawah 0,10 mm
B. G1 dihaluskan dan dilindungi; G2 dinilai sebagai kerusakan dan dilaporkan
C. G2 dihaluskan dan dilindungi; G1 dinilai sebagai kerusakan dan dilaporkan
D. Keduanya dilaporkan sebagai kerusakan karena alclad tidak boleh tergores
E. Keduanya dibiarkan karena cladding akan menutup goresan dengan sendirinya

11. Pada 2027, Dito mempelajari papan latih sistem digital pesawat. Sensor ketinggian latihan mengirim data biner 8 bit (bit paling kiri bernilai terbesar), dan setiap angka desimal mewakili 25 ft. Pada layar penguji terbaca data 0110 0100. Dito diminta menentukan ketinggian yang dikirim sensor.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Ketinggian yang dikirim sensor adalah ....

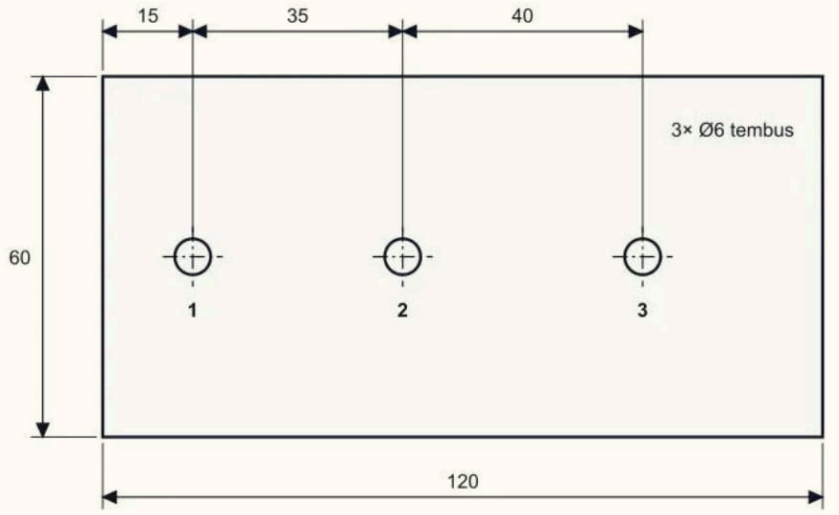
A. 75 ft
B. 100 ft
C. 950 ft
D. 1.600 ft
E. 2.500 ft

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

12. Pada 2027, Fahmi menandai lubang pada pelat penguat (doubler) berdasarkan gambar kerja. Gambar itu tidak berskala, sehingga ia hanya boleh memakai angka ukuran yang tercantum dan tidak boleh mengukur gambar dengan penggaris. Sebelum menandai dari sisi kanan pelat, ia perlu mengetahui jarak pusat lubang 3 ke tepi kanan pelat, yang tidak dicantumkan.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Jarak pusat lubang 3 ke tepi kanan pelat adalah ....

Gambar kerja pelat doubler — pandangan atas (satuan mm, tidak berskala)



A. 15 mm
B. 30 mm
C. 40 mm
D. 45 mm
E. 75 mm

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

13. Pada 2027, pesawat latih bermesin piston berkarburator akan lepas landas dari bandara dataran tinggi berelevasi 5.000 ft. Sebelum lepas landas, pilot memutar kendali mixture sedikit ke arah lean (leaning) sesuai buku petunjuk. Instruktur meminta siswa menjelaskan alasannya.
(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. Di dataran tinggi udara lebih rapat sehingga bahan bakar perlu ditambah.
☐ B. Udara lebih tipis sehingga campuran menjadi terlalu kaya bila bahan bakar tidak dikurangi.
☐ C. Leaning dilakukan agar oksigen yang masuk bertambah sehingga daya mesin naik di atas daya maksimumnya.
☐ D. Campuran terlalu kaya dapat membuat busi kotor oleh jelaga dan daya mesin turun.
☐ E. Leaning menambah jumlah udara yang masuk ke dalam silinder.

14. Pada 2027, Joni mempelajari mesin turboprop pesawat latih. Turbin daya mesin itu berputar 30.000 rpm, sedangkan baling-baling dirancang berputar 2.000 rpm. Keduanya dihubungkan oleh kotak roda gigi reduksi (reduction gearbox). Instruktur meminta Joni menghitung perbandingan reduksinya dan menjelaskan alasan reduksi itu.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Jawaban yang tepat adalah ....

A. 1 : 15; agar baling-baling berputar lebih cepat daripada turbinnya
B. 15 : 1; agar turbin dapat berputar lebih lambat dan bersuhu rendah
C. 15 : 1; agar ujung bilah tidak melampaui kecepatan suara
D. 28.000 : 1; agar selisih putaran turbin dan baling-baling hilang
E. 15 : 1; agar gaya dorong datang dari gas buang tanpa baling-baling

15. Pada 2027, Wawan akan memasang rivet buta (blind rivet) untuk menyambung dua pelat aluminium setebal 1,6 mm dan 2,0 mm, dengan pelat pengisi (shim) 1,4 mm terselip di antara keduanya, pada bagian yang sisi belakangnya tidak dapat dijangkau. Katalog rivet buta berdiameter sama menyajikan rentang grip seperti pada tabel.

Kode	Rentang grip (mm)
-2	1,6–3,2
-3	3,2–4,8
-4	4,8–6,4
-5	6,4–7,9

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

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

A. Kode -2, karena tebal pelat terbesar 2,0 mm ada di rentangnya
B. Kode -3, karena tebal 1,6 + 2,0 = 3,6 mm ada di rentang 3,2–4,8 mm
C. Kode -5, karena grip yang lebih panjang membuat sambungan lebih kuat
D. Kode -4, karena tebal total 5,0 mm ada di rentang 4,8–6,4 mm
E. Kode -5, karena tiga lapis bahan memerlukan grip paling panjang

16. Pada 2027, Gita membantu memeriksa pesawat latih setelah aileron dilepas dan dipasang kembali. Ia menemukan kawat bonding (bonding jumper) antara aileron dan sayap belum dipasang, dan dua static wick di trailing edge patah. Pilot sebelumnya melaporkan suara desis pada radio saat terbang menembus hujan.
(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. Kawat bonding menyamakan potensial aileron dan sayap sehingga mencegah loncatan listrik dan gangguan radio.
☐ B. Kawat bonding boleh ditinggalkan karena engsel logam aileron sudah menghantar listrik dengan baik.
☐ C. Static wick melepaskan muatan statis ke udara secara bertahap sehingga mengurangi desis pada radio.
☐ D. Hambatan bonding setelah pemasangan diukur dengan ohmmeter berhambatan rendah sesuai batas manual.
☐ E. Static wick yang patah tidak perlu diganti karena hanya berfungsi saat pesawat diparkir.

17. Pada 2027, instruktur sekolah penerbangan mematikan mesin pesawat latih di ketinggian aman untuk latihan pendaratan darurat. Pesawat kemudian melayang turun pada lintasan miring dengan kecepatan tetap tanpa gaya dorong mesin. Siswa SMK yang ikut sebagai pengamat bertanya mengapa pesawat tetap bergerak maju tanpa thrust.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Penjelasan yang paling tepat adalah ....

A. Sebagian weight bekerja searah lintasan turun, menggantikan thrust
B. Baling-baling yang diputar angin tetap menghasilkan gaya dorong ke depan
C. Drag berubah arah ke depan ketika mesin dimatikan dan pesawat menurun
D. Lift sayap mendorong pesawat ke depan sehingga thrust tidak diperlukan
E. Momentum dari thrust sebelumnya terus mendorong pesawat tanpa batas

18. Pada 2027, rudder pesawat latih akan dicat ulang di bengkel. Manual menyatakan permukaan kendali yang dicat ulang harus diperiksa keseimbangannya (balance) karena

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

berat tambahan di belakang garis engsel dapat memicu getaran berbahaya (flutter). Rudder itu memiliki bobot penyeimbang (balance weight) di depan garis engsel.
(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 manual memintanya, cat lama dikupas dulu agar lapisan cat tidak bertumpuk di belakang engsel.
☐ B. Setelah dicat, keseimbangan rudder diperiksa sesuai manual sebelum dipasang kembali.
☐ C. Bobot penyeimbang dapat dilepas agar rudder lebih ringan dan lebih mudah digerakkan.
☐ D. Cat yang lebih tebal di bagian trailing edge menggeser titik berat rudder ke belakang.
☐ E. Flutter hanya terjadi pada jet berkecepatan tinggi sehingga rudder pesawat latih tidak perlu diperiksa.

19. Pada 2027, siswa kelas propulsi menonton uji darat mesin turbojet yang diikat pada dudukan uji (test stand) beralat ukur gaya. Saat throttle dinaikkan, gas buang keluar lebih cepat dan alat ukur menunjukkan gaya dorong yang lebih besar. Saluran gas buang juga terasa sangat panas dari jarak aman.
(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
Mesin turbojet membawa oksigen sendiri seperti roket sehingga dapat bekerja di luar atmosfer.	○	○
Gaya dorong makin besar karena udara dan gas buang dipercepat lebih kuat ke belakang.	○	○
Hanya sebagian energi bahan bakar menjadi kerja dorong; sisanya terutama terbuang sebagai panas gas buang.	○	○

20. Pada 2027, bengkel avionik akan memasang penerima GPS baru pada pesawat latih sesuai data modifikasi yang disetujui. Antena GPS menerima sinyal dari satelit navigasi, dan data modifikasi meminta lokasi yang sinyalnya paling baik. Ada lima usulan lokasi antena.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Lokasi yang paling tepat adalah ....

A. Di bawah perut pesawat, di dekat roda pendarat depan
B. Di dalam kabin, di bawah panel instrumen pesawat
C. Di sisi bawah sirip tegak, menghadap ke landasan
D. Di dalam ruang mesin, di dekat firewall pesawat
E. Di punggung badan pesawat, jauh dari antena lain

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

21. Pada 2027, Arif memeriksa elemen pemanas kaca depan (windshield heater) pesawat latih berdaya 112 W pada tegangan 28 V. Dengan daya dimatikan dan konektor dilepas, ia mengukur hambatan elemen dengan ohmmeter dan mendapat 7,1 Ω. Manual menyatakan elemen baik bila hambatannya dalam ±10% dari nilai hitungan.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Nilai hitungan dan kesimpulan yang tepat adalah ....

A. 0,25 Ω; elemen rusak karena hasil ukur jauh lebih besar
B. 4,0 Ω; elemen rusak karena hasil ukur terlalu besar
C. 7,0 Ω; elemen baik karena 7,1 Ω masih dalam ±10%
D. 7,0 Ω; elemen rusak karena hasilnya tidak tepat 7,0 Ω
E. 7,0 Ω; elemen putus karena ohmmeter tidak menunjuk 0 Ω

22. Pada 2027, Firman harus melepas baut berkarat di braket roda pendarat pesawat latih. Kunci sok (socket) yang pas kebetulan sudah terpasang pada kunci momen tipe klik, sehingga ia berniat langsung memakainya untuk mengendurkan baut. Di troli juga tersedia tuas pemutar (breaker bar) dan cairan penetran.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Cara kerja yang paling tepat adalah ....

A. Breaker bar dipakai setelah penetran meresap; kunci momen untuk mengencangkan
B. Kunci momen dipakai karena skalanya menunjukkan besar gaya saat baut mulai lepas
C. Kunci momen diperpanjang dengan pipa agar baut berkarat lebih cepat terlepas
D. Baut dipukul palu agar karatnya rontok, lalu dilepas dengan kunci momen
E. Baut dipanaskan dengan pemantik sampai merah, lalu dilepas dengan kunci momen

23. Pada 2027, Bayu membandingkan tiga cara menyalurkan gerakan kendali di pesawat latih: kabel baja dengan puli untuk rudder, batang dorong (push-pull rod) untuk aileron, dan tabung puntir (torque tube) yang memutar kedua flap bersamaan.
(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 hanya dapat menarik, sehingga sistem kabel memerlukan sepasang kabel untuk menggerakkan permukaan ke dua arah.	○	○
Batang dorong dapat menyalurkan gerakan mendorong maupun menarik dengan satu batang.	○	○
Tabung puntir menyalurkan gerakan dengan cara memanjang dan memendek seperti pegas.	○	○

24. Pada 2027, guru sistem pesawat meminta siswa menilai pilihan sistem tenaga fluida untuk tiga kebutuhan pada pesawat penumpang kecil: (1) menaikkan roda pendarat yang berat

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

dengan gerakan kuat dan terkendali, (2) mengembangkan sepatu karet pelepas es (de-icing boot) di leading edge sayap, dan (3) menurunkan roda pendarat secara darurat bila sistem utama gagal.

(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 (1) cocok dengan hidraulik karena cairan hampir tidak dapat dimampatkan sehingga gerakannya kuat dan terkendali.

☐ B. Kebutuhan (2) cocok dengan hidraulik karena cairan bertekanan tinggi membuat sepatu karet mengembang lebih cepat.

☐ C. Sistem pneumatik memerlukan saluran balik ke reservoir seperti sistem hidraulik.

☐ D. Kebutuhan (2) cocok dengan pneumatik karena udara bertekanan rendah ringan dan dapat dibuang ke luar setelah dipakai.

☐ E. Kebutuhan (3) dapat memakai botol gas bertekanan yang terpisah dari sistem hidraulik utama.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

25. Pada 2027, setelah altimeter pesawat latih dipasang kembali, Eko melakukan pemeriksaan di darat. Bandara berada pada elevasi 1.150 ft. Menurut menara, tekanan QNH saat itu 1013 hPa, dan skala tekanan altimeter sudah disetel sesuai QNH. Manual: selisih bacaan altimeter dengan elevasi bandara maksimal ±75 ft. Gambar memperlihatkan muka altimeter saat pemeriksaan.
(Nama orang, lembaga, dan data disusun untuk latihan soal; fiktif.)
Hasil pemeriksaan yang tepat adalah ....



A. 1.150 ft; altimeter laik karena sama dengan elevasi bandara
B. 1.240 ft; laik karena selisih 90 ft masih dalam batas ±100 ft
C. 1.240 ft; tidak laik karena selisih 90 ft melebihi ±75 ft
D. 2.410 ft; tidak laik karena selisihnya lebih dari 1.000 ft
E. 1.240 ft; laik setelah setelan tekanan diputar sampai 1.150 ft

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 3, 4, 5, 9, 13, 16, 18, 19, 23, 24): 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 · Dunia kerja perawatan pesawat, komunikasi, kerja tim, dan human factors	6, 8	___ / 2	Ulangi hlm. 9
Sub bab 1.2 · K3 di hanggar dan apron	3	___ / 1	Ulangi hlm. 24
Sub bab 1.3 · Kecakapan dasar perawatan: kartu kerja, urutan kerja, dan ketelitian	5	___ / 1	Ulangi hlm. 37
Sub bab 2.1 · Hand tools dan power tools	22	___ / 1	Ulangi hlm. 77
Sub bab 2.2 · Alat ukur mekanik	9	___ / 1	Ulangi hlm. 93
Sub bab 2.3 · Alat ukur listrik dasar	21	___ / 1	Ulangi hlm. 107
Sub bab 2.5 · Peralatan gambar teknik	7	___ / 1	Ulangi hlm. 134
Sub bab 2.6 · Proyeksi pada gambar kerja pesawat	12	___ / 1	Ulangi hlm. 146
Sub bab 3.2 · Gaya-gaya pada pesawat	17	___ / 1	Ulangi hlm. 193
Sub bab 3.3 · Flight control surfaces	18	___ / 1	Ulangi hlm. 206
Sub bab 3.4 · Jenis konstruksi dan bagian struktur pesawat	1, 2	___ / 2	Ulangi hlm. 217
Sub bab 3.5 · Hukum Newton, kekekalan energi, dan tenaga pendorong	19	___ / 1	Ulangi hlm. 232
Sub bab 3.6 · Piston engine	13	___ / 1	Ulangi hlm. 243
Sub bab 3.7 · Gas turbine engine	14	___ / 1	Ulangi hlm. 256
Sub bab 4.1 · Aircraft material: material pesawat dan korosi	10	___ / 1	Ulangi hlm. 283
Sub bab 4.2 · Aircraft hardware: baut, mur, rivet, dan pengunci	15	___ / 1	Ulangi hlm. 300
Sub bab 4.3 · Tools equipment: kunci momen, dongkrak, dan peralatan pendukung	4	___ / 1	Ulangi hlm. 317
Sub bab 5.1 · Elektronika dasar dan digital	11	___ / 1	Ulangi hlm. 345
Sub bab 5.2 · Sistem kelistrikan pesawat	16	___ / 1	Ulangi hlm. 358
Sub bab 5.3 · Radio komunikasi dan navigasi	20	___ / 1	Ulangi hlm. 371
Sub bab 5.4 · Sistem kendali terbang dasar	23	___ / 1	Ulangi hlm. 383
Sub bab 5.5 · Instrumen terbang dasar	25	___ / 1	Ulangi hlm. 397

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 5.6 · Sistem pneumatik dan hidraulik	24	___ / 1	Ulangi hlm. 410

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: 1B 2S 3B

Konsep: Tool control (shadow board, penghitungan alat) mencegah alat tertinggal di pesawat (FOD). Bila ada alat yang belum kembali, pesawat tidak dirilis sampai alat ditemukan atau area kerja dipastikan bersih.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1 → Benar.** Alat yang hilang diperlakukan sebagai kemungkinan FOD; rilis ditahan sampai jelas.

• **Pernyataan 2 → Salah.** Jebakan: rem berfungsi saat diuji bukan bukti obeng tidak tertinggal; obeng di rumah roda dapat menyangkut saat roda berputar.

• **Pernyataan 3 → Benar.** Area kerja terakhir adalah tempat paling mungkin alat tertinggal.

Jawaban: Benar, Salah, Benar.

No. 2 Kunci: B

Konsep: Dalam penarikan pesawat, setiap anggota tim (terutama wing walker) bertugas mengawasi jarak bebas dan boleh menghentikan penarikan dengan isyarat yang telah disepakati. Penarikan dilanjutkan setelah jalur aman dipastikan bersama.

Langkah:

1. Bahaya: ujung sayap mendekati tiang dan pengemudi tidak melihatnya.
2. Isyarat yang disepakati: peluit + STOP → seluruh tim berhenti bersamaan.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Berlari meninggalkan posisi membuat sayap tidak terawasi, dan keputusan arah diambil tanpa koordinasi.

• **B.** ✓ Sesuai briefing: isyarat disepakati, cepat, dan dipahami semua anggota tim.

• **C.** ✗ Jebakan: tampak sigap, tetapi mendorong sayap yang sedang bergerak berbahaya dan tidak menghentikan pesawat.

• **D.** ✗ Jebakan: rem diinjak saat traktor masih menarik dapat merusak towbar dan roda depan; traktor yang harus berhenti dulu.

• **E.** ✗ Jarak makin kecil selama pesawat bergerak; 1 meter tanpa pengawasan arah bukan jarak aman.

Jawaban: B.

No. 3 Kunci: A, C

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

Konsep: Budaya kerja penerbangan menuntut kejujuran melaporkan kesalahan atau keraguan secepatnya. Just culture membedakan kesalahan tidak disengaja (dilaporkan, dipelajari) dari pelanggaran sengaja. Kelelahan dan tekanan waktu termasuk faktor manusia (human factors) penyebab kesalahan perawatan.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1** ✓ Keraguan atas pekerjaan kritis harus disampaikan sebelum pesawat terbang.

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

• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: mengandalkan orang lain; pesawat terbang pukul 07.00, sebelum inspeksi berikutnya.
• **Pernyataan 3** ✓ Faktor manusia (fatigue, pressure) dicatat agar organisasi dapat mencegah kejadian serupa.
• **Pernyataan 4** ✗ Pesawat terbang pukul 07.00; pemeriksaan harus dilakukan teknisi lain yang bertugas sekarang.
• **Pernyataan 5** ✗ Jebakan: just culture tidak menghukum kesalahan tidak sengaja yang dilaporkan sukarela; sanksi untuk pelanggaran sengaja.

Jawaban: pernyataan 1, 3.

No. 4 Kunci: D

Konsep: Dalam kerja tim perawatan pesawat, setiap anggota (termasuk siswa magang) wajib menyampaikan keraguan keselamatan secara langsung, sopan, dan berdasarkan dokumen kerja sebelum kesalahan terjadi. Satuan in-lb dan ft-lb berbeda 12 kali.

Langkah:
1. 30 ft-lb = 360 in-lb, jauh melebihi 30 in-lb → klem dapat rusak.
2. Kesalahan akan terjadi sekarang → harus dihentikan sekarang, dengan menunjuk dokumen.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Pengalaman tidak menjamin bebas salah baca; diam membiarkan klem rusak.
• **B.** ✗ Jebakan: Arga benar sendiri, tetapi rekannya tetap mengencangkan dengan nilai salah.
• **C.** ✗ Jebakan: melapor itu baik, tetapi terlambat; klem sudah dikencangkan saat supervisor kembali.
• **D.** ✓ Cepat, sopan, dan merujuk kartu kerja sehingga kesalahan tercegah.
• **E.** ✗ Nilai karangan tidak sesuai kartu kerja; 15 ft-lb tetap 180 in-lb.

Jawaban: D.

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: Baling-baling selalu diperlakukan "hot": P-lead yang putus membuat magneto tetap aktif walau sakelar OFF. Sebelum memutar dengan tangan: magneto OFF dan kunci dicabut, mixture cut-off, throttle tertutup, ganjal roda, area bebas orang, berdiri di luar bidang putar, dan dorong bilah dengan telapak terbuka.

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: justru kasus menyebut P-lead dapat putus; sakelar OFF bukan jaminan magneto mati.
• **Pernyataan 2** ✓ Mengurangi kemungkinan mesin menyala: tanpa bahan bakar ke silinder dan tanpa kunci di kokpit.
• **Pernyataan 3** ✗ Jebakan: bila mesin menyala, jari yang melingkar dapat tertarik bilah; bilah didorong dengan telapak terbuka.
• **Pernyataan 4** ✓ Bila mesin menyala, pesawat tidak bergerak dan tidak ada orang terkena bilah.
• **Pernyataan 5** ✓ Prinsip utama keselamatan baling-baling.

Jawaban: pernyataan 2, 4, 5.

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

No. 2 Kunci: B, C, E

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

Konsep: Oksigen bertekanan mempercepat pembakaran: oli dan gemuk dapat menyala sendiri bila bersentuhan dengannya. Servis oksigen memakai tangan dan alat bebas minyak, pengisian perlahan, jauh dari sumber api dan dari pengisian bahan bakar.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: kebiasaan pada sambungan lain, tetapi gemuk atau oli bersentuhan dengan oksigen bertekanan dapat menyala atau meledak.
- **Pernyataan 2** ✓ Sisa gemuk di tangan dapat berpindah ke sambungan oksigen.
- **Pernyataan 3** ✓ Kompresi cepat memanaskan gas di sambungan dan katup.
- **Pernyataan 4** ✗ Oksigen dan uap bahan bakar harus dipisahkan; keduanya memperbesar bahaya kebakaran.
- **Pernyataan 5** ✓ Oksigen mempercepat pembakaran; sumber api harus disingkirkan.

Jawaban: pernyataan 2, 3, 5.

Latihan sub bab 1.3

No. 1 Kunci: D

Konsep: Countersink mesin memotong pelat; bila pelat tidak lebih tebal dari kepala rivet, lubang menjadi bertepi tajam (knife edge) dan lemah. Pelat tipis di-dimple sehingga cekungan dibentuk tanpa membuang bahan.

Langkah:

1. Syarat countersink: tebal > 1,0 mm → hanya M (1,3 mm).
2. K (0,6), L (1,0, tidak lebih besar), N (0,8) → dimple.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: L tebalnya sama dengan tinggi kepala, padahal syaratnya harus lebih besar.
- **B.** ✗ N (0,8 mm) dan L (1,0 mm) tidak memenuhi syarat countersink.
- **C.** ✗ Terbalik: pelat paling tebal justru yang boleh di-countersink.
- **D.** ✓ Sesuai syarat kartu kerja untuk setiap lokasi.
- **E.** ✗ Bertentangan dengan kartu kerja yang menetapkan countersink untuk pelat yang lebih tebal dari kepala rivet (M).

Jawaban: D.

No. 2 Kunci: A

Konsep: Pengencangan bertahap dengan pola silang menekan kedua belahan pelek secara merata sehingga tidak ada bagian yang terjepit miring. Momen akhir tidak boleh dilampaui.

Langkah:

1. Tahap 1 = 30% × 150 = 45 in-lb; tahap 2 = 70% × 150 = 105 in-lb; tahap 3 = 150 in-lb.
2. Pola silang: 1 → 5 (seberang) → 3 → 7 (seberang) → 2 → 6 → 4 → 8.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ Pola silang dan ketiga tahap momen benar.
- **B.** ✗ Jebakan: tahapnya benar, tetapi pola melingkar menekan pelek dari satu sisi.
- **C.** ✗ Jebakan: polanya benar, tetapi tanpa tahap; baut pertama menjepit pelek miring.
- **D.** ✗ Jebakan: menambah 10% "agar aman" melanggar momen akhir manual.
- **E.** ✗ Jebakan: 1 ke 3 bukan baut berseberangan (hanya bergeser seperempat lingkaran).

Jawaban: A.

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

Latihan sub bab 1.4

No. 1 Kunci: C

Konsep: Ketentuan CASR menuntut komponen terpasang dapat ditelusuri asal-usul dan kelaikannya melalui dokumen pelepasan resmi. Komponen yang diduga tidak resmi (tanpa dokumen, tanda dipalsukan) dipisahkan (karantina) dan dilaporkan, bukan dipasang.

Langkah:

1. Tanda bahaya: harga jauh di bawah pasaran, tanpa dokumen, pelat nama ditempel ulang.
2. Tindakan: karantina dan laporkan ke bagian mutu.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Nomor komponen dapat ditiru; tanpa dokumen kelaikan tidak terbukti.
- **B.** ✗ Pesawat terbang dengan komponen yang belum terbukti laik.
- **C.** ✓ Komponen dipisahkan dan diselidiki sesuai sistem mutu.
- **D.** ✗ Jebakan: berfungsi di bangku uji tidak membuktikan asal-usul dan riwayat komponen.
- **E.** ✗ Jebakan: komponen tidak terpasang, tetapi tanpa laporan komponen itu bisa beredar ke bengkel lain.

Jawaban: C.

Kuis Akhir Bab 1

No. 1 Kunci: B, C, E

Konsep: Benda yang belum kembali dari pekerjaan dianggap mungkin tertinggal di pesawat (FOD). Rilis ditahan sampai benda ditemukan atau area dipastikan bersih, dan kehilangan dilaporkan serta dicatat dengan jujur.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: uji mesin yang baik tidak membuktikan tidak ada kain tertinggal; kain dapat menyumbat saluran udara atau tersangkut kabel.
- **B.** ✓ Rilis ditahan sampai kain ditemukan atau area dipastikan bersih.
- **C.** ✓ Kain lap paling mungkin tertinggal di ruang mesin, terutama dekat saluran udara masuk.
- **D.** ✗ Mencatat jumlah yang tidak sesuai kenyataan adalah pelanggaran jujur mencatat.
- **E.** ✓ Melapor dan mencatat kehilangan memberi tahu semua pihak status pesawat.

Jawaban: B, C, dan E.

No. 2 Kunci: A, B, E

Konsep: Pelarut mudah menyala menghasilkan uap yang lebih berat daripada udara dan dapat tersulut percikan. Pengendaliannya mengikuti hierarki: ketahui bahayanya (SDS), singkirkan sumber api, beri ventilasi yang aman, lalu lengkapi dengan APD yang sesuai bahan.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ SDS memuat bahaya, APD, dan penanganan bahan itu.
- **B.** ✓ Pekerjaan dipindah ke tempat yang berventilasi dan bebas sumber api sehingga uap tidak terkumpul.
- **C.** ✗ Jebakan: kipas listrik biasa memiliki motor yang dapat memercikkan api di dekat uap mudah menyala.
- **D.** ✗ Jebakan: kain menyerap pelarut dan menahannya di kulit; sarung tangan harus tahan bahan kimia.
- **E.** ✓ Penyimpanan bertutup, berlabel, jauh dari panas mencegah uap menyebar dan tertukarnya wadah.

Jawaban: A, B, dan E.

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

No. 3 Kunci: A, C, D

Konsep: 1 ft-lb sama dengan 12 in-lb, dan 1 in-lb ≈ 0,113 N·m. Ubah ke satuan yang sama, lalu bandingkan; arah konversi juga harus masuk akal (ft-lb ke in-lb angkanya membesar, in-lb ke N·m angkanya mengecil).

Langkah:

1. P: 5 ft-lb × 12 = 60 in-lb → sesuai.
2. Q: 8 ft-lb × 12 = 96 in-lb; Wawan menyetel 80 in-lb → kurang.
3. R: 100 in-lb × 0,113 = 11,3 N·m → sesuai.
4. S: 15 N·m ÷ 0,113 ≈ 133 in-lb → sesuai.
5. T: 36 ft-lb = 432 in-lb, jauh melebihi 36 in-lb → berlebihan 12 kali.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ 60 in-lb = 5 ft-lb.
- **B.** ✗ Jebakan: 8 ft-lb adalah 96 in-lb, bukan 80 in-lb.
- **C.** ✓ 100 × 0,113 = 11,3 N·m.
- **D.** ✓ 15 ÷ 0,113 ≈ 133 in-lb.
- **E.** ✗ Jebakan: satuan in-lb dan ft-lb tertukar; hasilnya 12 kali terlalu kencang dan dapat merusak baut.

Jawaban: A, C, dan D.

No. 4 Kunci: E

Konsep: *Read-back* mengulang semua unsur instruksi (pekerjaan, tempat, koreksi atau larangan, dan tindakan lanjutan) lalu meminta konfirmasi. Angka yang mirip bunyinya (lima dan lima belas) adalah titik rawan salah dengar, sehingga koreksi "bukan bay lima" wajib ikut diulang.

Langkah:

1. Unsur instruksi: ganjal roda; di bay lima belas; bukan bay lima; lalu tunggu PK-SLB.
2. Tanggapan yang benar memuat keempat unsur itu dan meminta konfirmasi.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: sopan dan hampir lengkap, tetapi koreksi "bukan bay lima" tidak diulang sehingga salah dengar angka tidak terdeteksi, dan tidak meminta konfirmasi.
- **B.** ✗ Jebakan: bentuknya *read-back*, tetapi isinya salah dengar (bay lima); supervisor harus mengoreksinya.
- **C.** ✗ Unsur "tunggu PK-SLB" tidak diulang (diganti "tanpa menunggu") dan tidak meminta konfirmasi.
- **D.** ✗ Mengubah urutan kerja: ganjal roda "menyusul" padahal instruksinya memasang ganjal lebih dulu.
- **E.** ✓ Semua unsur diulang benar, termasuk koreksi, lalu diakhiri permintaan konfirmasi.

Jawaban: E.

No. 5 Kunci: B

Konsep: Kebakaran peralatan listrik bertegangan adalah kelas C. Pemadamnya CO_2 atau serbuk kimia kering, dan sumber daya dimatikan lebih dulu bila aman. Air menghantar listrik.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: air menghantar listrik dan dapat menyetrum orang yang menyemprot.
- **B.** ✓ Daya dimatikan lalu dipadamkan dengan CO_2, yang tidak menghantar listrik.
- **C.** ✗ Menyentuh konektor yang berasap dan bertegangan dengan tangan kosong berbahaya.
- **D.** ✗ Kain basah pada kabel bertegangan berisiko menyetrum dan tidak memadamkan api.
- **E.** ✗ Membiarkan api membesar membahayakan pesawat dan orang sekitar.

Jawaban: B.

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

No. 6 Kunci: C

Konsep: Jarak tepi diukur dari tepi pelat ke pusat rivet, dan pitch adalah jarak pusat ke pusat rivet. Untuk n rivet pada satu baris terdapat (n − 1) pitch. Pitch yang diizinkan paling besar 5D, sehingga jumlah pitch harus cukup banyak dan dibulatkan ke atas.

Langkah:

1. D = 4,8 mm → 2D = 9,6 mm; 3D = 14,4 mm; 5D = 24 mm.
2. Jarak tepi 12 mm ≥ 9,6 mm → memenuhi.
3. Panjang antara rivet paling ujung = 180 − 2 × 12 = 156 mm.
4. Jumlah pitch minimal = 156 ÷ 24 = 6,5 → dibulatkan ke atas menjadi 7 pitch.
5. Jumlah rivet = 7 + 1 = 8; pitch = 156 ÷ 7 ≈ 22,3 mm, di antara 14,4 dan 24 mm.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: 6,5 dibulatkan ke bawah menjadi 6 pitch (7 rivet salah), dan 6 rivet berarti 5 pitch sebesar 31,2 mm yang melebihi 24 mm.
- **B.** ✗ Jebakan: 7 adalah jumlah pitch, bukan jumlah rivet; 7 rivet berarti 6 pitch = 26 mm > 24 mm.
- **C.** ✓ 7 pitch ≈ 22,3 mm memenuhi 3D–5D dengan rivet paling sedikit.
- **D.** ✗ 9 rivet (8 pitch ≈ 19,5 mm) memenuhi, tetapi bukan yang paling sedikit.
- **E.** ✗ Jebakan: memakai pitch minimum; hasilnya malah pitch di bawah 3D dan bukan jumlah paling sedikit.

Jawaban: C.

No. 7 Kunci: D

Konsep: Dalam *just culture*, kesalahan tidak sengaja yang dilaporkan tidak dihukum; organisasi mencari penyebab sistem (kelelahan, kartu kerja yang kurang jelas) lalu memperbaikinya. Hukuman dikhususkan bagi pelanggaran yang disengaja.

Langkah:

1. Kesalahan Bima tidak disengaja dan dilaporkan jujur.
2. Penyebab sistem ditemukan: shift 14 jam dan kartu kerja tanpa gambar.
3. Tindakan yang menjaga kejadian tidak terulang adalah memperbaiki penyebab itu.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: menghukum kesalahan tidak sengaja membuat orang menyembunyikan kesalahan di kemudian hari.
- **B.** ✗ Merahasiakan menghilangkan pelajaran bagi organisasi dan bertentangan dengan budaya pelaporan.
- **C.** ✗ Jebakan: "lebih berhati-hati" tanpa mengubah sistem tidak menghilangkan penyebab kesalahan.
- **D.** ✓ Mencatat, memperbaiki penyebab sistem, dan tidak menghukum kesalahan tidak sengaja.
- **E.** ✗ Penyelidikan yang objektif melibatkan pihak lain; pelaku saja tidak cukup.

Jawaban: D.

No. 8 Kunci: C

Konsep: Serah terima shift harus tertulis dan disampaikan langsung kepada penerima: apa yang selesai, apa yang belum, panel mana yang terbuka, dan komponen apa yang ditunggu. Pekerjaan yang "pasti sudah dikerjakan orang lain" adalah sumber kesalahan perawatan yang klasik.

Langkah:

1. Pekerjaan belum lengkap: ada panel terbuka yang harus tercatat dan diketahui penerima.
2. Pesawat akan terbang pukul 09.00, sehingga status panel itu harus pasti diterima Putri.
3. Cara yang tepat memadukan catatan tertulis resmi dan penjelasan langsung.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: ada catatan tertulis, tetapi bukan dokumen resmi dan tidak diserahkan kepada

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

orangnya; catatan dapat jatuh atau terlewat.
• **B.** ✗ Jebakan: pesan lisan lewat orang ketiga mudah berubah dan tidak tercatat.
• **C.** ✓ Tertulis di buku serah terima dan disampaikan langsung, sesuai prosedur.
• **D.** ✗ Menutup panel tanpa menyelesaikan pemasangan menyembunyikan pekerjaan yang belum selesai.
• **E.** ✗ Menandatangani pekerjaan yang belum selesai adalah pelanggaran kejujuran mencatat.

Jawaban: C.

No. 9 Kunci: B

Konsep: Benda asing yang tertinggal di pesawat (FOD) dapat menyangkut kabel atau mesin. Benda yang terjatuh harus dilaporkan dan dicari sampai ketemu sebelum area ditutup; jujur melapor adalah bagian budaya kerja.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Jebakan: ukuran kecil tidak menjamin aman; mur dapat menyangkut sambungan kendali atau masuk ke bagian bergerak.
• **B.** ✓ Melapor dan mencari sampai ketemu sebelum menutup panel.
• **C.** ✗ Mencatat keterangan yang tidak benar melanggar nilai jujur mencatat.
• **D.** ✗ Mengawasi dari luar setelah terbang tidak mencegah bahaya saat mesin berjalan.
• **E.** ✗ Jebakan: seolah menyelesaikan masalah, padahal mur yang hilang tetap di dalam dan kejadian disembunyikan.

Jawaban: B.

No. 10 Kunci: 1B 2S 3B

Konsep: Faktor manusia yang memicu kesalahan antara lain kelelahan, tekanan waktu, dan norma kelompok. Prosedur dalam kartu kerja tidak boleh dilewati karena "biasanya aman" atau karena semua orang melakukannya.

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1 → Benar.** Kebiasaan buruk yang dianggap wajar adalah norma kelompok yang berbahaya.
• **Pernyataan 2 → Salah.** Jebakan: jarangnya kebocoran tidak menghapus risiko; langkah pemeriksaan ada justru untuk menangkap kejadian jarang.
• **Pernyataan 3 → Benar.** Kelelahan dan tekanan waktu dicatat agar organisasi dapat memperbaiki jadwal dan beban kerja.

Jawaban: Benar, Salah, Benar.

No. 11 Kunci: A, B, D

Konsep: Mesin turbin menghisap benda lepas di depan intake dan menyemburkan gas panas kencang di belakang nosel. Zona bahaya ditetapkan manual dan melebar saat daya naik. Benda lepas disingkirkan dan orang berada di luar zona yang berlaku pada daya yang akan dipakai.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✓ Troli di zona hisap dapat terhisap ke mesin dan merusaknya.
• **B.** ✓ Topi lepas dapat terhisap; orang dijauhkan atau benda lepas disimpan.
• **C.** ✗ Jebakan: semburan di belakang nosel tetap berbahaya, dan zona melebar saat daya naik.
• **D.** ✓ Daya baru dinaikkan setelah semua orang berada di luar zona yang melebar.
• **E.** ✗ Jebakan: manual menyatakan zona melebar bila daya dinaikkan.

Jawaban: A, B, dan D.

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

No. 12 Kunci: A

Konsep: 5R: Ringkas (menyingkirkan yang tidak perlu), Rapi (menata dengan tempat tetap), Resik (membersihkan), Rawat (menjaga lewat aturan dan jadwal), Rajin (membiasakan seluruh tim).

Langkah:

1. Langkah 1 menyingkirkan yang tidak diperlukan → Ringkas.
2. Langkah 2 memberi tempat tetap lewat siluet → Rapi.
3. Langkah 3 membersihkan → Resik. Langkah 4 jadwal dan aturan tetap → Rawat. Langkah 5 kebiasaan tim → Rajin.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ Ringkas 1, Rapi 2, Rawat 4.
- **B.** ✗ Jebakan: ringkas dan rapi tertukar; ringkas berarti menyingkirkan, rapi berarti menata.
- **C.** ✗ Membersihkan (langkah 3) adalah Resik, dan kebiasaan tim (langkah 5) adalah Rajin.
- **D.** ✗ Membersihkan (langkah 3) bukan Ringkas.
- **E.** ✗ Jebakan: kebiasaan tim tanpa disuruh adalah Rajin; Rawat adalah jadwal dan aturan.

Jawaban: A.

No. 13 Kunci: E

Konsep: Mesin berputar dapat menarik rambut, perhiasan, atau kain yang menjuntai. Sebelum mengoperasikannya: rambut diikat, perhiasan dilepas, lengan dirapikan, mata dilindungi, dan benda kerja dijepit (bukan dipegang tangan).

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: sarung tangan kain pada mesin berputar dapat tersangkut dan menarik tangan.
- **B.** ✗ Pelat yang tidak dijepit dapat ikut berputar dan melukai tangan.
- **C.** ✗ Merapikan rambut sesudah mesin menyala sudah terlambat dan sangat berbahaya.
- **D.** ✗ Gelang logam tetap dapat tersangkut mata bor atau chuck walau jauh dari pelat.
- **E.** ✓ Semua sumber bahaya ditangani sebelum mesin dinyalakan.

Jawaban: E.

No. 14 Kunci: B, D, E

Konsep: Sistem hidraulik dapat menyimpan tekanan sisa walau sudah dimatikan. Cairan bertekanan tinggi dapat menembus kulit. Sebelum melepas sambungan, tekanan dilepaskan sesuai prosedur, mata dilindungi, cairan ditampung, dan ujung terbuka disumbat agar bersih.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: semburan halus bertekanan tinggi dapat menembus kulit dan luka tampak kecil tetapi berbahaya.
- **B.** ✓ Tekanan sisa dilepaskan lebih dulu.
- **C.** ✗ Jebakan: dimatikan tidak sama dengan tidak bertekanan; tekanan sisa dapat tertahan di selang atau akumulator.
- **D.** ✓ Kacamata dan penampung mengurangi bahaya cipratan dan pencemaran.
- **E.** ✓ Ujung terbuka disumbat agar sistem tidak kemasukan kotoran.

Jawaban: B, D, dan E.

No. 15 Kunci: A, D, E

Konsep: Di organisasi perawatan, pemeriksa terpisah dari pelaksana: orang yang memeriksa tidak memeriksa pekerjaannya sendiri. Pada sistem yang sangat menentukan keselamatan, seperti kendali terbang, pemeriksaan ganda oleh orang kedua adalah lapisan pengaman tambahan.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ Pemeriksa harus berbeda dari pelaksana.

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

• **B.** ✗ Jebakan: dua tanda tangan dari satu orang tetap satu pasang mata; yang dibutuhkan adalah pasangan mata yang berbeda.
• **C.** ✗ Jebakan: pemeriksaan ganda dilakukan sebelum pesawat dilepas ke layanan, bukan sesudah penerbangan pertama.
• **D.** ✓ Bu Wati orang yang berbeda dan tersedia, sehingga dapat memeriksa terpisah.
• **E.** ✓ Kesalahan pada kabel kendali berakibat sangat besar, jadi pemeriksa kedua adalah pengaman tambahan.

Jawaban: A, D, dan E.

No. 16 Kunci: D

Konsep: Hierarki pengendalian dari yang paling efektif: eliminasi, substitusi, rekayasa, administrasi, lalu APD. Memindahkan sumber bahaya sehingga orang tidak terpapar adalah yang paling kuat, karena bahayanya tidak lagi ada di tempat orang bekerja.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Jebakan: sumbat telinga adalah APD, tingkat terakhir.
• **B.** ✗ Rambu adalah pengendalian administrasi dan tidak mengurangi bising.
• **C.** ✗ Mengurangi lama uji mengurangi paparan tetapi bising tetap ada di hanggar (administrasi).
• **D.** ✓ Uji dipindah keluar hanggar sehingga teknisi lain tidak terpapar sama sekali.
• **E.** ✗ Jadwal bergilir juga pengendalian administrasi; bising tetap ada.

Jawaban: D.

No. 17 Kunci: A

Konsep: Setiap anggota tim penarikan berhak menghentikan pekerjaan, tetapi pekerjaan dilanjutkan hanya setelah semua anggota menyatakan bagian jalurnya aman. Pengemudi menghadap ke depan sehingga tidak dapat menilai sayap, dan satu orang tidak mewakili semua.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✓ Sesuai briefing: seluruh anggota menyatakan aman, baru pengemudi diberi isyarat.
• **B.** ✗ Jebakan: pengemudi tidak dapat menilai ujung sayap lewat spion dan tidak ada pernyataan anggota lain.
• **C.** ✗ Jebakan: Rina hanya mengetahui sisi kiri; wing walker kanan dan petugas kokpit juga harus menyatakan jalurnya.
• **D.** ✗ Petugas kokpit tidak melihat ujung sayap dan wewenangnya tidak menggantikan wing walker.
• **E.** ✗ Pilot pesawat lain bukan anggota tim dan tidak bertanggung jawab atas jalur penarikan ini.

Jawaban: A.

No. 18 Kunci: E

Konsep: Pengencangan bertahap dengan pola silang menekan flens merata. Tahap ke-2 adalah 70 % dari momen akhir.

Langkah:
1. Pasangan berseberangan: 1–4, 2–5, 3–6. Pasangan berikutnya bergeser satu baut searah jarum jam → urutan 1, 4, 2, 5, 3, 6.
2. Tahap ke-2 = 70 % × 84 = 58,8 ≈ 59 in-lb.
3. Cek: tahap 1 = 30 % × 84 ≈ 25 in-lb < 59 < 84 in-lb.

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

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: setelannya benar, tetapi urutan melingkar menekan flens dari satu sisi.
- **B.** ✗ Jebakan: urutan benar, tetapi 25 in-lb adalah setelan tahap ke-1.
- **C.** ✗ Jebakan: 84 in-lb adalah momen akhir (tahap ke-3).
- **D.** ✗ Jebakan: 1 dan 3 bukan baut berseberangan.
- **E.** ✓ Urutan silang dan 59 in-lb untuk tahap ke-2.

Jawaban: E.

No. 19 Kunci: 1S 2B 3B

Konsep: Perintah kelaikan (AD) diatur dalam CASR Part 39 dan bersifat wajib, dengan batas waktu atau batas jam terbang yang harus dipenuhi. Pelaksanaannya dicatat sebagai bagian dari rantai kelaikan.

Langkah:

1. Batas: 50 jam terbang. Pesawat telah terbang 20 jam → sisa 30 jam.
2. Selama batas belum terlewati, pesawat masih boleh terbang asal pemeriksaan dijadwalkan sebelum batas.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1 → Salah.** Jebakan: AD wajib, bukan anjuran.
- **Pernyataan 2 → Benar.** Pelaksanaan AD dicatat agar kelaikan dapat dibuktikan.
- **Pernyataan 3 → Benar.** Batas belum terlewati (sisa 30 jam), sehingga terbang sore ini tidak melanggar AD asalkan pemeriksaan dijadwalkan sebelum batas.

Jawaban: Salah, Benar, Benar.

No. 20 Kunci: C

Konsep: Bandingkan nilai dalam satuan yang sama. Dari kPa ke psi, angka mengecil: nilai kPa dibagi 6,9. Toleransi ± 2 psi berarti batas 43 sampai 47 psi.

Langkah:

1. Batas: 45 − 2 = 43 psi dan 45 + 2 = 47 psi.
2. 330 ÷ 6,9 ≈ 47,8 psi.
3. 47,8 psi > 47 psi → melebihi batas atas, kurangi tekanan.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: konversi benar, tetapi selisih 2,8 psi melebihi toleransi 2 psi.
- **B.** ✗ Jebakan: konversi dibalik (dikalikan 6,9); hasil seharusnya mengecil.
- **C.** ✓ Konversi benar dan perbandingan dengan batas benar.
- **D.** ✗ Jebakan: dibagi 10, bukan 6,9, sehingga hasilnya keliru.
- **E.** ✗ Jebakan: pengukuran sudah pada ban dingin; di luar batas tetap harus dikoreksi.

Jawaban: C.

No. 21 Kunci: B

Konsep: Dokumen pelepasan harus cocok dengan komponen fisiknya (nomor komponen dan nomor seri); bila tidak cocok, asal-usul komponen tidak terbukti. Komponen itu dipisahkan (karantina) dan dilaporkan ke bagian mutu, bukan dipasang atau "dibereskan" sendiri.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: dokumen lengkap tetapi tidak cocok; perbedaan "hanya dua angka" tidak boleh diputuskan sendiri.
- **B.** ✓ Dipisahkan, dilaporkan, dan tidak dipasang sampai terbukti.
- **C.** ✗ Mengubah dokumen adalah pemalsuan catatan.

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

- **D.** ✗ Pesawat terbang dengan komponen yang belum terbukti laik.
- **E.** ✗ Mengubah pelat nama komponen juga memalsukan identitas komponen.

Jawaban: B.

No. 22 Kunci: A

Konsep: Part 147 mengatur organisasi pelatihan perawatan pesawat udara (AMTO). Pegangan: 65 = orang berlisensi, 145 = bengkel disetujui, 147 = sekolah disetujui.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ Lembaga pelatihan teknisi diatur Part 147.
- **B.** ✗ Jebakan: Part 145 untuk organisasi yang melakukan perawatan, bukan yang melatih.
- **C.** ✗ Part 65 untuk lisensi perorangan, bukan lembaga.
- **D.** ✗ Part 47 mengenai pendaftaran pesawat.
- **E.** ✗ Part 39 mengenai perintah kelaikan udara.

Jawaban: A.

No. 23 Kunci: D

Konsep: Setiap baris harus memenuhi kedua syarat sekaligus: jarak tepi ≥ 2D dan pitch di antara 4D dan 6D.

Langkah:

1. D = 3,2 mm → 2D = 6,4 mm; 4D = 12,8 mm; 6D = 19,2 mm.
2. Baris 1: tepi 6,0 < 6,4 → gagal.
3. Baris 2: pitch 11,5 < 12,8 → gagal.
4. Baris 3: pitch 19,5 > 19,2 → gagal.
5. Baris 4: tepi 7,5 ≥ 6,4 dan pitch 16,0 di antara 12,8 dan 19,2 → memenuhi.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: pitch 15,0 baik, tetapi jarak tepi 6,0 mm kurang dari 6,4 mm.
- **B.** ✗ Jebakan: tepi 7,0 baik, tetapi pitch 11,5 mm terlalu rapat.
- **C.** ✗ Jebakan: tepi 8,0 baik, tetapi pitch 19,5 mm melebihi batas atas 19,2 mm.
- **D.** ✓ Kedua syarat terpenuhi.
- **E.** ✗ Ada satu baris yang memenuhi.

Jawaban: D.

No. 24 Kunci: 1B 2S 3S

Konsep: *Torque stripe* adalah garis tipis melintasi kepala baut sampai komponen di bawahnya yang dibuat sesudah momen akhir tercapai. Garis yang lurus berarti baut tidak berputar; garis yang bergeser berarti baut berputar dan harus diperiksa. Tanda ini mempermudah pemeriksaan, tetapi tidak menggantikan pengukuran momen.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1 → Benar.** Pergeseran garis bukti baut berputar.
- **Pernyataan 2 → Salah.** Jebakan: garis yang masih terlihat tidak menjamin momen; yang dinilai adalah kelurusan garis, dan pengukuran tetap diperlukan bila ada keraguan.
- **Pernyataan 3 → Salah.** Jebakan: tanda hanya pemeriksa sepintas, bukan pengganti kunci momen.

Jawaban: Benar, Salah, Salah.

No. 25 Kunci: B, C, D

Konsep: Pelepasan ke layanan hanya ditandatangani personel yang berlisensi yang sesuai dan diberi kewenangan oleh organisasi perawatan, sebelum pesawat terbang.

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

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: mengerjakan sesuai kartu kerja tidak sama dengan berwenang merilis; siswa magang belum berlisensi.

• **B.** ✓ Rahma memenuhi kedua syarat.

• **C.** ✓ Instruktur terbang bukan personel perawatan yang berwenang merilis.

• **D.** ✓ Lisensi dan kewenangan AMO keduanya diperlukan.

• **E.** ✗ Rilis harus sebelum terbang; menandatangani sesudahnya berarti pesawat terbang tanpa pernyataan laik.

Jawaban: B, C, dan D.

Latihan sub bab 2.1

No. 1 Kunci: E

Konsep: Melepas rivet pejal: titik pusat kepala, bor dengan mata bor lebih kecil dari batang hanya sedalam kepala, lepaskan kepala dengan pin punch sebagai tuas, lalu dorong batang keluar sambil sisi belakang ditahan agar kulit tidak penyok dan lubang tidak membesar.

Langkah:

1. Titik pusat → mata bor tidak meleset.
2. Bor kecil sedalam kepala → lubang kulit tidak tersentuh mata bor.
3. Kepala dilepas, batang didorong dengan penahan di belakang.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Mata bor seukuran batang yang menembus rivet miring mudah memperbesar atau melonjongkan lubang.

• **B.** ✗ Jebakan: urutan awal benar, tetapi mata bor seukuran batang berisiko memperbesar lubang dan batang dipukul tanpa penahan.

• **C.** ✗ Pahat dapat menggores dan merusak kulit di sekitar kepala rivet.

• **D.** ✗ Jebakan: mata bor sudah kecil, tetapi membor menembus rivet tidak perlu dan mendorong tanpa penahan dapat menyokkan kulit.

• **E.** ✓ Urutan lengkap yang menjaga ukuran lubang dan bentuk kulit.

Jawaban: E.

No. 2 Kunci: 1S 2B 3S

Konsep: Rivet gun pneumatik hanya ditembakkan bila rivet set menempel pada rivet. Tekanan disetel lewat uji coba pada pelat sisa. Bucking bar dipegang tegak lurus batang rivet agar kepala bentukan simetris.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1 → Salah.** Jebakan: rivet set dapat terlempar keluar dan melukai orang; gun hanya ditembakkan saat set menempel pada rivet.

• **Pernyataan 2 → Benar.** Uji coba pada bahan sama memastikan tekanan sesuai sebelum mengerjakan panel.

• **Pernyataan 3 → Salah.** Bucking bar harus tegak lurus batang rivet; kepala yang miring adalah cacat pemasangan.

Jawaban: Salah, Benar, Salah.

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

Latihan sub bab 2.2

No. 1 Kunci: B

Konsep: Pembacaan jangka sorong = milimeter skala utama sebelum nol nonius + (nomor garis nonius yang segaris × ketelitian). Garis skala utama yang segaris dengan nonius bukan hasil ukur.

Langkah:

1. Nol nonius berada di antara 12 dan 13 mm → 12 mm.
2. Garis nonius ke-4 segaris dengan garis 16 mm skala utama → 4 × 0,1 = 0,4 mm.
3. Hasil 12,40 mm < 12,50 mm → pin diganti.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: garis ke-4 dikalikan 0,01 mm (cara membaca mikrometer).
- **B.** ✓ Pembacaan dan keputusan benar.
- **C.** ✗ Jebakan: batas minimum tidak memberi toleransi; 12,40 mm tetap di bawah 12,50 mm.
- **D.** ✗ Jebakan: salah memilih garis segaris (garis ke-5 bergeser 0,1 mm dari garis 17 mm).
- **E.** ✗ Jebakan: yang dibaca garis skala utama yang segaris dengan nonius, bukan posisi nol nonius.

Jawaban: B.

No. 2 Kunci: E

Konsep: Runout total (TIR) adalah selisih pembacaan maksimum dan minimum dial indicator dalam satu putaran penuh, termasuk tanda negatif.

Langkah:

1. TIR = (+0,09) − (−0,06) = 0,15 mm.
2. 0,15 mm > 0,13 mm → tidak laik; dilaporkan untuk tindakan sesuai manual.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: tanda negatif dijumlahkan (−0,06 + 0,09).
- **B.** ✗ Jebakan: TIR dibagi dua seperti mencari jari-jari, padahal batas manual adalah runout total.
- **C.** ✗ Jebakan: hanya memakai pembacaan terbesar.
- **D.** ✗ Jebakan: hitungan benar, tetapi batas maksimum tidak memberi kelonggaran.
- **E.** ✓ Hitungan dan keputusan benar.

Jawaban: E.

Latihan sub bab 2.3

No. 1 Kunci: A, C, D, E

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

Konsep: Uji kontinuitas: hambatan kecil = tersambung, OL = putus. Uji isolasi sederhana: kabel ke badan pesawat harus OL; hambatan kecil berarti isolasi rusak dan kabel menyentuh struktur.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✓ 0,3 Ω < 1 Ω dan OL ke badan pesawat.
- **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: OL pada pengukuran ujung ke ujung justru berarti kabel B putus.
- **Pernyataan 3** ✓ Hambatan ujung ke ujung tak terhingga.
- **Pernyataan 4** ✓ 0,4 Ω ujung ke ujung, tetapi 0,2 Ω ke badan pesawat → hubung singkat ke ground.
- **Pernyataan 5** ✓ Ohmmeter memakai baterai sendiri; tegangan dari luar merusak alat dan mengacaukan pembacaan.

Jawaban: pernyataan 1, 3, 4, 5.

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

No. 2 Kunci: B

Konsep: Arus jauh di atas rentang multimeter diukur dengan tang ampere yang menjepit satu konduktor. Bila dua kabel berarus berlawanan dijepit bersama, medan magnetnya saling meniadakan sehingga terbaca hampir nol.

Langkah:
1. 150 A > 10 A → multimeter tidak dapat dipakai.
2. Tang ampere DC 400 A → jepit satu kabel saja.

Analisis setiap opsi:
- **A.** ✗ Arus 150 A memutus sekring dan dapat merusak multimeter.
- **B.** ✓ Rentang memenuhi, aman, dan rangkaian tidak perlu diputus.
- **C.** ✗ Rentang volt mengukur tegangan, bukan arus.
- **D.** ✗ Jebakan: arus pergi dan pulang saling meniadakan sehingga terbaca hampir nol.
- **E.** ✗ Amperemeter yang diparalel dengan sekring membawa arus besar melalui multimeter dan sekringnya putus.

Jawaban: B.

Latihan sub bab 2.4

No. 1 Kunci: C

Konsep: Putaran spindel n (rpm) = (1.000 × Vc) ÷ (π × d), dengan Vc dalam m/menit dan d diameter benda kerja dalam mm. Putaran yang tersedia dipilih yang terdekat tanpa melebihi hasil hitungan agar pahat tidak cepat aus.

Langkah:
1. n = (1.000 × 24) ÷ (3,14 × 25) = 24.000 ÷ 78,5 ≈ 306 rpm.
2. Putaran tersedia terdekat yang tidak melebihi 306 rpm → 300 rpm.

Analisis setiap opsi:
- **A.** ✗ Jebakan: memakai 50 mm (dua kali diameter) sehingga n ≈ 153 rpm.
- **B.** ✗ Jebakan: turun satu tingkat lagi "agar aman", padahal 300 rpm sudah tidak melebihi hasil hitungan.
- **C.** ✓ Sesuai hitungan dan syarat instruktur.
- **D.** ✗ Jebakan: membulatkan ke atas; 420 rpm melebihi 306 rpm.
- **E.** ✗ Jebakan: π dilupakan (24.000 ÷ 25 = 960 rpm), lalu dipilih putaran tertinggi yang tersedia.

Jawaban: C.

No. 2 Kunci: D

Konsep: GTAW (TIG) memakai elektroda tungsten dan gas pelindung argon (yang juga dapat dialirkan ke sisi dalam pipa): busurnya terkendali, panas masukan dapat dibuat rendah, dan tidak menghasilkan terak, sehingga cocok untuk pelat tipis baja tahan karat. SMAW dan kawat berinti fluks menghasilkan terak; patri bukan pengelasan dan tidak sesuai data perbaikan.

Langkah:
1. Syarat: panas rendah, tanpa terak/fluks, ada gas pelindung.
2. SMAW, kawat berinti fluks, dan oksi-asetilena berfluks meninggalkan sisa; patri bukan las.
3. Hanya GTAW yang memenuhi ketiganya.

Analisis setiap opsi:
- **A.** ✗ SMAW menghasilkan terak dan terlalu panas untuk pelat 0,8 mm.
- **B.** ✗ Jebakan: cepat, tetapi kawat berinti fluks meninggalkan terak.
- **C.** ✗ Jebakan: suhunya memang rendah, tetapi patri bukan las yang diizinkan data perbaikan dan

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

lemah pada suhu knalpot.

• **D.** ✓ Memenuhi semua syarat data perbaikan.

• **E.** ✗ Jebakan: nyala dapat dikecilkan, tetapi fluks meninggalkan sisa dan panas masukan nyala gas besar.

Jawaban: D.

Latihan sub bab 2.5

No. 1 Kunci: 1B 2B 3S

Konsep: Ukuran pada gambar = ukuran benda ÷ angka skala (skala pengecilan 1:n). Skala dipilih sebesar mungkin yang masih muat di bidang gambar; penggaris skala membantu menggambar tanpa menghitung setiap ukuran.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1 → Benar.** 1.800 ÷ 5 = 360 mm < 390 mm.

• **Pernyataan 2 → Benar.** 300 ÷ 5 = 60 mm.

• **Pernyataan 3 → Salah.** Jebakan: 1.800 ÷ 2 = 900 mm, jauh melebihi bidang gambar 390 mm.

Jawaban: Benar, Benar, Salah.

Latihan sub bab 2.6

No. 1 Kunci: E

Konsep: Proyeksi sudut ketiga (Amerika): pandangan kiri diletakkan di kiri pandangan depan, pandangan atas di atas pandangan depan. Proyeksi sudut pertama (Eropa) kebalikannya: pandangan kiri di kanan, pandangan atas di bawah.

Langkah:

1. Pandangan di kiri pandangan depan → pandangan kiri → alur di sisi kiri.
2. Pandangan di atas pandangan depan → pandangan atas → lubang di sisi atas.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: membaca dengan kebiasaan sudut pertama untuk kedua pandangan.

• **B.** ✗ Jebakan: pandangan atas benar, tetapi pandangan di kiri dibaca dengan aturan sudut pertama.

• **C.** ✗ Jebakan: pandangan kiri benar, tetapi pandangan di atas dibaca dengan aturan sudut pertama.

• **D.** ✗ Pandangan di kiri pandangan depan bukan pandangan belakang.

• **E.** ✓ Sesuai aturan proyeksi sudut ketiga.

Jawaban: E.

No. 2 Kunci: B

Konsep: Pandangan depan menggambar benda seperti dilihat tegak lurus dari arah depan. Tepi yang terlihat digambar garis tebal; tepi tersembunyi (misalnya dinding lubang di dalam benda) digambar garis putus-putus.

Langkah:

1. Dari arah panah, bagian tinggi (40 mm) berada di kiri, anak tangga (20 mm) di kanan.
2. Lubang tegak berada di anak tangga dan tidak terlihat dari depan → dua garis putus-putus setinggi 20 mm.
3. Sketsa Q memenuhi semuanya.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: tercermin; bagian tinggi seharusnya di kiri bila dilihat dari arah panah.

• **B.** ✓ Bentuk, ukuran, dan garis tersembunyi benar.

• **C.** ✗ Jebakan: dinding lubang tidak terlihat dari depan, jadi harus garis putus-putus.

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

- **D.** ✗ Jebakan: bentuk benar, tetapi lubang yang tersembunyi tidak digambar.
- **E.** ✗ Jebakan: tinggi anak tangga digambar 10 mm, padahal ukurannya 20 mm.

Jawaban: B.

Kuis Akhir Bab 2

No. 1 Kunci: B

Konsep: *Safety wire pliers* dirancang untuk menjepit kawat, memilinnya dengan jumlah pilinan yang seragam, dan menariknya dengan tegangan yang terkendali; sebagian tipe juga dapat memotong. Alat serbaguna lain tidak menghasilkan pilinan yang rata.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: tang kombinasi dapat menjepit, tetapi pilinan tidak seragam dan tarikan sulit dikendalikan.
- **B.** ✓ Alat khusus untuk pekerjaan ini.
- **C.** ✗ Tang pemotong memotong kawat, bukan memilinnya.
- **D.** ✗ Hidung jarum menjepit kawat kecil, tetapi tidak menghasilkan pilinan rata dan terukur.
- **E.** ✗ Kunci pas bukan alat pilin dan dapat merusak permukaan kawat.

Jawaban: B.

No. 2 Kunci: A, C, E

Konsep: Rivet gun memukul kepala rivet berulang kali, sementara bucking bar di sisi lain menahan batang rivet sehingga ujungnya membentuk kepala kedua. Keduanya harus lurus dan tegak lurus pada rivet. Cleco menahan susunan panel tetap sejajar selama pemasangan. Alat pneumatik menuntut pelindung telinga dan mata.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ Tekanan yang tepat dan uji pada bekas mencegah kepala rivet rusak atau pelat tergores.
- **B.** ✗ Jebakan: rivet gun yang miring membuat kepala rivet cacat dan dapat merusak pelat.
- **C.** ✓ Bucking bar yang tegak lurus membentuk kepala kedua yang simetris.
- **D.** ✗ Jebakan: cleco justru menjaga kelurusan lubang antar-pelat; dilepas bertahap hanya saat rivet menggantikannya.
- **E.** ✓ Bising dan serpihan membuat pelindung telinga dan kacamata wajib.

Jawaban: A, C, dan E.

No. 3 Kunci: 1S 2B 3B

Konsep: Alat pneumatik dilepas dari sumber udara sebelum mata atau aksesori diganti, karena pemicu yang tidak sengaja tertekan menggerakkan alat. Udara bertekanan dapat menembus kulit, dan selang atau kopling yang rusak dapat terlepas dengan cepat dan menghantam orang.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1 → Salah.** Jebakan: pemicu dapat tertekan tidak sengaja; alat harus diputus dari udara.
- **Pernyataan 2 → Benar.** Udara bertekanan tidak dipakai untuk membersihkan tubuh atau pakaian.
- **Pernyataan 3 → Benar.** Selang retak dan kopling longgar adalah sumber bahaya yang diperbaiki lebih dulu.

Jawaban: Salah, Benar, Benar.

No. 4 Kunci: D

Konsep: Rivet dilepas dengan membor kepalanya, bukan batangnya. Ceruk dari penitik menjaga mata bor tetap di tengah. Pemboran dibatasi sedalam kepala agar lubang pada pelat tidak membesar, lalu kepala dipatahkan dan batang diketuk keluar dengan *pin punch*.

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

Langkah:

1. Beri ceruk di tengah kepala dengan penitik.
2. Bor sedalam kepala saja.
3. Patahkan kepala; ketuk batang keluar dengan *pin punch*.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: pahat dapat merusak kulit dan menarik batang tidak mungkin pada rivet pejal yang terkeling.
• **B.** ✗ Membor seluruh batang membesarkan lubang dan dapat menembus pelat kedua.
• **C.** ✗ Memalu kepala rivet dari atas melesakkan batang ke dalam dan merusak pelat.
• **D.** ✓ Ceruk, bor sedalam kepala, patahkan kepala, ketuk batang keluar.
• **E.** ✗ Jebakan: langkah awal benar, tetapi pahat pada kepala yang masih utuh merusak kulit dan tidak melepas batang.

Jawaban: D.

No. 5 Kunci: A

Konsep: Kunci ring dan kunci sok (socket) yang ukurannya tepat melingkupi seluruh kepala baut dan menyebarkan gaya ke banyak sisi, sehingga sudut kepala baut tidak mudah membulat. Kunci pas terbuka, kunci inggris, dan tang hanya menyentuh sebagian sisi dan lebih mudah merusak kepala baut yang kencang.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✓ Menyentuh seluruh sisi kepala baut dan paling kecil risikonya merusak sudutnya.
• **B.** ✗ Jebakan: ukurannya pas, tetapi hanya mengait dua sisi sehingga baut kencang dapat membulat.
• **C.** ✗ Kunci inggris dapat melonggar saat ditekan dan merusak sudut kepala baut.
• **D.** ✗ Tang kunci menjepit dari samping dan meninggalkan bekas; dipakai bila baut sudah rusak, bukan sebagai alat pertama.
• **E.** ✗ Tang biasa tidak dirancang untuk memutar baut dan mudah tergelincir.

Jawaban: A.

No. 6 Kunci: C

Konsep: Pembacaan jangka sorong = skala utama sampai garis nol nonius (dalam mm penuh) + nomor garis nonius yang berimpit × ketelitian (0,02 mm).

Langkah:

1. Skala utama: garis nol nonius lewat garis 24 → 24 mm.
2. Nonius: garis ke-12 berimpit → 12 × 0,02 = 0,24 mm.
3. Jumlah: 24 + 0,24 = 24,24 mm.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: 12 × 0,01, padahal ketelitian alat 0,02 mm.
• **B.** ✗ Jebakan: 12 dibaca sebagai 0,5 mm per garis.
• **C.** ✓ 24 + 12 × 0,02 = 24,24 mm.
• **D.** ✗ Jebakan: angka 36 adalah garis skala utama tempat nonius berimpit, bukan hasil bacaan.
• **E.** ✗ Jebakan: hanya membaca skala utama dan mengabaikan nonius.

Jawaban: C.

No. 7 Kunci: A, C, D

Konsep: Batas minimum berlaku di setiap titik, bukan pada rata-rata. Alat ukur yang melewati jadwal kalibrasi tidak boleh dipakai untuk keputusan kelaikan; hasil yang meragukan diukur ulang dengan alat terkalibrasi.

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

Langkah:

1. Titik 3 = 11,47 < 11,50 → di bawah batas.
2. Rata-rata = (11,62 + 11,58 + 11,47 + 11,60) ÷ 4 = 11,5675 ≈ 11,57 → di atas batas, tetapi tidak menentukan.
3. Kalibrasi enam bulan > jadwal tiga bulan → alat tidak boleh dipakai.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ Satu titik di bawah batas cukup untuk menolak.
- **B.** ✗ Jebakan: rata-rata menyembunyikan titik yang kurang.
- **C.** ✓ Alat yang lewat jadwal kalibrasi tidak boleh dipakai.
- **D.** ✓ Mengulang dengan alat terkalibrasi menegaskan hasil titik 3.
- **E.** ✗ Jebakan: titik yang menyimpang tidak boleh diabaikan; justru titik itu yang menentukan.

Jawaban: A, C, dan D.

No. 8 Kunci: E

Konsep: Kontinuitas rendah (beberapa ohm atau kurang) berarti jalur tersambung; OL berarti terputus. Pengukuran antara dua kabel yang seharusnya terpisah harus menunjukkan OL; hasil rendah berarti kedua kabel saling terhubung (hubung singkat).

Langkah:

1. Pengukuran 1 dan 3: A dan C kontinu dari P1 ke P2 → tidak putus.
2. Pengukuran 2: B tidak kontinu → B putus.
3. Pengukuran 4: A dan C terhubung (0,2 Ω) padahal seharusnya terpisah → A dan C hubung singkat satu sama lain.
4. Pengukuran 5: B ke badan OL → B tidak korslet ke badan.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: B putus benar, tetapi pengukuran 4 menunjukkan A dan C saling terhubung.
- **B.** ✗ A kontinu (0,3 Ω), bukan putus.
- **C.** ✗ Pengukuran 5 menunjukkan B tidak terhubung ke badan pesawat.
- **D.** ✗ C kontinu, bukan putus; dan tidak ada pengukuran A dengan B.
- **E.** ✓ B putus dan A–C saling hubung singkat.

Jawaban: E.

No. 9 Kunci: A

Konsep: *Runout* total (TIR, *total indicator reading*) = penunjukan terbesar − penunjukan terkecil selama satu putaran penuh. Tanda minus harus ikut dihitung.

Langkah:

1. Penunjukan terbesar = +0,07 mm; terkecil = −0,06 mm.
2. *Runout* total = 0,07 − (−0,06) = 0,13 mm.
3. 0,13 mm > batas 0,12 mm → poros tidak memenuhi.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ 0,07 − (−0,06) = 0,13 mm, melebihi batas.
- **B.** ✗ Jebakan: hanya memakai penunjukan terbesar tanpa memperhitungkan sisi negatif.
- **C.** ✗ Jebakan: membagi dua selisih; manual menyebut *runout* total, bukan setengahnya.
- **D.** ✗ Jebakan: kembali ke angka awal pada 360° bukan berarti tidak ada simpangan selama putaran.
- **E.** ✗ Jebakan: selisih 0,03 dan 0,02 tidak relevan dan tanda minus diabaikan.

Jawaban: A.

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

No. 10 Kunci: E

Konsep: Pembacaan mikrometer = pembacaan selongsong (mm penuh + 0,5 mm bila garis setengah milimeter tampak) + pembacaan bidal (garis bidal yang berimpit dengan garis indeks × 0,01 mm).

Langkah:

1. Selongsong: garis 12 mm dan garis 0,5 mm di sebelahnya tampak → 12,5 mm.
2. Bidal: garis indeks berada 2 garis di atas angka 35 → 37 → 37 × 0,01 = 0,37 mm.
3. Jumlah: 12,5 + 0,37 = 12,87 mm.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: lupa menambah 0,5 mm dari garis setengah milimeter.
- **B.** ✗ Jebakan: garis 13 mm dianggap sudah terlihat padahal tertutup bidal.
- **C.** ✗ Jebakan: 0,37 mm tertukar menjadi 0,07 mm.
- **D.** ✗ Jebakan: hanya membaca selongsong dan mengabaikan bidal.
- **E.** ✓ 12,5 + 0,37 = 12,87 mm.

Jawaban: E.

No. 11 Kunci: C

Konsep: Amperemeter (fungsi arus) dipasang **seri** dengan beban, sehingga rangkaian harus diputus lebih dulu agar arus lewat melalui alat. Voltmeter dipasang paralel, dan ohmmeter hanya untuk rangkaian tanpa daya.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: fungsi arus yang dipasang paralel membuat alat menjadi hubung singkat dan dapat memutus sekering internalnya.
- **B.** ✗ Fungsi tegangan tidak mengukur arus, dan voltmeter tidak dipasang seri.
- **C.** ✓ Rangkaian diputus, fungsi arus dipilih, alat disambung seri dengan lampu.
- **D.** ✗ Fungsi hambatan tidak boleh dipakai pada rangkaian yang berdaya.
- **E.** ✗ Mengukur arus pada kutub baterai dengan fungsi arus adalah hubung singkat.

Jawaban: C.

No. 12 Kunci: 1B 2S 3B

Konsep: Pada nyala netral oksigen dan asetilen terbakar sempurna dan hasilnya bersih; inilah nyala yang umum dipakai untuk baja. Asetilen berlebih menghasilkan nyala berjelaga dan menambah karbon pada logam, sedangkan oksigen berlebih menghasilkan nyala mendesis yang mengoksidasi logam. Tabung gas harus tegak dan terikat.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1 → Benar.** Nyala netral untuk sebagian besar pengelasan baja.
- **Pernyataan 2 → Salah.** Jebakan: nyala asetilen berlebih bukan yang terpanas dan menambah karbon, sehingga tidak cocok untuk baja lunak.
- **Pernyataan 3 → Benar.** Tabung tegak dan terikat mencegah jatuh dan kebocoran katup.

Jawaban: Benar, Salah, Benar.

No. 13 Kunci: A, B, E

Konsep: Pada bubut benda kerja berputar dan pahat diam; pada frais pahat berputar dan benda kerja ditahan. Bahan yang lebih keras dipotong dengan kecepatan potong lebih rendah. Pelindung roda gerinda dan mata bor yang tajam adalah syarat keselamatan dan mutu.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ Benda silinder dihasilkan di bubut.
- **B.** ✓ Pada frais pahat yang berputar memotong benda kerja yang dijepit.
- **C.** ✗ Jebakan: pelindung roda tidak boleh dilepas oleh siapa pun.

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

- **D.** ✗ Jebakan: mata bor tumpul menghasilkan panas, lubang kasar, dan bahan mengeras.
- **E.** ✓ Bahan keras membutuhkan putaran lebih rendah.

Jawaban: A, B, dan E.

No. 14 Kunci: 1B 2B 3S

Konsep: Pandangan potongan menampilkan bagian dalam benda sehingga garis tersembunyi pada bagian yang sudah terbuka umumnya dihilangkan. Garis potong dengan huruf menunjukkan letak dan arah pandang. Hanya bahan yang terpotong diarsir; ruang kosong tidak.

Analisis setiap pernyataan:
- **Pernyataan 1 → Benar.** Garis potong A–A menunjukkan letak dan arah pandang.
- **Pernyataan 2 → Benar.** Bagian dalam sudah terlihat pada potongan, sehingga garis tersembunyinya tidak perlu.
- **Pernyataan 3 → Salah.** Jebakan: ruang kosong tidak diarsir; arsiran hanya pada bahan yang terpotong.

Jawaban: Benar, Benar, Salah.

No. 15 Kunci: B

Konsep: Lubang yang sumbunya tegak (dibor dari atas ke bawah) tampak sebagai lingkaran penuh pada pandangan atas, karena arah pandang sejajar sumbu lubang. Pada pandangan depan dan samping lubang tampak sebagai dua garis tersembunyi putus-putus. Jarak ke tepi dihitung dari ukuran total dan diameter lubang bila lubang di tengah.

Langkah:
1. Lubang bersumbu tegak → lingkaran penuh pada pandangan atas.
2. Lubang di tengah lebar 60 mm: sisa di kiri dan kanan = (60 − 14) ÷ 2 = 23 mm.

Analisis setiap opsi:
- **A.** ✗ Jebakan: pada pandangan depan lubang tampak sebagai garis putus-putus, bukan lingkaran.
- **B.** ✓ Pandangan atas menampilkan lingkaran, dan jarak tepi 23 mm.
- **C.** ✗ Jebakan: 30 mm adalah lebar (kedalaman) benda, bukan jarak tepi.
- **D.** ✗ Pada pandangan samping lubang tampak sebagai garis putus-putus.
- **E.** ✗ Jebakan: 46 mm adalah jumlah sisa kiri dan kanan.

Jawaban: B.

No. 16 Kunci: C

Konsep: Penggaris T bergeser sepanjang tepi papan sehingga semua garis horizontal sejajar, dan segitiga yang bertumpu padanya menghasilkan garis tegak lurus dan sudut standar. *French curve* untuk garis lengkung, jangka untuk lingkaran dan busur, busur derajat untuk mengukur sudut, dan *triangular scale* untuk membaca atau memindahkan skala.

Analisis setiap opsi:
- **A.** ✗ *French curve* untuk garis lengkung tidak beraturan, bukan garis lurus.
- **B.** ✗ Jangka untuk lingkaran dan busur.
- **C.** ✓ Penggaris T dengan segitiga untuk garis sejajar dan tegak lurus.
- **D.** ✗ Busur derajat untuk mengukur dan membuat sudut, bukan menarik garis panjang.
- **E.** ✗ *Triangular scale* untuk membaca skala, bukan menarik garis.

Jawaban: C.

No. 17 Kunci: A

Konsep: Ukuran gambar = ukuran benda ÷ penyebut skala. Skala terbesar yang masih muat adalah skala dengan penyebut terkecil yang membuat gambar tidak melebihi bidang gambar.

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

Langkah:

1. Skala 1:1 → 840 mm > 277 mm; skala 1:2 → 420 mm > 277 mm → tidak muat.
2. Skala 1:4 → 840 ÷ 4 = 210 mm ≤ 277 mm dan 300 ÷ 4 = 75 mm ≤ 180 mm → muat.
3. Skala 1:5 dan 1:10 muat tetapi lebih kecil daripada 1:4.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ Skala terbesar yang muat.
- **B.** ✗ Jebakan: 420 mm melebihi 277 mm.
- **C.** ✗ Muat, tetapi bukan skala terbesar.
- **D.** ✗ Muat, tetapi jauh lebih kecil dari yang bisa dicapai.
- **E.** ✗ Ukuran asli jauh melebihi kertas.

Jawaban: A.

No. 18 Kunci: B, C, E

Konsep: Ohmmeter mengirim arus kecil dari baterai alat sendiri, sehingga rangkaian yang diukur harus tanpa daya. Komponen dilepas dari rangkaian agar hambatan jalur lain tidak ikut terbaca. Selector harus pada fungsi dan rentang yang benar.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: rangkaian berdaya merusak ohmmeter dan membuat hasil tidak benar.
- **B.** ✓ Daya diputus sebelum mengukur hambatan.
- **C.** ✓ Komponen diisolasi agar hanya hambatan lampu yang terbaca.
- **D.** ✗ Jebakan: probe tidak menentukan fungsi; selector yang menentukan, dan fungsi yang salah dapat merusak alat.
- **E.** ✓ Rentang yang sesuai dan pemeriksaan nol alat menjaga ketelitian.

Jawaban: B, C, dan E.

No. 19 Kunci: B, C, D

Konsep: Pengelasan gas membutuhkan perlindungan mata dan tubuh, penyingkiran bahan mudah terbakar, dan penanganan tabung yang benar. Selang dan kopling oksigen dan asetilen dibuat berbeda agar tidak tertukar. Mesin bubut berputar, sehingga sarung tangan longgar dan benda yang menjuntai dilarang.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: kopling oksigen dan asetilen sengaja dibuat berbeda agar tidak tertukar.
- **B.** ✓ Kacamata atau helm las berfilter melindungi mata dari cahaya dan percikan.
- **C.** ✓ Bahan mudah terbakar disingkirkan agar percikan las tidak menyulutnya.
- **D.** ✓ Tabung tegak dan terikat, katup ditutup setelah selesai.
- **E.** ✗ Jebakan: sarung tangan longgar dapat tertarik mesin bubut yang berputar.

Jawaban: B, C, dan D.

No. 20 Kunci: E

Konsep: Pada isometrik, tiga sumbu dipisahkan 120°: satu vertikal dan dua miring 30° dari horizontal. Ukuran sepanjang sumbu digambar dengan skala yang sama.

Langkah:

1. Skala 1:3 → 90 ÷ 3 = 30 mm.
2. Sudut garis ke kanan-atas = 30° terhadap horizontal.
3. Jadi garis 30 mm pada 30°.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: ukuran tidak diskalakan.
- **B.** ✗ Sudut 45° bukan sumbu isometrik.

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

- **C.** ✗ Sudut 60° bukan sumbu isometrik (30° terhadap vertikal).
- **D.** ✗ Jebakan: 20 mm berasal dari sisi 60 mm yang diskalakan, bukan sisi 90 mm.
- **E.** ✓ 90 ÷ 3 = 30 mm pada sudut 30°.

Jawaban: E.

No. 21 Kunci: B, D, E

Konsep: Gambar kerja memakai tebal dan jenis garis berbeda untuk membedakan fungsinya: garis tepi benda yang terlihat tebal kontinu; garis ukur, garis bantu ukuran, dan arsiran tipis kontinu; garis tersembunyi putus-putus tipis; garis sumbu titik-strip tipis.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: garis ukur adalah garis tipis, bukan garis benda yang tebal.
- **B.** ✓ Garis tepi benda tebal kontinu.
- **C.** ✗ Jebakan: garis bantu ukuran adalah garis tipis kontinu, bukan putus-putus tebal.
- **D.** ✓ Garis sumbu titik-strip tipis.
- **E.** ✓ Garis tersembunyi putus-putus tipis.

Jawaban: B, D, dan E.

No. 22 Kunci: A, D, E

Konsep: Proyeksi sudut pertama (dipakai standar ISO) menaruh pandangan atas di bawah pandangan depan dan pandangan samping kiri di sebelah kanan. Proyeksi sudut ketiga (lazim pada gambar buatan AS) menaruh pandangan atas di atas pandangan depan dan pandangan samping kanan di sebelah kanan. Simbol proyeksi di kepala gambar menunjukkan sistem yang dipakai, dan salah membacanya membuat benda terbaca terbalik.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ Sudut ketiga: pandangan atas di atas pandangan depan.
- **B.** ✗ Jebakan: susunan pandangan berbeda antara kedua sistem; simbol di kepala gambar wajib diperhatikan.
- **C.** ✗ Jebakan: garis tersembunyi digambar putus-putus tipis.
- **D.** ✓ Sudut pertama: pandangan samping kiri di sebelah kanan pandangan depan.
- **E.** ✓ Salah sistem membuat atas dan bawah tertukar.

Jawaban: A, D, dan E.

No. 23 Kunci: B

Konsep: Hukum Ohm: V = I × R, sehingga I = V ÷ R.

Langkah:

1. I = 28 V ÷ 14 Ω = 2 A.
2. Cek: 2 A × 14 Ω = 28 V (sesuai tegangan).

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: dibalik (R ÷ V = 14 ÷ 28 = 0,5).
- **B.** ✓ 28 ÷ 14 = 2 A.
- **C.** ✗ Hanya menyalin hambatan sebagai arus.
- **D.** ✗ Hanya menyalin tegangan sebagai arus.
- **E.** ✗ Jebakan: dikali (28 × 14), padahal seharusnya dibagi.

Jawaban: B.

No. 24 Kunci: D

Konsep: Kecepatan potong adalah kecepatan tepi benda kerja yang dilewati pahat. Putaran spindel dihitung dari kecepatan potong dan diameter benda kerja: N = (1.000 × Vc) ÷ (π × D).

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

Langkah:
1. Bahan baja lunak → Vc = 30 m/menit; D = 25 mm.
2. N = (1.000 × 30) ÷ (3,14 × 25) = 30.000 ÷ 78,5 ≈ 382 rpm.
3. Cek: diameter lebih besar membutuhkan putaran lebih rendah; 382 rpm masuk akal.

Analisis setiap opsi:
- **A.** ✗ Jebakan: memakai baris baja tahan karat (Vc = 15) → 191 rpm.
- **B.** ✗ Jebakan: memakai baris aluminium (Vc = 60) → 764 rpm.
- **C.** ✗ Jebakan: memakai diameter 20 mm, bukan 25 mm.
- **D.** ✓ 30.000 ÷ 78,5 ≈ 382 rpm.
- **E.** ✗ Jebakan: π terlupa (30.000 ÷ 25 = 1.200).

Jawaban: D.

No. 25 Kunci: D

Konsep: Pada gambar potongan, bidang bahan yang terkena bidang potong diberi arsiran garis tipis miring (umumnya 45°), sedangkan ruang kosong seperti lubang tidak diarsir.

Analisis setiap opsi:
- **A.** ✗ Lubang tembus tidak diarsir; justru bagian bahan di sekitarnya yang diarsir.
- **B.** ✗ Garis ukur berbeda: garis tipis dengan panah dan angka.
- **C.** ✗ Bagian tak terlihat digambar putus-putus, bukan arsiran.
- **D.** ✓ Arsiran menandai bidang bahan yang terpotong.
- **E.** ✗ Ulir punya simbol sendiri, bukan arsiran potongan.

Jawaban: D.

Latihan sub bab 3.1

No. 1 Kunci: 1B 2S 3B

Konsep: Tabung venturi mempercepat aliran di bagian tersempit sehingga tekanan statis di sana turun (Bernoulli). Penurunan tekanan dipakai sebagai sumber isapan instrumen giroskop pada pesawat lama.

Analisis setiap pernyataan:
- **Pernyataan 1 → Benar.** Prinsip Bernoulli: kecepatan naik, tekanan statis turun.
- **Pernyataan 2 → Salah.** Jebakan: di bagian lebar aliran lebih lambat dan tekanan lebih tinggi, sehingga isapan melemah.
- **Pernyataan 3 → Benar.** Tanpa aliran, tidak ada percepatan udara sehingga tidak ada penurunan tekanan.

Jawaban: Benar, Salah, Benar.

No. 2 Kunci: A, D

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

Konsep: Venturi karburator mempercepat aliran udara sehingga tekanan turun (Bernoulli) dan bahan bakar terisap. Penurunan tekanan dan penguapan bahan bakar mendinginkan udara sehingga es dapat terbentuk walaupun suhu luar di atas 0 °C, terutama pada udara lembap dan daya rendah.

Analisis setiap pernyataan:
- **Pernyataan 1** ✓ Prinsip Bernoulli: kecepatan naik, tekanan turun; bahan bakar terisap oleh beda tekanan.
- **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: suhu di dalam venturi dapat turun jauh di bawah suhu luar.
- **Pernyataan 3** ✗ Justru pada daya rendah katup throttle yang hampir tertutup menambah penyempitan dan risiko es.

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

• **Pernyataan 4 ✓** Dua sebab pendinginan; uap air dalam udara lembap membeku.
• **Pernyataan 5 ✗** Jebakan: udara panas justru kurang rapat; putaran pulih karena es mencair.

Jawaban: pernyataan 1, 4.

Latihan sub bab 3.2

No. 1 Kunci: D

Konsep: Terbang datar: lift = weight dan thrust = drag. Lift bergantung pada kecepatan dan sudut serang. Bila weight naik dan kecepatan dipertahankan, sudut serang harus dinaikkan; akibatnya drag naik sehingga thrust juga harus naik.

Langkah:
1. Weight naik → lift harus naik sebesar tambahan weight.
2. Kecepatan tetap → lift dinaikkan lewat sudut serang.
3. Sudut serang naik → drag naik → thrust dinaikkan agar kecepatan tetap.

Analisis setiap opsi:
• **A. ✗** Jebakan: separuh benar (lift naik lewat sudut serang), tetapi sudut serang yang lebih besar juga menaikkan drag.
• **B. ✗** Jebakan: thrust melawan drag, bukan sumber lift langsung; tambahan thrust dengan sudut serang tetap mempercepat pesawat.
• **C. ✗** Jebakan: thrust melawan drag di arah horizontal, bukan menahan weight; lift yang tetap lebih kecil dari weight baru sehingga pesawat turun.
• **D. ✓** Rantai sebab-akibat lengkap dan benar.
• **E. ✗** Sudut serang lebih kecil justru menurunkan lift.

Jawaban: D.

Latihan sub bab 3.3

No. 1 Kunci: A

Konsep: Trim tab bergerak berlawanan arah dengan permukaan kendali. Tab yang dibengkokkan ke bawah menerima gaya udara ke atas, sehingga ujung belakang elevator terdorong naik dan elevator tertahan di posisi naik tanpa tenaga pilot.

Langkah:
1. Pilot menarik control column → elevator perlu naik (hidung naik).
2. Agar elevator tertahan naik, tab harus di posisi turun.
3. Bengkokkan tab ke bawah.

Analisis setiap opsi:
• **A. ✓** Tab turun → gaya udara mendorong elevator naik → hidung tertahan naik.
• **B. ✗** Jebakan: tab tidak menyeret elevator searah; tab atas justru mendorong elevator turun.
• **C. ✗** Jebakan: tab ke bawah benar, tetapi akibatnya elevator naik, bukan turun.
• **D. ✗** Elevator turun membuat hidung makin turun; kebalikan dari kebutuhan.
• **E. ✗** Tab lurus tidak mengubah keadaan yang dikeluhkan pilot.

Jawaban: A.

No. 2 Kunci: B, C, E

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

Konsep: Rudder: pedal kanan → trailing edge rudder ke kanan → hidung ke kanan. Elevator: column ditarik → elevator naik → hidung naik. Flap kiri dan kanan harus bergerak turun bersamaan dan simetris untuk menambah lift dan drag.

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

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: hidung memang harus ke kanan, tetapi untuk itu trailing edge rudder harus ke kanan, bukan ke kiri.

• **Pernyataan 2** ✓ Ekor terdorong ke kanan sehingga hidung berbelok ke kiri.

• **Pernyataan 3** ✓ Ekor terdorong turun sehingga hidung naik.

• **Pernyataan 4** ✗ Jebakan: arah sama belum cukup; flap yang tidak simetris membuat lift sayap berbeda sehingga pesawat berguling.

• **Pernyataan 5** ✓ Ekor terdorong naik sehingga hidung turun.

Jawaban: pernyataan 2, 3, 5.

Latihan sub bab 3.4

No. 1 Kunci: A, E

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

Konsep: Pada sayap semi-monocoque, spar memikul beban lentur utama, rib menjaga bentuk airfoil dan meneruskan beban ke spar, stringer memperkaku kulit terhadap tekuk. Korosi dibersihkan, sisa tebal dinilai terhadap batas manual, lalu permukaan dilindungi.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1** ✓ Beban lentur sayap terbesar ada di dekat wing root dan dipikul spar.

• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: rib menjaga bentuk airfoil dan meneruskan beban dari kulit ke spar; beban lentur utama dipikul spar.

• **Pernyataan 3** ✗ Roda pendarat bertumpu pada fitting dan struktur utama (spar/frame), bukan stringer.

• **Pernyataan 4** ✗ Jebakan: "ringan" belum berarti aman; korosi harus dibersihkan dan sisa tebal dinilai terhadap batas di manual sebelum dilindungi.

• **Pernyataan 5** ✓ Stringer memperkaku kulit dan ikut memikul beban sepanjang sayap.

Jawaban: pernyataan 1, 5.

No. 2 Kunci: B, C

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

Konsep: Firewall adalah sekat tahan api antara ruang mesin dan kabin; setiap lubang tembus harus disekat. Engine mount menyalurkan berat dan gaya dorong mesin ke struktur badan pesawat. Cowling membentuk aliran udara dan pendinginan mesin.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: cowling membentuk aliran udara dan mengarahkan pendinginan; berat mesin dipikul engine mount.

• **Pernyataan 2** ✓ Firewall harus rapat agar api dan gas tidak masuk kabin.

• **Pernyataan 3** ✓ Kerusakan akibat panas tidak selalu tampak; bagian pemikul beban utama wajib diperiksa.

• **Pernyataan 4** ✗ Firewall yang berlubang tidak lagi menahan api pada kebakaran berikutnya.

• **Pernyataan 5** ✗ Firewall berada di antara ruang mesin dan kabin, bukan di belakang kabin.

Jawaban: pernyataan 2, 3.

No. 3 Kunci: 1S 2B 3B

Konsep: Konstruksi sandwich (kulit tipis + inti ringan) sangat ringan dan kaku. Kekurangannya: kerusakan akibat benturan sering tidak tampak (delaminasi, inti hancur) sehingga perlu uji ketuk atau uji tak rusak lain.

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

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1 → Salah.** Jebakan: kerusakan komposit sering tersembunyi di bawah permukaan.
- **Pernyataan 2 → Benar.** Area yang terlepas berbunyi redam dibanding area yang masih melekat.
- **Pernyataan 3 → Benar.** Itulah kelebihan dan kekurangan utamanya.

Jawaban: Salah, Benar, Benar.

No. 4 Kunci: C, E

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

Konsep: Badan pesawat semi-monocoque: longeron (batang memanjang utama, besar), stringer (pengaku memanjang yang lebih kecil dan lebih banyak), frame/former (rangka melintang pembentuk penampang), dan kulit. Retak pada bagian pemikul beban harus dievaluasi sesuai manual sebelum terbang.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: tertukar; longeron yang lebih besar dan menjadi batang memanjang utama.
- **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: berbagi beban tidak membuat retak pada pemikul utama boleh dibiarkan; retak dapat menjalar.
- **Pernyataan 3** ✓ Itulah fungsi longeron pada badan pesawat.
- **Pernyataan 4** ✗ Frame menjaga bentuk penampang dan menyalurkan beban; di sekitar bukaan pintu bebannya terpusat.
- **Pernyataan 5** ✓ Stringer adalah pengaku memanjang yang lebih kecil.

Jawaban: pernyataan 3, 5.

Latihan sub bab 3.5

No. 1 Kunci: A

Konsep: Hukum Newton III: gaya aksi mesin pada gas sama besar dan berlawanan arah dengan gaya reaksi gas pada mesin. Bila gas dibelokkan ke depan, gaya reaksinya mengarah ke belakang dan memperlambat pesawat.

Langkah:

1. Aksi: gas didorong ke depan.
2. Reaksi: mesin (dan pesawat) didorong ke belakang → melambat.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ Sesuai Hukum Newton III.
- **B.** ✗ Kasus menyebut mesin tetap berputar ke arah yang sama.
- **C.** ✗ Jebakan: bila gas hanya dihentikan, tidak ada gaya pengereman; reverser justru membelokkan gas.
- **D.** ✗ Berat pesawat tidak bertambah oleh reverser.
- **E.** ✗ Reverser tidak menambah lift; saat mendarat lift justru ingin dikurangi.

Jawaban: A.

Latihan sub bab 3.6

No. 1 Kunci: C, D, E

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

Konsep: Uji kompresi diferensial membandingkan tekanan tertahan dengan tekanan masuk. Arah desis menunjukkan sumber bocor: knalpot → katup buang, saluran masuk/karburator → katup masuk, lubang oli/breather → ring piston.

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

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: batasnya 60/80 psi, bukan separuh tekanan masuk.
- **Pernyataan 2** ✗ Sedikit kebocoran itu normal; 74 dan 71 psi di atas batas 60 psi.
- **Pernyataan 3** ✓ Desis di pipa knalpot → udara lolos lewat katup buang.
- **Pernyataan 4** ✓ Desis di lubang pengisian oli/breather → udara lolos ke ruang engkol.
- **Pernyataan 5** ✓ Keduanya di bawah 60/80 psi.

Jawaban: pernyataan 3, 4, 5.

No. 2 Kunci: B, D

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

Konsep: Kondisi busi mencerminkan pembakaran: cokelat keabuan kering = normal; jelaga hitam kering = campuran kaya (semua silinder); basah berlapis oli = oli masuk ruang bakar (ring piston/pemandu katup aus) pada silinder itu.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: membersihkan busi hanya menghilangkan gejala; oli tetap masuk ke silinder.
- **Pernyataan 2** ✓ Busi berlapis oli pada satu silinder + pemakaian oli tinggi.
- **Pernyataan 3** ✗ Campuran terlalu kaya memengaruhi semua silinder dan meninggalkan jelaga kering, bukan oli basah.
- **Pernyataan 4** ✓ Uji kompresi memastikan kebocoran ring atau katup.
- **Pernyataan 5** ✗ Cokelat keabuan dan kering adalah tanda pembakaran normal.

Jawaban: pernyataan 2, 4.

Latihan sub bab 3.7

No. 1 Kunci: 1S 2S 3B

Konsep: Pada mesin turbin gas: kompresor menaikkan tekanan (dan suhu), ruang bakar menaikkan suhu dengan tekanan hampir tetap (sedikit turun), turbin mengambil energi gas (tekanan dan suhu turun) untuk memutar kompresor, sisanya dipercepat di nozzle.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1 → Salah.** Jebakan: tekanan tertinggi memang di titik 2, tetapi suhu tertinggi di titik 3 (900 °C) setelah pembakaran.
- **Pernyataan 2 → Salah.** Data menunjukkan tekanan turun sedikit (606 → 580 kPa); pembakaran menaikkan suhu dan volume, bukan tekanan.
- **Pernyataan 3 → Benar.** Turbin mengambil energi gas panas untuk memutar kompresor melalui poros.

Jawaban: Salah, Salah, Benar.

No. 2 Kunci: E

Konsep: Hot start terjadi bila bahan bakar terlalu banyak dibanding aliran udara (putaran rendah) sehingga suhu melampaui batas. Prosedur umum: tutup bahan bakar, lalu teruskan memutar mesin dengan starter (motoring) agar udara mendinginkan dan membuang sisa bahan bakar.

Langkah:

1. Sumber panas: bahan bakar → ditutup.
2. Pendinginan: aliran udara dari putaran starter → starter tetap memutar mesin.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: menambah power lever justru menambah bahan bakar.
- **B.** ✗ Jebakan: bahan bakar memang ditutup, tetapi starter dimatikan sehingga tidak ada udara

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

pendingin.

- **C.** ✗ Suhu dapat melampaui batas dan merusak turbin sebelum idle tercapai.
- **D.** ✗ Bahan bakar tetap mengalir ke ruang bakar yang panas dan dapat menyala atau menggenang.
- **E.** ✓ Panas dihentikan dan mesin didinginkan oleh aliran udara.

Jawaban: E.

Kuis Akhir Bab 3

No. 1 Kunci: D

Konsep: *Rudder* mengendalikan gerak *yaw* (hidung ke kiri atau kanan) pada sumbu tegak. Pedal kiri menggerakkan rudder ke kiri; aliran udara mendorong ekor ke kanan sehingga hidung berputar ke kiri.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: arah rudder terbalik terhadap pedal.
- **B.** ✗ Jebakan: arah rudder benar tetapi arah hidung terbalik.
- **C.** ✗ Jebakan: *roll* dikendalikan aileron, bukan rudder.
- **D.** ✓ Rudder ke kiri membuat hidung berputar ke kiri.
- **E.** ✗ *Pitch* dikendalikan elevator.

Jawaban: D.

No. 2 Kunci: B

Konsep: Aileron yang turun menambah lift dan sekaligus hambatan pada sayap yang naik, menimbulkan kecenderungan hidung berputar berlawanan arah belokan (*adverse yaw*). Pada aileron diferensial, aileron yang naik digerakkan lebih besar daripada yang turun sehingga selisih hambatan antar-sayap berkurang dan *adverse yaw* mengecil.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: tujuan bukan menambah lift sayap kiri, melainkan menyeimbangkan hambatan.
- **B.** ✓ Menyeimbangkan hambatan dan mengurangi *adverse yaw*.
- **C.** ✗ Jebakan: panjang kabel tidak menjadi alasan; manual menyebut desain disengaja.
- **D.** ✗ Tujuan bukan memperlambat guling.
- **E.** ✗ Jebakan: manual menyatakan ini disengaja, bukan toleransi.

Jawaban: B.

No. 3 Kunci: A

Konsep: Lift sebanding dengan v^2. Bila kecepatan berubah dengan faktor k, lift berubah dengan faktor k^2.

Langkah:

1. Faktor kecepatan = 30 ÷ 40 = 0,75.
2. Faktor lift = $0{,}75^2$ = 0,5625.
3. Lift sesudah = 0,5625 × 10.000 = 5.625 N.
4. 5.625 N < berat 10.000 N → gaya vertikal ke bawah lebih besar, pesawat mulai turun.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ 5.625 N dan lebih kecil daripada berat → turun.
- **B.** ✗ Jebakan: memakai faktor linear (0,75), padahal lift berubah dengan kuadrat.
- **C.** ✗ Jebakan: sudut serang tetap tidak berarti lift tetap bila kecepatan berubah.
- **D.** ✗ Jebakan: faktor kuadrat dibalik $((40\div30)^2)$.
- **E.** ✗ Hitungannya benar, tetapi lift lebih kecil daripada berat membuat pesawat turun, bukan naik.

Jawaban: A.

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

No. 4 Kunci: B, C, E

Konsep: Sudut serang adalah sudut antara garis tali sayap (*chord*) dan arah aliran udara relatif. Sudut tanjak (*pitch attitude*) adalah sudut sumbu pesawat terhadap horizon. *Stall* terjadi karena sudut serang melampaui sudut kritis, bukan karena kecepatan tertentu.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: itu definisi sikap (sudut tanjak), bukan sudut serang.
- **B.** ✓ Terbang pelan membutuhkan sudut serang besar untuk menghasilkan lift yang cukup.
- **C.** ✓ *Stall* ditentukan oleh sudut serang kritis.
- **D.** ✗ Jebakan: *stall* dapat terjadi pada kecepatan tinggi bila sudut serang berlebih (misalnya saat manuver tajam).
- **E.** ✓ Sudut tanjak dan sudut serang adalah dua sudut yang berbeda.

Jawaban: B, C, dan E.

No. 5 Kunci: A, C, D

Konsep: Flap menambah camber (dan umumnya luas) sehingga lift naik pada kecepatan rendah, sekaligus menambah drag. Spoiler mengacaukan aliran di atas sayap sehingga lift berkurang dan drag bertambah. Slat di tepi depan memperlambat terjadinya *stall*.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ Flap menambah camber dan lift pada kecepatan rendah.
- **B.** ✗ Jebakan: spoiler mengurangi lift, bukan menambah.
- **C.** ✓ Spoiler mengurangi lift dan menambah drag.
- **D.** ✓ Flap menambah lift dan drag.
- **E.** ✗ Jebakan: slat membantu aliran melekat pada sayap pada sudut serang besar, bukan mengurangi lift.

Jawaban: A, C, dan D.

No. 6 Kunci: C

Konsep: Pada aliran dengan ketinggian sama, tekanan statis + $\frac{1}{2}\rho v^2$ konstan. Di bagian yang lebih cepat, tekanan dinamik lebih besar sehingga tekanan statis lebih kecil.

Langkah:

1. $\frac{1}{2}\rho v^2$ di bagian lebar = $0{,}5 \times 1{,}2 \times 20^2 = 240$ Pa.
2. $\frac{1}{2}\rho v^2$ di leher = $0{,}5 \times 1{,}2 \times 40^2 = 960$ Pa.
3. Selisih = 960 − 240 = 720 Pa; tekanan statis di leher lebih rendah 720 Pa.
4. Cek arah: kecepatan naik → tekanan statis turun.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: hanya memakai $\frac{1}{2}\rho v^2$ di leher (960).
- **B.** ✗ Jebakan: hanya memakai $\frac{1}{2}\rho v^2$ di bagian lebar (240).
- **C.** ✓ 960 − 240 = 720 Pa lebih rendah.
- **D.** ✗ Jebakan: ½ terlupa ($1{,}2 \times 1.200 = 1.440$).
- **E.** ✗ Jebakan: arah terbalik; bagian cepat bertekanan statis lebih rendah.

Jawaban: C.

No. 7 Kunci: A, B, D

Konsep: Tekanan total = tekanan statis + tekanan dinamik ($\frac{1}{2}\rho v^2$). Tekanan dinamik sebanding dengan kuadrat kecepatan dan dengan rapat udara. Di titik henti (ujung pitot) aliran berhenti dan tekanan dinamik muncul sebagai tambahan tekanan.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ Tekanan total = statis + dinamik.

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

- **B.** ✓ v dua kali → v^2 empat kali → tekanan dinamik empat kali.
- **C.** ✗ Jebakan: pada aliran datar, kecepatan naik membuat tekanan statis turun (Bernoulli).
- **D.** ✓ Ujung pitot adalah titik henti; tekanan yang terbaca adalah tekanan total.
- **E.** ✗ Jebakan: $\frac{1}{2}\rho v^2$ bergantung pada ρ; rapat udara menurun di ketinggian.

Jawaban: A, B, dan D.

No. 8 Kunci: E

Konsep: *Trim tab* adalah sirip kecil pada tepi belakang permukaan kendali yang menimbulkan gaya kecil agar permukaan kendali bertahan pada posisi tertentu, sehingga pilot tidak perlu menahan kemudi terus-menerus.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Trim tab tidak menambah daya mesin.
- **B.** ✗ Jebakan: trim hanya mengatur keseimbangan gaya kemudi; pesawat tidak terbang otomatis dan sudut serang tetap dijaga pilot.
- **C.** ✗ Trim tab tidak menambah hambatan untuk stabilitas.
- **D.** ✗ Trim tab tidak menggantikan elevator; ia membantunya.
- **E.** ✓ Fungsinya menghilangkan gaya yang harus ditahan pilot.

Jawaban: E.

No. 9 Kunci: 1B 2S 3B

Konsep: Gaya angkat dapat dijelaskan lewat perbedaan tekanan (Bernoulli) dan lewat pembelokan aliran ke bawah (hukum Newton); keduanya menggambarkan hal yang sama. Anggapan bahwa dua bagian udara harus tiba bersamaan di tepi belakang (*equal transit time*) tidak benar: udara atas biasanya tiba lebih dulu.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1 → Benar.** Aliran lebih cepat di atas sayap berarti tekanan lebih rendah.
- **Pernyataan 2 → Salah.** Jebakan: tidak ada syarat tiba bersamaan; penjelasan itu keliru walau sering diajarkan.
- **Pernyataan 3 → Benar.** Aliran dibelokkan ke bawah dan reaksinya mengangkat sayap.

Jawaban: Benar, Salah, Benar.

No. 10 Kunci: B

Konsep: Pada terbang datar dengan kecepatan tetap, gaya-gaya seimbang: lift = berat (arah vertikal) dan thrust = drag (arah horizontal).

Langkah:

1. Lift 12.000 N → berat 12.000 N.
2. Thrust 1.500 N → drag 1.500 N.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: nilai tertukar antara pasangan vertikal dan horizontal.
- **B.** ✓ Berat = lift, hambatan = thrust.
- **C.** ✗ Menjumlahkan dan mengurangkan gaya yang tidak saling berpasangan.
- **D.** ✗ Hambatan dijumlah dengan gaya yang bukan pasangannya.
- **E.** ✗ Berat dikurangi thrust, padahal berat berpasangan dengan lift.

Jawaban: B.

No. 11 Kunci: A, C, E

Konsep: Hukum Newton III: aksi dan reaksi bekerja pada benda berbeda, sehingga tidak saling meniadakan pada satu benda. Kekekalan energi: energi tidak hilang, tetapi berubah bentuk, dan

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

efisiensi tidak dapat melebihi 100 %. *Thrust reverser* membelokkan aliran gas ke depan sehingga reaksinya mendorong pesawat ke belakang.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✓ Udara didorong ke belakang, pesawat didorong ke depan.

• **B.** ✗ Jebakan: aksi bekerja pada udara dan reaksi pada pesawat; keduanya tidak meniadakan pada pesawat.

• **C.** ✓ Kekekalan energi: sebagian menjadi kerja, sebagian panas buangan.

• **D.** ✗ Jebakan: efisiensi tidak pernah melebihi 100 % karena energi tidak tercipta.

• **E.** ✓ Gas dibelokkan ke depan sehingga menimbulkan gaya yang memperlambat pesawat.

Jawaban: A, C, dan E.

No. 12 Kunci: C

Konsep: Sistem penyalaan ganda memberi cadangan (redundansi) bila satu magneto atau satu set busi rusak dan membuat pembakaran lebih cepat dan sempurna karena campuran dinyalakan dari dua titik.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: daya tidak menjadi dua kali lipat; kenaikan daya hanya kecil karena pembakaran lebih sempurna.

• **B.** ✗ Magneto membangkitkan listrik sendiri, tetapi aki tetap dipakai untuk sistem lain.

• **C.** ✓ Cadangan dan pembakaran lebih sempurna.

• **D.** ✗ Jenis bahan bakar tetap dibatasi oleh manual mesin.

• **E.** ✗ Percikan tidak menurunkan suhu silinder.

Jawaban: C.

No. 13 Kunci: 1B 2B 3S

Konsep: Tarik meregangkan, tekan memendekkan, geser menggelincirkan lapisan bahan, lentur melengkungkan (satu sisi tarik, sisi lain tekan), dan puntir memutar bahan pada sumbunya.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1 → Benar.** Definisi tarik dan tekan.

• **Pernyataan 2 → Benar.** Pada lentur ke atas, sisi atas memendek (tekan) dan sisi bawah memanjang (tarik).

• **Pernyataan 3 → Salah.** Jebakan: yang menekan dari dua arah berlawanan adalah tekan; puntir adalah pemutaran.

Jawaban: Benar, Benar, Salah.

No. 14 Kunci: C

Konsep: Pada konstruksi *semi monocoque*, *frame* (ring penguat) dan *bulkhead* (sekat) mempertahankan bentuk penampang dan menumpu kulit serta *stringer*; *longeron* (profil besar) dan *stringer* (profil kecil memanjang) memikul beban lentur bersama kulit; kulit memikul beban geser dan sebagian beban lentur.

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

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: kulit membentuk permukaan dan memikul geser; ia sendiri yang perlu ditumpu agar tidak tekuk.

• **B.** ✗ Profil kecil memanjang (*stringer*) menguatkan kulit terhadap lentur dan tekuk, tetapi tidak membentuk penampang.

• **C.** ✓ Ring penguat (*frame*) mempertahankan bentuk dan menumpu kulit serta stringer.

• **D.** ✗ Jebakan: profil besar di sudut (*longeron*) memikul beban lentur utama, bukan menjaga bentuk penampang.

• **E.** ✗ Kombinasi kulit dan longeron bukan bagian yang menjaga bentuk penampang.

Jawaban: C.

No. 15 Kunci: B

Konsep: Pada mesin berpendingin udara, *baffle* mengarahkan udara pendingin melewati sirip silinder, terutama silinder di belakang. Tanpa baffle, aliran menyebar dan sebagian silinder tidak terdinginkan sehingga suhu kepala silinder naik.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: aliran bebas justru tidak terarah ke sirip silinder.

• **B.** ✓ Silinder belakang kurang didinginkan sehingga suhunya naik.

• **C.** ✗ Tekanan oli tidak turun karena udara dari luar bak.

• **D.** ✗ Putaran tidak turun otomatis; mesin tidak memiliki proteksi seperti itu.

• **E.** ✗ Jebakan: suhu justru naik, bukan turun; busi lebih cepat rusak.

Jawaban: B.

No. 16 Kunci: B, D, E

Konsep: Isap: katup masuk terbuka, piston turun. Kompresi: kedua katup tertutup, piston naik, busi menyala sedikit sebelum titik mati atas. Usaha: pembakaran mendorong piston turun. Buang: katup buang terbuka, piston naik mendorong gas bekas.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: pada langkah isap piston bergerak turun, bukan naik.

• **B.** ✓ Kompresi: kedua katup tertutup, piston naik.

• **C.** ✗ Jebakan: busi menyala di akhir kompresi, bukan di akhir langkah buang.

• **D.** ✓ Pada langkah usaha tekanan pembakaran mendorong piston turun.

• **E.** ✓ Pada langkah buang katup buang terbuka dan piston naik.

Jawaban: B, D, dan E.

No. 17 Kunci: E

Konsep: Gaya = laju perubahan momentum = massa per detik × perubahan kecepatan: $F = \dot{m} \times \Delta v$.

Langkah:

1. $\dot{m} = 120$ kg/s; $\Delta v = 25 - 0 = 25$ m/s.
2. $F = 120 \times 25 = 3.000$ N.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: dibalik ($120 \div 25 \approx 5$).

• **B.** ✗ Jebakan: dijumlah ($120 + 25 = 145$).

• **C.** ✗ Jebakan: dibagi dua (setengah dari hasil).

• **D.** ✗ Jebakan: dikali dua tanpa dasar.

• **E.** ✓ $120 \times 25 = 3.000$ N.

Jawaban: E.

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

No. 18 Kunci: A, B, E

Konsep: *Spar* dan *fitting* sambungan sayap, *longeron*, dan sambungannya memikul beban utama; kerusakan di sana dinilai menurut manual sebelum pesawat terbang. Lubang baut adalah titik konsentrasi tegangan, tempat retak sering bermula. Semua temuan dicatat.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ Struktur utama menjadi prioritas penilaian.
- **B.** ✓ Korosi ringan pun dinilai terhadap batas manual.
- **C.** ✗ Jebakan: temuan pada struktur sekunder tetap dicatat; tampak normal bukan alasan mengabaikan.
- **D.** ✗ Jebakan: tidak adanya retak masa lalu tidak membebaskan pemeriksaan berkala.
- **E.** ✓ Retak di dekat lubang baut dilaporkan karena tegangan terpusat di sana.

Jawaban: A, B, dan E.

No. 19 Kunci: D

Konsep: *Spar* adalah balok utama sayap yang memanjang dari pangkal ke ujung dan memikul beban lentur utama; *rib* memberi bentuk profil sayap dan meneruskan beban dari kulit ke spar; *stringer* menguatkan kulit; *longeron* adalah balok utama badan.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ *Rib* tegak lurus spar dan membentuk profil sayap.
- **B.** ✗ *Skin* adalah kulit.
- **C.** ✗ *Stringer* menguatkan kulit, lebih kecil dari spar.
- **D.** ✓ *Spar* memikul beban lentur utama dan menjadi tempat rib terpasang.
- **E.** ✗ *Longeron* berada pada badan, bukan sayap.

Jawaban: D.

No. 20 Kunci: A

Konsep: Daya dorong = F × v. Efisiensi = daya yang berguna ÷ daya yang dimasukkan. Selisihnya menjadi panas dan energi gas buang, sesuai kekekalan energi.

Langkah:

1. Daya dorong = 2.000 N × 60 m/s = 120.000 W = 120 kW.
2. Efisiensi = 120 kW ÷ 400 kW = 0,30 = 30 %.
3. Cek: efisiensi harus kurang dari 100 %.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ 120 ÷ 400 = 30 %.
- **B.** ✗ Jebakan: daya dorong terbaca 12 kW (kesalahan satu angka nol).
- **C.** ✗ Jebakan: ini porsi yang terbuang (100 % − 30 %), bukan efisiensi.
- **D.** ✗ Jebakan: daya dorong 120 dibandingkan 100 tanpa memakai 400 kW.
- **E.** ✗ Jebakan: satuan watt dan kilowatt tercampur (120 ÷ 400.000).

Jawaban: A.

No. 21 Kunci: A

Konsep: Pada konstruksi rangka pipa (*truss*), beban utama dipikul rangka pipa yang dilas membentuk segitiga-segitiga; penutup kain hanya membentuk permukaan aerodinamika. Sobekan kain tidak banyak mengurangi kekuatan rangka, tetapi mengganggu aliran udara dan membiarkan rangka terkena kelembapan sehingga harus diperbaiki.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ Rangka memikul beban; kain tetap harus diperbaiki karena fungsi aerodinamika dan perlindungan.

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

- **B.** ✗ Jebakan: kain tidak memikul beban struktur utama.
- **C.** ✗ Jebakan: rangka utuh tidak membebaskan sobekan dari perbaikan.
- **D.** ✗ Pipa baja dapat berkarat, terutama di dalam bila kelembapan masuk.
- **E.** ✗ Penutup kain bukan kulit yang memikul beban; pesawat ini berkonstruksi rangka, bukan *monocoque*.

Jawaban: A.

No. 22 Kunci: E

Konsep: Urutan aliran pada mesin turbin gas: saluran masuk → kompresor (menaikkan tekanan) → ruang bakar (menambah panas) → turbin (menyerap energi gas untuk memutar kompresor lewat poros) → nosel buang.

Analisis setiap opsi:
- **A.** ✗ Saluran masuk hanya mengalirkan udara ke kompresor.
- **B.** ✗ Jebakan: kompresor adalah yang diputar, bukan yang memutar.
- **C.** ✗ Ruang bakar menambah panas pada udara, bukan memutar poros.
- **D.** ✗ Nosel buang mempercepat gas keluar sehingga menghasilkan dorong.
- **E.** ✓ Turbin (nomor 4) menyerap energi gas panas dan memutar kompresor lewat poros.

Jawaban: E.

No. 23 Kunci: C, D, E

Konsep: Gaya angkat diterima kulit sayap, diteruskan *rib* ke *spar*, dan spar menyalurkannya lewat *fitting* sambungan ke struktur badan. Arah lentur berlawanan antara saat parkir (berat ke bawah) dan saat terbang (lift ke atas). Fitting menjadi titik pemusatan beban sehingga diperiksa teliti.

Analisis setiap opsi:
- **A.** ✗ Jebakan: lift tidak diteruskan ke roda pendarat lewat kulit sayap.
- **B.** ✗ Jebakan: beban lentur sayap justru dipikul badan lewat fitting.
- **C.** ✓ Kulit → rib → spar → fitting → badan.
- **D.** ✓ Arah lentur saat parkir berlawanan dengan saat terbang.
- **E.** ✓ Fitting sambungan adalah titik pemusatan beban.

Jawaban: C, D, dan E.

No. 24 Kunci: 1S 2B 3B

Konsep: Kompresor menaikkan tekanan dan suhu. Di ruang bakar suhu naik tajam pada tekanan yang hampir tetap (sedikit turun). Turbin mengambil energi dari gas sehingga suhu dan tekanan gas turun, lalu sisa gas dipercepat di nosel.

Analisis setiap pernyataan:
- **Pernyataan 1 → Salah.** Jebakan: di ruang bakar yang naik adalah suhu, bukan tekanan; tekanan hampir tetap.
- **Pernyataan 2 → Benar.** Kompresor menaikkan tekanan dan suhu udara.
- **Pernyataan 3 → Benar.** Turbin menyerap energi sehingga suhu dan tekanan gas turun.

Jawaban: Salah, Benar, Benar.

No. 25 Kunci: D

Konsep: Untuk tiap aliran, F = $\dot{m}$ × (V keluar − V masuk). Gaya dorong total adalah jumlah gaya dorong kedua aliran.

Langkah:
1. Inti: 20 × (400 − 100) = 20 × 300 = 6.000 N.
2. *Bypass*: 100 × (160 − 100) = 100 × 60 = 6.000 N.
3. Total = 6.000 + 6.000 = 12.000 N; bagian *bypass* = 6.000 ÷ 12.000 = 50 %.

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

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: hanya satu aliran yang dihitung.

• **B.** ✗ Jebakan: bagian *bypass* dihitung dari porsi massa udara (100 ÷ 120 ≈ 83 %), bukan dari gaya dorong.

• **C.** ✗ Jebakan: porsi inti dari massa udara (20 ÷ 120 ≈ 17 %), bukan dari gaya dorong.

• **D.** ✓ Total 12.000 N; *bypass* 50 %.

• **E.** ✗ Jebakan: kecepatan masuk tidak dikurangkan (20 × 400 + 100 × 160 = 24.000 N).

Jawaban: D.

Latihan sub bab 4.1

No. 1 Kunci: A

Konsep: Serpihan logam berbeda (baja, kuningan) yang tertanam di aluminium memicu korosi galvanik baru. Korosi ringan pada aluminium dibersihkan dengan wol aluminium, sikat nilon, atau bahan abrasif lembut, tanpa mengikis lapisan alclad lebih dari perlu.

Langkah:

1. Hindari logam berbeda → baja dan kuningan gugur.
2. Jaga lapisan alclad → amplas kasar gugur.
3. Pilihan: wol aluminium atau sikat nilon.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✓ Tidak meninggalkan logam berbeda dan tidak merusak lapisan alclad.

• **B.** ✗ Jebakan: memang cepat, tetapi serpihan baja tertanam dan memicu korosi galvanik.

• **C.** ✗ Dibilas air tidak mengangkat serpihan baja yang tertanam.

• **D.** ✗ Lapisan alclad justru pelindung korosi; mengikisnya membuka inti paduan.

• **E.** ✗ Jebakan: lebih lunak bukan ukuran yang tepat; serpihan kuningan juga logam berbeda yang memicu korosi galvanik.

Jawaban: A.

No. 2 Kunci: A, C, E

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

Konsep: Korosi galvanik terjadi bila dua bahan konduktor dengan potensial berbeda bersentuhan dalam elektrolit (kelembapan). Aluminium bersifat anodik terhadap karbon sehingga terkorosi. Pencegahan: penyekat (serat kaca, sealant) dan pengencang yang sesuai (titanium, baja tahan karat tertentu).

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1** ✓ Pasangan karbon–aluminium dengan adanya kelembapan membentuk sel galvanik; aluminium menjadi anoda.

• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: walau bukan logam, karbon menghantar listrik dan berperilaku sebagai katoda.

• **Pernyataan 3** ✓ Penyekat memutus jalur listrik antara keduanya.

• **Pernyataan 4** ✗ Kekuatan tidak menjawab masalah korosi; baja karbon juga mudah berkarat.

• **Pernyataan 5** ✓ Titanium dekat dengan karbon pada deret galvanik.

Jawaban: pernyataan 1, 3, 5.

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

Latihan sub bab 4.2

No. 1 Kunci: D

Konsep: Panjang grip baut dipilih sama dengan atau sedikit lebih panjang dari tebal bahan agar bagian berulir tidak menumpu di dalam lubang. Kelebihan kecil ditutup washer agar mur dapat dikencangkan tanpa menyentuh ujung grip.

Langkah:

1. Grip ≥ 14,8 mm → 15,9 mm atau 17,5 mm.
2. Kelebihan: 15,9 − 14,8 = 1,1 mm (≤ 1,6 mm) ✓; 17,5 − 14,8 = 2,7 mm (> 1,6 mm) ✗.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Grip jauh lebih pendek; ulir menumpu di dalam lubang dan pelat tidak terjepit pada bagian polos baut.
- **B.** ✗ Jebakan: washer di bawah mur tidak memperpanjang grip; ulir tetap berada di dalam lubang.
- **C.** ✗ Jebakan: grip memang cukup, tetapi kelebihan 2,7 mm melampaui batas 1,6 mm.
- **D.** ✓ Memenuhi kedua syarat kartu kerja.
- **E.** ✗ Jebakan: "paling mendekati" tetapi lebih pendek dari tebal bahan.

Jawaban: D.

No. 2 Kunci: C

Konsep: Mur bermahkota dikencangkan di dalam rentang momen; bila celah belum segaris, susunan washer atau mur diganti sesuai manual lalu dikencangkan ulang. Momen tidak boleh dilampaui atau dikurangi di bawah minimum, dan bagian pengunci tidak boleh dimodifikasi.

Langkah:

1. 160 in-lb > 145 in-lb → dilarang.
2. < 120 in-lb → di bawah minimum → dilarang.
3. Solusi yang diizinkan: ganti washer/mur, kencangkan ulang dalam rentang.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: pena belah memang wajib, tetapi momen melampaui batas manual.
- **B.** ✗ Jebakan: celah segaris, tetapi momen di bawah minimum.
- **C.** ✓ Memenuhi rentang momen dan cara yang diizinkan manual.
- **D.** ✗ Jebakan: tampak praktis, tetapi mengganti jenis mur dan pengunci tanpa data yang disetujui tidak diizinkan.
- **E.** ✗ Jebakan: momen di dalam rentang, tetapi lubang tetap tidak segaris dengan celah; pena belah yang lebih kecil tidak sesuai ukuran dan tidak mengunci dengan benar.

Jawaban: C.

Latihan sub bab 4.3

No. 1 Kunci: A

Konsep: Alat ukur (termasuk kunci momen) hanya boleh dipakai bila nilai yang diukur berada di rentang pakai yang diizinkan dan kalibrasinya masih berlaku pada tanggal pekerjaan.

Langkah:

1. Rentang memuat 35 N·m: TW-01 (20–100) dan TW-04 (10–50).
2. Kalibrasi pada 10 Maret 2027: TW-01 berlaku; TW-04 habis 9 Maret 2027, sehari sebelum pekerjaan.
3. Yang memenuhi: TW-01.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ Rentang memuat 35 N·m dan kalibrasi masih berlaku.
- **B.** ✗ Rentang maksimum 25 N·m, di bawah 35 N·m.

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

- **C.** ✗ Jebakan: kalibrasi berlaku, tetapi 35 N·m di bawah rentang pakai minimum 40 N·m.
- **D.** ✗ Jebakan: rentangnya paling pas (35 di tengah 10–50), tetapi kalibrasinya sudah habis.
- **E.** ✗ Rentang pakai mulai 50 N·m.

Jawaban: A.

Kuis Akhir Bab 4

No. 1 Kunci: A

Konsep: Dinding api harus bertahan terhadap api dan panas ruang mesin dalam waktu tertentu tanpa ikut terbakar atau meleleh. Baja tahan karat dan titanium adalah bahan yang umum dipakai karena titik leburnya tinggi dan tidak terbakar.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ Tahan panas tinggi dan tidak terbakar.
- **B.** ✗ Jebakan: magnesium ringan, tetapi dapat terbakar hebat.
- **C.** ✗ Jebakan: aluminium meleleh pada suhu jauh lebih rendah dan tetap dapat berkorosi.
- **D.** ✗ Kayu lapis terbakar.
- **E.** ✗ Resin epoksi terbakar atau melunak oleh api, walau tidak menghantar listrik.

Jawaban: A.

No. 2 Kunci: C

Konsep: Pada rivet standar, huruf kode bahan menunjukkan paduan: A = 1100, D = 2017, DD = 2024, AD = 2117. Bentuk kepala ditunjukkan nomor standar (AN470 = kepala universal, AN426 = kepala benam). Angka diameter dalam 1/32 inci dan panjang dalam 1/16 inci.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Kepala benam ditunjukkan AN426, bukan huruf AD.
- **B.** ✗ Panjang ditunjukkan angka, bukan huruf.
- **C.** ✓ AD = paduan aluminium 2117.
- **D.** ✗ Jebakan: kepala universal ditunjukkan AN470, bukan AD.
- **E.** ✗ AN470 bukan rivet buta.

Jawaban: C.

No. 3 Kunci: B

Konsep: Dua logam berbeda yang bersentuhan dalam lingkungan lembap membentuk sel galvanik: logam yang lebih anodik (di sini aluminium) terkorosi. Bubuk putih keabuan adalah hasil korosi aluminium. Pencegahannya memisahkan kedua logam (sealant, primer, atau pelapis) dan menjaga agar kelembapan tidak masuk.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: yang terkorosi adalah aluminium, bukan baut baja tahan karat; cat tipis tidak memisahkan logam.
- **B.** ✓ Aluminium berkorosi galvanik; pemisahan logam adalah pencegahannya.
- **C.** ✗ Tidak ada tanda panas berlebih; baut lebih panjang tidak berpengaruh.
- **D.** ✗ Torsi lebih besar dapat merusak panel dan bukan pencegah korosi.
- **E.** ✗ Baut baja tahan karat tidak menghasilkan karat yang menetes; oli tidak memisahkan logam.

Jawaban: B.

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

No. 4 Kunci: A

Konsep: Pada baut AN, angka setelah AN menyatakan diameter dalam kelipatan 1/16 inci, angka sesudah tanda hubung menyatakan panjang (digit depan inci penuh, digit belakang kelipatan 1/8 inci), dan huruf A menandai batang tanpa lubang.

Langkah:

1. Diameter: 4 × 1/16 = 1/4 inci.
2. Panjang: "12" → 1 inci + 2/8 inci = 1 1/4 inci.
3. Huruf A → batang tanpa lubang.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ 1/4 inci, 1 1/4 inci, tanpa lubang.
- **B.** ✗ Jebakan: satuan dianggap milimeter dan huruf A tidak dipahami.
- **C.** ✗ Jebakan: panjang dibaca milimeter dan A dianggap berlubang.
- **D.** ✗ Jebakan: 12 dibagi 8 sebagai 1,5 inci.
- **E.** ✗ Jebakan: diameter dibaca 4/32 inci dan A dianggap berlubang.

Jawaban: A.

No. 5 Kunci: A, B, E

Konsep: Korosi galvanik terjadi bila dua logam berbeda bersentuhan dengan adanya elektrolit (air lembap, garam). Makin berjauhan kedua logam dalam deret galvanik, makin cepat logam yang lebih anodik (aluminium) terkorosi. Pencegahannya: pakai logam sejenis atau yang berdekatan, serta pelapis dan sealant sebagai pemisah.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ Logam sejenis tidak membentuk sel galvanik yang kuat.
- **B.** ✓ Baja berlapis kadmium dengan sealant lebih dekat dengan aluminium dan terpisah dari elektrolit.
- **C.** ✗ Jebakan: tembaga sangat berbeda dari aluminium dalam deret galvanik sehingga mempercepat korosi aluminium.
- **D.** ✗ Jebakan: pelapis dan sealant memperlambat korosi secara nyata dan dipakai karena alasan itu.
- **E.** ✓ Jarak dalam deret galvanik menentukan kecepatan korosi logam yang lebih anodik.

Jawaban: A, B, dan E.

No. 6 Kunci: B, C, E

Konsep: Penanganan korosi: hilangkan hasil korosi seperlunya dengan cara dan bahan yang sesuai manual agar logam dasar tidak berkurang berlebihan, bersihkan dan keringkan, beri lapisan konversi atau primer lalu cat, dan atasi penyebab kelembapan.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: sikat kasar dan amplas dalam menipiskan logam dan merusak lapisan pelindung.
- **B.** ✓ Abrasif halus sesuai manual menghilangkan karat tanpa mengurangi logam berlebihan.
- **C.** ✓ Bersih, kering, lalu primer pencegah korosi.
- **D.** ✗ Jebakan: karat yang dicat tetap menjalar di bawah cat.
- **E.** ✓ Sumber kelembapan harus diatasi agar korosi tidak kembali.

Jawaban: B, C, dan E.

No. 7 Kunci: C

Konsep: Untuk struktur pesawat, perbandingan kekuatan terhadap massa jenis (kekuatan spesifik) lebih menentukan daripada kekuatan mutlak, karena bobot harus rendah. Pemilihan juga dibatasi oleh syarat soal (paduan aluminium).

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

Langkah:
1. P = 480 ÷ 2,8 ≈ 171; Q = 570 ÷ 2,8 ≈ 204.
2. R = 670 ÷ 7,8 ≈ 86; S = 950 ÷ 4,4 ≈ 216.
3. Dibatasi paduan aluminium: Q (≈ 204) lebih besar daripada P (≈ 171).

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Jebakan: kekuatan spesifik P lebih rendah daripada Q; aluminium juga dapat berkorosi.
• **B.** ✗ Jebakan: kekuatan tarik besar tetapi massa jenis baja tinggi (≈ 86), dan bukan paduan aluminium.
• **C.** ✓ Q memiliki kekuatan spesifik tertinggi di antara paduan aluminium.
• **D.** ✗ S memang tertinggi di tabel, tetapi tidak dipertimbangkan karena batas biaya.
• **E.** ✗ Massa jenis sama, tetapi kekuatan tarik berbeda sehingga kekuatan spesifik berbeda.

Jawaban: C.

No. 8 Kunci: 1B 2B 3S

Konsep: *Alclad* adalah paduan aluminium kekuatan tinggi dengan lapisan tipis aluminium murni yang tahan korosi. Lapisan itu hanya melindungi selama utuh; bila tertembus, inti paduan terbuka. Karena itu pembersihan memakai cara halus yang tidak menghilangkan lapisan.

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1 → Benar.** Itulah struktur *alclad*.
• **Pernyataan 2 → Benar.** Inti paduan yang terbuka dapat berkorosi.
• **Pernyataan 3 → Salah.** Jebakan: amplas kasar menggerus lapisan pelindung sehingga merusak perlindungannya; cat tidak menggantikan lapisan aluminium murni.

Jawaban: Benar, Benar, Salah.

No. 9 Kunci: B

Konsep: *Cotter pin* dipasang baru (tidak dipakai ulang), dengan ukuran yang sesuai lubang. Setelah dimasukkan, ujung-ujungnya dibuka dan ditekuk rapat mengikuti mur atau batang baut sehingga tidak dapat lepas dan tidak menjulang.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Jebakan: pena belah bekas tidak dipakai ulang; mengencangkan lagi melewati momen akhir.
• **B.** ✓ Pena baru, ukuran sesuai, ujung dibuka dan ditekuk rapat mengikuti mur.
• **C.** ✗ Ujung yang lurus membuat pena dapat bergeser dan lepas.
• **D.** ✗ Pena yang lebih kecil longgar dan tidak mengunci mur dengan baik.
• **E.** ✗ Ujung yang menjauhi mur mudah menyangkut dan melukai, dan kunciannya tidak rapat.

Jawaban: B.

No. 10 Kunci: A, B, D

Konsep: *Safety wire* dipasang sehingga tarikan kawat menahan baut ke arah pengencangan. Kawat bekas tidak dipakai ulang karena sudah mengalami kelelahan bahan. Kawat dipilin rapat tetapi tidak berlebihan, dan ujungnya dibelokkan ke arah komponen supaya tidak melukai atau menyangkut.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✓ Tarikan searah pengencangan.
• **B.** ✓ Kawat bekas tidak dipakai ulang.
• **C.** ✗ Jebakan: pilinan terlalu kencang melemahkan kawat dan dapat memutuskannya.
• **D.** ✓ Ujung dibelokkan ke arah komponen.
• **E.** ✗ Jebakan: baut dengan arah pengencangan berlawanan membutuhkan perubahan jalur kawat agar tarikan tetap menahan kedua baut.

Jawaban: A, B, dan D.

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

No. 11 Kunci: A, C, D

Konsep: Magnesium adalah logam struktur yang sangat ringan. Ia mudah berkorosi sehingga dilindungi pelapis, dan serpihan atau debunya mudah terbakar. Api magnesium tidak dipadamkan dengan air karena bereaksi hebat; dipakai serbuk khusus logam.

Analisis setiap opsi:
- **A.** ✓ Sangat ringan, cocok untuk pelek tuang.
- **B.** ✗ Jebakan: air memperparah api magnesium.
- **C.** ✓ Mudah berkorosi sehingga perlu perlindungan.
- **D.** ✓ Serpihan halus mudah menyala.
- **E.** ✗ Jebakan: magnesium justru rawan korosi dan diperiksa saat inspeksi.

Jawaban: A, C, dan D.

No. 12 Kunci: D

Konsep: Pada penandaan paduan aluminium, angka empat digit menunjukkan paduan (mis. 2024) dan huruf-angka sesudah tanda hubung menunjukkan kondisi (*temper*). Huruf T menandai bahan yang diberi perlakuan panas; angka sesudahnya menyatakan jenis perlakuan.

Analisis setiap opsi:
- **A.** ✗ T3 bukan ukuran tebal.
- **B.** ✗ T3 bukan nomor tipe produksi.
- **C.** ✗ Jebakan: kode tidak menyatakan besar kekuatan secara langsung.
- **D.** ✓ T menandai perlakuan panas; angka menunjukkan jenis perlakuannya.
- **E.** ✗ Kode tidak menyatakan jumlah lapisan cat.

Jawaban: D.

No. 13 Kunci: D

Konsep: Bagian batang yang menonjol di luar pelat (kira-kira 1,5 D) diperlukan untuk membentuk kepala kedua. Panjang rivet = tebal total + 1,5 D; bila hasil tidak tersedia, dipilih yang terdekat dan tidak lebih pendek.

Langkah:
1. Tebal total = 1,0 + 1,6 = 2,6 mm.
2. 1,5 × D = 1,5 × 3,2 = 4,8 mm.
3. Panjang = 2,6 + 4,8 = 7,4 mm → terdekat yang tidak lebih pendek = 8 mm.

Analisis setiap opsi:
- **A.** ✗ Jebakan: hanya 1,5 D (4,8 mm) dibulatkan, tebal pelat terlupa.
- **B.** ✗ Jebakan: 2,6 + 3,2 (memakai D, bukan 1,5 D) dibulatkan.
- **C.** ✗ Jebakan: 7,4 dibulatkan ke bawah; 7 mm lebih pendek dari yang dibutuhkan.
- **D.** ✓ 7,4 mm dibulatkan ke atas menjadi 8 mm.
- **E.** ✗ Terlalu panjang; kepala kedua terlalu besar dan batang melengkung.

Jawaban: D.

No. 14 Kunci: E

Konsep: Bahan dipilih menurut fungsi: baja tahan karat dan titanium untuk bagian bersuhu tinggi (knalpot, dinding api); baja 4130 untuk rangka atau dudukan tabung las; paduan aluminium untuk kulit dan struktur ringan; magnesium untuk pelek tuang yang ringan.

Analisis setiap opsi:
- **A.** ✗ Knalpot panas cocok memakai baja tahan karat.
- **B.** ✗ Baja 4130 lazim untuk dudukan mesin tabung las.
- **C.** ✗ Pelek tuang dari magnesium lazim karena ringan.

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

• **D.** ✗ Titanium tahan panas dan cocok untuk dinding api.
• **E.** ✓ Kulit sayap dibuat dari paduan aluminium tipis yang ringan; baja tahan karat tebal terlalu berat.

Jawaban: E.

No. 15 Kunci: 1S 2B 3B

Konsep: Pesawat didongkrak hanya pada titik dongkrak yang ditetapkan manual, karena struktur di titik itu diperkuat. Kapasitas dongkrak harus melebihi beban yang ditumpu, dan tidak ada orang di dalam atau di bawah pesawat selama didongkrak.

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1 → Salah.** Jebakan: titik sembarang dapat merusak struktur; harus pada titik dongkrak resmi.
• **Pernyataan 2 → Benar.** Kapasitas harus lebih besar dengan faktor keamanan.
• **Pernyataan 3 → Benar.** Orang di dalam pesawat membahayakan dirinya dan mengubah beban.

Jawaban: Salah, Benar, Benar.

No. 16 Kunci: E

Konsep: Bagian batang tanpa ulir (*grip*) yang memikul geser harus mengisi seluruh tebal sambungan; ulir tidak boleh berada pada bidang geser. Grip sebaiknya sama dengan tebal bahan yang disambung.

Langkah:
1. Tebal total = 4,8 + 4,7 = 9,5 mm.
2. Grip yang sama dengan 9,5 mm adalah baut L.
3. Cek: baut K terlalu pendek (6,4 < 9,5), sedangkan M, N, dan O terlalu panjang.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Jebakan: grip lebih pendek sehingga ulir masuk ke bidang antar-pelat.
• **B.** ✗ Grip 12,7 mm terlalu panjang; mur tidak dapat mengencang pada pelat tanpa banyak cincin.
• **C.** ✗ Grip 15,9 mm lebih panjang daripada tebal sambungan.
• **D.** ✗ Grip 19,1 mm jauh terlalu panjang.
• **E.** ✓ Grip 9,5 mm sama dengan tebal total.

Jawaban: E.

No. 17 Kunci: C

Konsep: Pada *torque wrench* tipe klik, pegas di dalam dikencangkan sesuai setelan. Bila disimpan dengan setelan tinggi, pegas tertekan lama dan alat kehilangan ketelitian. Karena itu setelan diturunkan ke nilai terendah pada skalanya sebelum disimpan.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Jebakan: pegas tetap tertekan dan ketelitian turun seiring waktu.
• **B.** ✗ Setelan tertinggi menekan pegas paling kuat.
• **C.** ✓ Setelan terendah melepaskan tekanan pegas.
• **D.** ✗ Tempat lembap menyebabkan karat.
• **E.** ✗ Tidak ada pipa pemanjang pada penyimpanan; itu merusak alat.

Jawaban: C.

No. 18 Kunci: 1B 2S 3B

Konsep: Mur biasa harus dilengkapi pengunci tambahan pada sambungan bergetar. Mur bermahkota dikunci dengan pena belah atau *safety wire* melalui lubang baut. Mur pengunci mandiri bersisipan nilon tidak tahan suhu tinggi; untuk suhu tinggi dipakai mur pengunci seluruhnya dari logam.

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1 → Benar.** Nilon melunak pada suhu tinggi.

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

• **Pernyataan 2 → Salah.** Jebakan: getaran mengendurkan mur biasa tanpa pengunci.
• **Pernyataan 3 → Benar.** Pena belah atau safety wire melewati lubang baut dan alur mur.

Jawaban: Benar, Salah, Benar.

No. 19 Kunci: A

Konsep: Pada kode rivet: nomor standar menunjukkan bentuk kepala (AN426 = benam), huruf menunjukkan bahan (AD = 2117), angka pertama diameter dalam kelipatan 1/32 inci, dan angka kedua panjang dalam kelipatan 1/16 inci.

Langkah:
1. AN426 → kepala benam.
2. AD → paduan aluminium 2117.
3. Diameter: 3 × 1/32 = 3/32 inci; panjang: 5 × 1/16 = 5/16 inci.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✓ Semua unsur kode terbaca benar.
• **B.** ✗ Jebakan: AN426 adalah kepala benam, bukan bundar.
• **C.** ✗ Jebakan: DD adalah 2024; AD adalah 2117.
• **D.** ✗ Jebakan: diameter dibaca kelipatan 1/16 inci, padahal 1/32 inci.
• **E.** ✗ Jebakan: panjang dibaca kelipatan 1/8 inci, padahal 1/16 inci.

Jawaban: A.

No. 20 Kunci: D

Konsep: Nitrogen kering tidak mengandung uap air, tidak mendukung pembakaran sehingga aman bila ban sangat panas setelah pengereman, dan perubahan tekanannya terhadap suhu lebih kecil daripada udara lembap.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Nitrogen tidak membuat ban lebih kuat.
• **B.** ✗ Jebakan: tekanan ban tetap harus diperiksa berkala.
• **C.** ✗ Nitrogen tidak berwarna.
• **D.** ✓ Kering, tidak mendukung pembakaran, dan lebih stabil terhadap suhu.
• **E.** ✗ Alasannya bukan biaya.

Jawaban: D.

No. 21 Kunci: B

Konsep: Adaptor yang lurus memperpanjang lengan sehingga momen sebenarnya pada mur lebih besar daripada angka yang terbaca di alat. Setelan alat harus dikurangi dengan faktor L ÷ (L + E).

Langkah:
1. L ÷ (L + E) = 10 ÷ (10 + 2,5) = 10 ÷ 12,5 = 0,8.
2. T setel = 150 × 0,8 = 120 in-lb.
3. Cek: setelan lebih kecil daripada momen yang dikehendaki.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Jebakan: adaptor diabaikan.
• **B.** ✓ 150 × 10 ÷ 12,5 = 120 in-lb.
• **C.** ✗ Jebakan: perbandingan dibalik (150 × 12,5 ÷ 10).
• **D.** ✗ Jebakan: dikurangi 15 tanpa dasar rumus.
• **E.** ✗ Jebakan: memakai E ÷ L (2,5 ÷ 10 = 0,25 → 150 × 0,75).

Jawaban: B.

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

No. 22 Kunci: E

Konsep: Pada volume tetap, tekanan mutlak sebanding dengan suhu mutlak. Hitungan harus memakai tekanan mutlak dan kelvin, lalu hasilnya dikurangi 14,7 untuk kembali ke tekanan ukur.

Langkah:

1. P_1 mutlak = 45 + 14,7 = 59,7 psi; T_1 = 20 + 273 = 293 K; T_2 = 50 + 273 = 323 K.
2. P_2 mutlak = 59,7 × 323 ÷ 293 ≈ 65,8 psi.
3. P_2 ukur = 65,8 − 14,7 ≈ 51,1 psi.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: rumus dipakai langsung pada tekanan ukur (45 × 323 ÷ 293 ≈ 49,6).
- **B.** ✗ Jebakan: dianggap tidak berubah, padahal suhu naik.
- **C.** ✗ Jebakan: ini tekanan mutlak, belum dikurangi 14,7.
- **D.** ✗ Jebakan: arah dibalik (tekanan turun), padahal suhu naik.
- **E.** ✓ 65,8 − 14,7 ≈ 51,1 psi.

Jawaban: E.

No. 23 Kunci: A, C, E

Konsep: *Torque wrench* adalah alat ukur: dipakai untuk mengencangkan dengan gerakan halus dan berhenti saat klik, harus dikalibrasi berkala, dan diperiksa kembali bila jatuh. Melonggarkan baut kencang dengannya dan memanjangkan gagang merusak ketelitian.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ Untuk mengencangkan, bukan melonggarkan.
- **B.** ✗ Jebakan: alat yang jatuh dapat bergeser kalibrasinya; harus diperiksa ulang.
- **C.** ✓ Gerakan halus dan berhenti saat klik.
- **D.** ✗ Pipa pemanjang mengubah lengan sehingga momen tidak sesuai tanpa koreksi.
- **E.** ✓ Alat harus dalam masa kalibrasi.

Jawaban: A, C, dan E.

No. 24 Kunci: B, D, E

Konsep: Peralatan pendukung dan alat ukur harus dalam kondisi baik dan masih dalam jadwal kalibrasi atau inspeksi. Alat yang lewat jadwal dipisahkan dan diberi label agar tidak terpakai. Batang tarik dipasang lengkap dengan pin pengaman, dan sambungan listrik dilepas dengan cara yang benar setelah daya dimatikan.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: ganjal roda dipasang begitu pesawat berhenti, bukan menunggu didongkrak.
- **B.** ✓ *Tow bar* dipasang dengan pin pengaman sebelum penarikan.
- **C.** ✗ Jebakan: daya dimatikan dan konektor dilepas pada konektornya, bukan menarik kabel.
- **D.** ✓ Kondisi dan kalibrasi diperiksa sebelum dipakai.
- **E.** ✓ Alat yang lewat jadwal diberi label dan dipisahkan.

Jawaban: B, D, dan E.

No. 25 Kunci: C, D, E

Konsep: Mur bermahkota dikencangkan dalam rentang momen. Pena belah dipasang bila alur sejajar dengan lubang baut di dalam rentang itu. Jika tidak sejajar, momen tidak boleh dikurangi atau dilampaui; yang diganti adalah ketebalan cincin, lalu pengencangan diulang.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: 205 in-lb melampaui batas atas 190 in-lb.
- **B.** ✗ Jebakan: 140 in-lb di bawah batas bawah 160 in-lb.
- **C.** ✓ 175 in-lb di dalam rentang dan alur sejajar.

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

- **D.** ✓ Mengganti cincin mengubah posisi mur sehingga alur dapat sejajar di dalam rentang.
- **E.** ✓ Naik bertahap dari batas bawah tanpa melewati batas atas.

Jawaban: C, D, dan E.

Latihan sub bab 5.1

No. 1 Kunci: 1B 2B 3S

Konsep: LED adalah dioda: hanya menyala bila dipasang dengan polaritas maju. Resistor seri membatasi arus: R = (V_sumber − V_LED) ÷ I_LED.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1 → Benar.** Tanpa resistor, arus LED tidak terbatas dan LED rusak.
- **Pernyataan 2 → Benar.** Tanpa pembatas, arus jauh melebihi 20 mA.
- **Pernyataan 3 → Salah.** Jebakan: LED adalah dioda; pada arus searah dengan polaritas terbalik LED tidak menghantar sehingga tidak menyala.

Jawaban: Benar, Benar, Salah.

Latihan sub bab 5.2

No. 1 Kunci: A, B, D

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

Konsep: Baterai asam timbal (elektrolit asam sulfat) dan Ni-Cd (elektrolit kalium hidroksida, basa) dirawat di ruang dan dengan alat terpisah agar tidak saling mencemari. Pengisian menghasilkan hidrogen sehingga ruang perlu ventilasi, dan elektrolit ditangani dengan APD.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✓ Asam dan basa saling menetralkan dan merusak sel baterai.
- **Pernyataan 2** ✓ Gas hidrogen dapat terkumpul dan meledak bila terkena percikan.
- **Pernyataan 3** ✗ Jebakan: sisa elektrolit tetap dapat terbawa; alat untuk kedua jenis baterai harus terpisah.
- **Pernyataan 4** ✓ Elektrolit asam dan basa sama-sama merusak mata dan kulit.
- **Pernyataan 5** ✗ Jenis baterai ditentukan data pesawat; sistem pengisian dan pemantauannya berbeda.

Jawaban: pernyataan 1, 2, 4.

No. 2 Kunci: B, C, D

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

Konsep: Beban listrik pesawat tersambung paralel pada bus sehingga arus totalnya jumlah arus setiap beban. Lama bertahan ideal baterai ≈ kapasitas (Ah) ÷ arus total (A). Load shedding mematikan beban yang tidak penting menurut kondisi terbang.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: 17 Ah ÷ 17 A = 1 jam, bukan 2 jam.
- **Pernyataan 2** ✓ 3 + 2 + 2,5 + 8 + 1,5 = 17 A.
- **Pernyataan 3** ✓ 17 − 8 − 1,5 = 7,5 A; aman karena siang hari dan cuaca cerah.
- **Pernyataan 4** ✓ 17 ÷ 7,5 ≈ 2,27 jam.
- **Pernyataan 5** ✗ Jebakan: 2,5 + 2 = 4,5 A, lebih kecil dari 8 + 1,5 = 9,5 A.

Jawaban: pernyataan 2, 3, 4.

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

Latihan sub bab 5.3

No. 1 Kunci: E

Konsep: ILS terdiri atas localizer (panduan arah kiri–kanan) dan glideslope (panduan sudut turun). Bila localizer normal, daya unit dan pemilihan frekuensi terbukti baik; gangguan glideslope dicari lebih dulu pada bagian yang hanya dipakai glideslope, yaitu antena dan kabelnya.

Langkah:

1. Localizer normal → daya unit, pemilihan frekuensi, dan antena localizer baik.
2. Bagian khusus glideslope: antena hidung + kabel koaksial → diperiksa pertama.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Antena localizer terbukti bekerja.
- **B.** ✗ Jebakan: mungkin akhirnya perlu, tetapi mahal dan belum tentu rusak; periksa bagian terpisah dulu.
- **C.** ✗ Localizer bekerja, jadi unit mendapat listrik.
- **D.** ✗ Jebakan: localizer dan glideslope dipancarkan antena darat yang berbeda; laporan satu pesawat tidak cukup alasan menyalahkan stasiun.
- **E.** ✓ Bagian yang hanya dipakai glideslope diperiksa lebih dulu.

Jawaban: E.

Latihan sub bab 5.4

No. 1 Kunci: E

Konsep: Tegangan kabel kendali disetel dengan memutar barrel turnbuckle sampai masuk rentang data rigging pada suhu saat itu. Setelah itu ulir terminal yang terlihat diperiksa (tanda keterlibatan ulir cukup) dan turnbuckle dikunci.

Langkah:

1. Suhu hanggar 30 °C → pakai rentang 38–44 lb (bukan 34–40 lb untuk 20 °C).
2. 36 lb < 38 lb → tegangan dinaikkan dengan memutar barrel.
3. Periksa ulir terlihat ≤ 3 di tiap ujung, lalu pasang safety clip.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: tegangan benar, tetapi ulir terminal tidak diperiksa sehingga keterlibatan ulir di dalam barrel belum terbukti.
- **B.** ✗ Jebakan: 46 lb di atas rentang; data rigging sudah memperhitungkan suhu.
- **C.** ✗ Jebakan: tegangan benar, tetapi 5 ulir terlihat berarti satu terminal kurang masuk ke barrel.
- **D.** ✗ Jebakan: 34–40 lb adalah rentang untuk 20 °C; pada suhu hanggar 30 °C rentangnya 38–44 lb, jadi 36 lb kurang.
- **E.** ✓ Memenuhi rentang tegangan, batas ulir, dan pengunci.

Jawaban: E.

No. 2 Kunci: B

Konsep: Sudut gerak permukaan kendali dibatasi stop utama di dekat permukaan; stop sekunder di kokpit menjadi cadangan dan tidak boleh menjadi pembatas. Setiap arah dinilai terhadap toleransinya sendiri.

Langkah:

1. Naik: 27° > 26° → di luar toleransi.
2. Turun: 19,5° di dalam 19°–21° → memenuhi.
3. Setel stop utama arah naik ke 24°–26°, lalu pastikan stop sekunder tidak tersentuh lebih dulu.

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

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: stop sekunder tidak boleh menjadi pembatas gerak.
- **B.** ✓ Menyetel stop yang benar pada arah yang melanggar.
- **C.** ✗ Jebakan: 19,5° masih dalam toleransi ±1°.
- **D.** ✗ Tegangan kabel tidak dipakai untuk membatasi sudut gerak.
- **E.** ✗ Setiap arah memiliki toleransi sendiri; tidak boleh saling menutupi.

Jawaban: B.

Latihan sub bab 5.5

No. 1 Kunci: C

Konsep: ASI membaca selisih tekanan pitot dan statis; altimeter dan VSI hanya memakai tekanan statis. Bila ASI saja yang terganggu dan altimeter/VSI normal, gangguan ada di saluran pitot. Penutup pitot saat parkir mencegah serangga bersarang.

Langkah:

1. Altimeter & VSI normal → saluran statis baik.
2. ASI nol → tekanan pitot tidak masuk; sesuai temuan sarang serangga.
3. Bersihkan, uji saluran pitot, pakai penutup pitot saat parkir.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Static port bersih dan altimeter normal.
- **B.** ✗ Jebakan: penutup pitot memang tepat, tetapi sarang yang menyumbat tidak dibuang sehingga ASI baru tetap tidak bekerja.
- **C.** ✓ Sesuai temuan dan mencegah kejadian berulang.
- **D.** ✗ ASI bekerja dengan tekanan udara, bukan giroskop vakum.
- **E.** ✗ Pemanas pitot untuk mencegah es, bukan penyebab sumbatan serangga; pitot yang dibiarkan terbuka justru memungkinkan serangga bersarang lagi.

Jawaban: C.

No. 2 Kunci: C

Konsep: Tanda warna ASI menunjukkan batas operasi: busur putih = rentang kecepatan dengan flap turun, busur hijau = rentang operasi normal, busur kuning = hati-hati (udara tenang saja), garis merah = kecepatan yang tidak boleh dilampaui. Tanda yang tidak sesuai data pesawat membuat instrumen tidak boleh dipasang.

Langkah:

1. Busur putih pada gambar: 40 sampai 100 knot (data: 40–85) → tidak sesuai.
2. Hijau 48–129, kuning 129–163, garis merah 163 → sesuai.
3. ASI tidak boleh dipasang.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Busur hijau pada gambar berakhir di 129 knot, sesuai data.
- **B.** ✗ Garis merah pada gambar di 163 knot, sesuai data.
- **C.** ✓ Busur putih berakhir di 100 knot, melewati 85 knot.
- **D.** ✗ Busur kuning pada gambar mulai di 129 knot, sesuai data.
- **E.** ✗ Jebakan: sekilas tampak lengkap, tetapi ujung busur putih tidak sesuai.

Jawaban: C.

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

Latihan sub bab 5.6

No. 1 Kunci: B

Konsep: Pengukur tekanan di beberapa titik membantu melokalisasi gangguan: tekanan normal sebelum suatu komponen tetapi turun tajam sesudahnya berarti hambatan berada di komponen itu.

Langkah:

1. G1 = 2.900 psi, mendekati 3.000 psi → pompa, relief valve, dan pasokan reservoir normal.
2. G2 = 1.200 psi → turun 1.700 psi di antara G1 dan G2.
3. Komponen di antara G1 dan G2 adalah filter → filter tersumbat.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Pompa aus membuat G1 juga rendah, padahal G1 hampir normal.
- **B.** ✓ Penurunan tekanan besar terjadi tepat di filter.
- **C.** ✗ Jebakan: relief valve yang terbuka menurunkan tekanan di G1 juga, karena letaknya sebelum G1.
- **D.** ✗ Jebakan: kebocoran aktuator tidak menjelaskan penurunan tajam antara G1 dan G2 yang letaknya sebelum aktuator.
- **E.** ✗ Pompa yang mengisap udara menghasilkan tekanan rendah dan berfluktuasi di G1.

Jawaban: B.

No. 2 Kunci: D

Konsep: Hukum Pascal: tekanan pada cairan tertutup diteruskan sama besar ke segala arah, sehingga $F_2 = F_1 \times A_2 \div A_1$.

Langkah:

1. Tekanan = $150 \div 2 = 75$ N/cm^2.
2. $F_2 = 75 \times 12 = 900$ N.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: perbandingan luas terbalik ($150 \times 2 \div 12$).
- **B.** ✗ Jebakan: menganggap gaya sama besar; yang sama adalah tekanannya.
- **C.** ✗ Jebakan: dikali 2 saja.
- **D.** ✓ Sesuai hukum Pascal.
- **E.** ✗ Jebakan: lupa membagi dengan luas master cylinder (150×12).

Jawaban: D.

Kuis Akhir Bab 5

No. 1 Kunci: 1S 2B 3B

Konsep: Bus esensial memisahkan beban penting dari beban lain sehingga beban penting tetap dipasok walau bus utama dimatikan. Saat alternator gagal, baterai harus melayani beban penting selama mungkin, sehingga beban yang tidak penting dilepas (*load shedding*).

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1 → Salah.** Jebakan: bus esensial justru dibuat untuk memisahkan beban penting.
- **Pernyataan 2 → Benar.** Beban penting tetap hidup meski bus utama diputus.
- **Pernyataan 3 → Benar.** Mengurangi beban memperpanjang daya tahan baterai.

Jawaban: Salah, Benar, Benar.

No. 2 Kunci: E

Konsep: Antena cambuk (*quarter-wave*) dibuat sepanjang seperempat panjang gelombang agar beresonansi pada frekuensi kerja.

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

Langkah:

1. $\lambda = 3 \times 10^8 \div 125 \times 10^6 = 2{,}4$ m.
2. Panjang antena = $\lambda \div 4 = 2{,}4 \div 4 = 0{,}6$ m.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: ini panjang gelombang penuh.
- **B.** ✗ Jebakan: ini setengah panjang gelombang ($\lambda \div 2$).
- **C.** ✗ Jebakan: ini seperdelapan panjang gelombang.
- **D.** ✗ Jebakan: dua kali panjang gelombang.
- **E.** ✓ $\lambda \div 4 = 0{,}6$ m.

Jawaban: E.

No. 3 Kunci: E

Konsep: Daya listrik $P = V \times I$.

Langkah:

1. $P = 28\text{ V} \times 5\text{ A} = 140$ W.
2. Cek: satuan volt kali ampere adalah watt.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: dibagi ($5 \div 28 \approx 0{,}18$).
- **B.** ✗ Jebakan: dibalik ($28 \div 5 = 5{,}6$).
- **C.** ✗ Jebakan: dijumlah ($28 + 5$).
- **D.** ✗ Jebakan: dikurang ($28 - 5$).
- **E.** ✓ $28 \times 5 = 140$ W.

Jawaban: E.

No. 4 Kunci: A, B, E

Konsep: ILS memberi panduan pendekatan presisi: *localizer* untuk arah lateral dan *glideslope* untuk jalur vertikal; keduanya dipancarkan terpisah dan jarumnya bergerak sendiri-sendiri. VOR memberi informasi arah (radial) dari stasiun darat, bukan ketinggian.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ *Localizer* = panduan lateral.
- **B.** ✓ *Glideslope* = panduan vertikal.
- **C.** ✗ Jebakan: kedua jarum independen; satu dapat normal sementara yang lain bermasalah.
- **D.** ✗ Jebakan: VOR tidak memberi ketinggian.
- **E.** ✓ VOR memberi radial dari stasiun.

Jawaban: A, B, dan E.

No. 5 Kunci: A

Konsep: Resistor pembatas menyerap selisih tegangan sumber dan tegangan LED agar arus LED tidak melebihi batas. Daya resistor dihitung dari arus kuadrat kali hambatan, dan resistor dipilih dengan daya lebih besar daripada hasil hitungan.

Langkah:

1. Tegangan pada resistor = $24 - 3{,}0 = 21$ V; $I = 15\text{ mA} = 0{,}015$ A.
2. $R = 21 \div 0{,}015 = 1.400\ \Omega = 1{,}4\ \text{k}\Omega$.
3. $P = 0{,}015^2 \times 1.400 = 0{,}000225 \times 1.400 = 0{,}315$ W.
4. Daya yang tersedia yang lebih besar dari 0,315 W adalah 0,5 W.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ 1,4 kΩ dan 0,5 W.
- **B.** ✗ Jebakan: hambatan benar, tetapi 0,25 W lebih kecil daripada 0,315 W sehingga resistor panas

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

berlebih.

- **C.** ✗ Jebakan: tegangan LED tidak dikurangkan (24 ÷ 0,015 = 1,6 kΩ).
- **D.** ✗ Jebakan: arus dipakai dalam mA tanpa dikonversi (21 ÷ 15 = 1,4 Ω).
- **E.** ✗ Jebakan: kesalahan satu angka desimal pada hambatan.

Jawaban: A.

No. 6 Kunci: B

Konsep: ELT memancarkan sinyal darurat yang dapat memicu operasi pencarian dan pertolongan. Uji ELT dilakukan singkat, pada waktu dan cara yang ditetapkan prosedur, lalu dimatikan agar tidak menimbulkan alarm palsu.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: lamanya uji tidak menjamin; yang diperlukan hanya uji singkat sesuai prosedur.
- **B.** ✓ Uji singkat sesuai prosedur mencegah pencarian palsu.
- **C.** ✗ Jebakan: sinyal dapat terpancar dan terdeteksi walau di dalam hanggar.
- **D.** ✗ ELT dapat diuji di darat menurut prosedur, bukan hanya saat terbang.
- **E.** ✗ ELT tidak harus menyala terus.

Jawaban: B.

No. 7 Kunci: B

Konsep: Rating CB dipilih lebih besar daripada arus kerja normal (agar tidak trip sendiri) dan lebih kecil daripada kemampuan arus kabel (agar kabel terlindungi). CB yang ratingnya melebihi kemampuan kabel tidak melindungi kabel dari panas.

Langkah:

1. Arus normal 6 A; batas kabel 10 A → rating harus di antara 6 A dan 10 A.
2. Di antara pilihan, hanya 7,5 A yang memenuhi.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: 5 A lebih kecil daripada arus normal sehingga CB sering trip.
- **B.** ✓ 7,5 A di antara arus normal dan batas kabel.
- **C.** ✗ Jebakan: 15 A melebihi batas kabel 10 A sehingga kabel dapat terbakar sebelum CB trip.
- **D.** ✗ 20 A jauh melebihi batas kabel.
- **E.** ✗ Menyeragamkan rating tanpa memperhatikan kabel membahayakan.

Jawaban: B.

No. 8 Kunci: D

Konsep: Hambatan paralel: $1/R = 1/R_1 + 1/R_2$, atau $R = (R_1 \times R_2) \div (R_1 + R_2)$ untuk dua resistor. Hambatan seri dijumlahkan. Arus total I = V ÷ R total.

Langkah:

1. Paralel: (6 × 3) ÷ (6 + 3) = 18 ÷ 9 = 2 Ω.
2. Total: 2 (seri) + 2 (paralel) = 4 Ω.
3. I = 24 ÷ 4 = 6 A.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: hanya resistor 2 Ω yang dihitung (24 ÷ 2).
- **B.** ✗ Jebakan: semua resistor dijumlah seperti seri (2 + 6 + 3 = 11 Ω; 24 ÷ 11 ≈ 2,2 A).
- **C.** ✗ Jebakan: hanya 3 Ω yang dipakai (24 ÷ 3).
- **D.** ✓ 24 ÷ 4 = 6 A.
- **E.** ✗ Jebakan: arus dianggap sama dengan tegangan.

Jawaban: D.

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

No. 9 Kunci: C

Konsep: Pada resistor empat gelang, dua gelang pertama menyatakan angka, gelang ketiga pengali (kelipatan sepuluh), dan gelang keempat toleransi.

Langkah:

1. Kuning = 4, ungu = 7 → 47.
2. Merah sebagai pengali = ×100 → 47 × 100 = 4.700 Ω = 4,7 kΩ.
3. Emas = ±5 %.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: pengali dilupakan (×1).
- **B.** ✗ Jebakan: pengali dibaca ×10, bukan ×100.
- **C.** ✓ 47 × 100 = 4,7 kΩ, toleransi ±5 %.
- **D.** ✗ Jebakan: pengali dibaca ×1.000.
- **E.** ✗ Jebakan: perak (±10 %) tertukar dengan emas (±5 %).

Jawaban: C.

No. 10 Kunci: 1B 2S 3B

Konsep: Baterai asam timbal memakai elektrolit asam, sedangkan baterai nikel-kadmium memakai elektrolit basa. Bila perlengkapan tertukar, asam dan basa dapat mencemari dan menetralkan elektrolit satu sama lain sehingga merusak baterai. Karena itu perlengkapan dan area perawatannya dipisahkan.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1 → Benar.** Asam sulfat dan kalium hidroksida.
- **Pernyataan 2 → Salah.** Jebakan: bergantian membawa sisa elektrolit sehingga mencemari baterai lain.
- **Pernyataan 3 → Benar.** Alat terpisah mencegah pencemaran silang.

Jawaban: Benar, Salah, Benar.

No. 11 Kunci: A, C, D

Konsep: Gerbang DAN (AND) bernilai 1 hanya bila semua masukannya 1. Di sini masukannya (bukan G) dan S. (bukan G) = 1 bila roda belum turun.

Tabel kebenaran:

G	S	bukan G	klakson
0	0	1	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	1	0	0

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ G = 0, S = 1 → klakson menyala.
- **B.** ✗ Jebakan: G = 1 membuat (bukan G) = 0 sehingga klakson mati.
- **C.** ✓ S = 0 membuat hasil DAN bernilai 0.
- **D.** ✓ G = 1 → (bukan G) = 0 → klakson mati untuk S berapa pun.
- **E.** ✗ Jebakan: itu logika ATAU (OR); rangkaian ini DAN.

Jawaban: A, C, dan D.

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

No. 12 Kunci: B, C, E

Konsep: Pada rangkaian paralel, setiap cabang mendapat tegangan sumber yang sama dan arus cabang tidak bergantung pada cabang lain. Bila satu cabang putus, arus cabang itu menjadi nol, tetapi cabang lain tidak berubah. Arus total adalah jumlah arus semua cabang.

Langkah:

1. $I_1 = 28 \div 14 = 2$ A; $I_2 = 28 \div 28 = 1$ A; $I_3 = 28 \div 28 = 1$ A.
2. Arus total semula = 2 + 1 + 1 = 4 A.
3. Setelah lampu 3 putus: 2 + 1 = 3 A; arus lampu 1 dan 2 tetap.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: 3 A adalah arus total sesudah lampu 3 putus.
- **B.** ✓ 2 + 1 + 1 = 4 A.
- **C.** ✓ Cabang lain tidak terpengaruh.
- **D.** ✗ Jebakan: tegangan paralel sama dengan sumber dan tidak turun.
- **E.** ✓ 2 + 1 = 3 A.

Jawaban: B, C, dan E.

No. 13 Kunci: A

Konsep: Gelombang VHF merambat lurus sehingga jarak komunikasinya dibatasi cakrawala radio. Jarak total adalah jumlah jarak cakrawala dari kedua antena: $d \approx 1{,}23 \times (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})$.

Langkah:

1. $\sqrt{2.500} = 50$ dan $\sqrt{100} = 10$.
2. $d \approx 1{,}23 \times (50 + 10) = 1{,}23 \times 60 = 73{,}8$ NM.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ $1{,}23 \times 60 = 73{,}8$ NM.
- **B.** ✗ Jebakan: hanya ketinggian pesawat yang dihitung ($1{,}23 \times 50 = 61{,}5$).
- **C.** ✗ Jebakan: hanya ketinggian menara yang dihitung ($1{,}23 \times 10 = 12{,}3$).
- **D.** ✗ Jebakan: ketinggian dijumlah lebih dulu sebelum diakarkan ($1{,}23 \times \sqrt{2.600} \approx 62{,}7$).
- **E.** ✗ Jebakan: 1,23 dikali 100 tanpa akar.

Jawaban: A.

No. 14 Kunci: E

Konsep: ASI menunjukkan selisih tekanan total (dari pitot) dan tekanan statis. Bila pitot tersumbat total dengan lubang buang juga tersumbat, tekanan totalnya terperangkap tetap, sedangkan tekanan statis terus menurun saat naik. Selisihnya membesar sehingga ASI bertingkah seperti altimeter: penunjukannya bertambah saat naik.

Langkah:

1. Tekanan total terperangkap (tetap).
2. Menanjak → tekanan statis menurun.
3. Selisih (total − statis) bertambah → ASI cenderung menunjuk lebih besar.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: nol terjadi bila lubang depan tersumbat tetapi lubang buang terbuka, bukan pada kasus ini.
- **B.** ✗ Penunjukan bukan turun; selisih tekanan justru membesar.
- **C.** ✗ ASI tidak lagi mengikuti kecepatan sebenarnya.
- **D.** ✗ Tekanan statis makin rendah saat naik, bukan makin tinggi.
- **E.** ✓ ASI cenderung menunjuk makin besar saat naik.

Jawaban: E.

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

No. 15 Kunci: A, D, E

Konsep: Penunjuk sikap dan penunjuk arah memakai giroskop (digerakkan vakum atau listrik). Penunjuk arah giroskopik perlahan menyimpang sehingga disetel terhadap kompas magnetik. *Turn coordinator* menunjukkan laju belok, dan kompas magnetik bekerja tanpa listrik.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ Giroskop menjaga referensi horizon.
- **B.** ✗ Jebakan: selisih pitot-static dipakai ASI, bukan penunjuk sikap.
- **C.** ✗ Jebakan: ketinggian ditunjukkan altimeter; *turn coordinator* menunjukkan laju dan kualitas belok.
- **D.** ✓ Penunjuk arah giroskopik menyimpang dan disetel ulang terhadap kompas magnetik.
- **E.** ✓ Kompas magnetik memakai medan magnet bumi, bukan listrik.

Jawaban: A, D, dan E.

No. 16 Kunci: C

Konsep: Pada tuas (*bellcrank*), gerak ujung lengan sebanding dengan panjang lengan, sedangkan gaya berbanding terbalik. Lengan keluaran yang lebih panjang menghasilkan gerak lebih besar tetapi gaya lebih kecil.

Langkah:

1. Perbandingan lengan = 15 ÷ 6 = 2,5.
2. Gerak keluaran = 4 × 2,5 = 10 cm.
3. Gaya keluaran = 200 ÷ 2,5 = 80 N.
4. Cek: gaya × gerak tetap (200 × 4 = 800; 80 × 10 = 800).

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: perbandingan lengan dibalik pada keduanya.
- **B.** ✗ Jebakan: dianggap tuas tidak mengubah apa pun.
- **C.** ✓ Gerak 10 cm dan gaya 80 N.
- **D.** ✗ Jebakan: gerak benar, tetapi gaya dikali 2,5 (seharusnya dibagi).
- **E.** ✗ Jebakan: gaya benar, tetapi gerak dibagi 2,5 (seharusnya dikali).

Jawaban: C.

No. 17 Kunci: A

Konsep: Tanda warna pada ASI: busur hijau = rentang operasi normal; busur putih = rentang pemakaian flap; busur kuning = rentang hati-hati (hanya di udara tenang); garis radial merah = kecepatan yang tidak boleh dilampaui.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ Busur hijau = rentang operasi normal.
- **B.** ✗ Itu busur putih.
- **C.** ✗ Itu busur kuning.
- **D.** ✗ Itu garis radial merah.
- **E.** ✗ Kecepatan roda pendarat memiliki batasnya sendiri dan tidak ditandai busur hijau.

Jawaban: A.

No. 18 Kunci: A, B, D

Konsep: *Turnbuckle* menyetel panjang dan tegangan kabel, lalu harus dikunci agar tidak berputar. Ulir yang terlihat di luar barel dibatasi menurut manual. Kabel diperiksa kondisinya (karat, benang kawat putus) dan jalurnya agar tidak tersangkut atau bergesekan.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ *Turnbuckle* dikunci setelah penyetelan.

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

- **B.** ✓ Ulir yang terlihat dibatasi manual.
- **C.** ✗ Jebakan: kabel yang rusak diganti walau tegangannya benar.
- **D.** ✓ Jalur kabel harus bebas dan tidak bergesekan.
- **E.** ✗ Jebakan: turnbuckle bukan penyambung untuk menambah panjang kabel secara bebas.

Jawaban: A, B, dan D.

No. 19 Kunci: D

Konsep: Tegangan kabel yang ditetapkan bergantung pada suhu sehingga acuan diambil sesuai suhu saat penyetelan. Untuk suhu di antara dua baris data dipakai interpolasi, lalu hasil ukur dibandingkan dengan acuan ± toleransi.

Langkah:

1. Suhu 25 °C di tengah antara 20 °C (32 kg) dan 30 °C (36 kg) → acuan = (32 + 36) ÷ 2 = 34 kg.
2. Batas: 34 − 2 = 32 kg sampai 34 + 2 = 36 kg.
3. Hasil 31 kg < 32 kg → kurang; kabel dikencangkan mendekati 34 kg.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: acuan diambil dari baris 20 °C, bukan 25 °C.
- **B.** ✗ Jebakan: acuan diambil dari baris 30 °C dan dikencangkan hingga batas atas, bukan nilai acuan.
- **C.** ✗ Jebakan: acuan benar, tetapi 31 kg di bawah batas bawah 32 kg.
- **D.** ✓ Acuan 34 kg, hasil di bawah batas, kabel dikencangkan.
- **E.** ✗ Jebakan: kabel yang terlalu kendur harus dikencangkan, bukan dikendurkan.

Jawaban: D.

No. 20 Kunci: 1B 2B 3S

Konsep: *Rigging* menyetel kabel dan hubungan mekanik agar kendali di kokpit dan permukaan kendali berada di posisi netral yang sama serta mencapai batas gerak (*travel*) sesuai manual. Tegangan kabel disetel menurut grafik suhu pada manual karena panjang kabel dan struktur berubah terhadap suhu.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1 → Benar.** *Inclinometer* atau templat mengukur sudut gerak.
- **Pernyataan 2 → Benar.** Mulai dari posisi netral agar gerak seimbang.
- **Pernyataan 3 → Salah.** Jebakan: suhu memengaruhi tegangan; manual menyediakan acuan menurut suhu.

Jawaban: Benar, Benar, Salah.

No. 21 Kunci: C

Konsep: Setiap sistem hidraulik dirancang untuk satu jenis fluida (mineral atau fosfat-ester); seal dan selang cocok hanya dengan jenis itu. Jenis berbeda tidak boleh dicampur. Fluida harus dari wadah baru bersegel karena fluida yang lama terbuka dapat menyerap uap air dan kotoran.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: warna mirip tidak menjamin jenis sama.
- **B.** ✗ Jebakan: campuran dapat merusak seal dan mengubah sifat fluida.
- **C.** ✓ Jenis dicek pada label dan manual, lalu wadah baru bersegel dengan jenis yang sama dipakai.
- **D.** ✗ Jebakan: wadah yang lama terbuka dapat terkontaminasi uap air dan kotoran.
- **E.** ✗ Oli mesin bukan fluida hidraulik dan merusak seal.

Jawaban: C.

No. 22 Kunci: C, D, E

Konsep: Kompas magnetik bekerja dengan medan magnet bumi, sehingga logam besi dan arus listrik di dekatnya dapat membelokkan jarumnya. Kesalahan dicatat pada kartu penyimpangan hasil *compass swing*, dan pemeriksaan diulang bila ada perubahan peralatan di sekitar kompas.

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

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: besi dan kabel arus besar menyimpangkan kompas.
- **B.** ✗ Jebakan: kompas sangat dipengaruhi medan magnet lain.
- **C.** ✓ Logam dan magnet disingkirkan saat pemeriksaan.
- **D.** ✓ Kartu penyimpangan dibuat dari *compass swing* dan dipasang di dekat kompas.
- **E.** ✓ Perubahan perangkat di dekat kompas dapat mengubah penyimpangan.

Jawaban: C, D, dan E.

No. 23 Kunci: B, D, E

Konsep: Akumulator menyimpan fluida bertekanan (dengan bantalan gas) sehingga meredam lonjakan tekanan dan menyediakan cadangan energi. Katup pelepas membuka bila tekanan melampaui batas untuk melindungi komponen. Filter menahan partikel yang dapat merusak katup, pompa, dan seal.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: akumulator memengaruhi tekanan dengan meredam lonjakan dan menyimpan energi.
- **B.** ✓ Meredam lonjakan dan menyimpan energi tekanan.
- **C.** ✗ Jebakan: katup pelepas membuka saat tekanan terlalu tinggi, bukan terlalu rendah.
- **D.** ✓ Membuka saat tekanan melampaui batas.
- **E.** ✓ Filter melindungi komponen dari partikel.

Jawaban: B, D, dan E.

No. 24 Kunci: D

Konsep: Udara tekan mengandung uap air yang dapat mengembun dan membeku di saluran bersuhu rendah, menyumbat katup, merusak seal, dan menimbulkan korosi. Karena itu udara dikeringkan dan disaring.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Udara kering tidak lebih berat; kekuatan ditentukan tekanan dan luas piston.
- **B.** ✗ Tekanan sistem lebih tinggi daripada atmosfer.
- **C.** ✗ Udara tidak menggantikan fluida hidraulik pada sistem lain.
- **D.** ✓ Uap air yang mengembun dan membeku menyumbat atau merusak komponen.
- **E.** ✗ Aktuator tetap memerlukan seal.

Jawaban: D.

No. 25 Kunci: B

Konsep: Hukum Pascal: tekanan pada fluida tertutup diteruskan sama ke segala arah: $F_1 \div A_1 = F_2 \div A_2$. Volume fluida yang dipindahkan sama pada kedua piston, sehingga gerak piston berbanding terbalik dengan luasnya.

Langkah:

1. Tekanan = 150 N ÷ 4 cm^2 = 37,5 N/cm^2.
2. F_2 = 37,5 × 80 = 3.000 N.
3. Perbandingan luas = 80 ÷ 4 = 20 → gerak piston besar = 20 cm ÷ 20 = 1 cm.
4. Cek energi: 150 N × 20 cm = 3.000 N·cm; 3.000 N × 1 cm = 3.000 N·cm.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: perbandingan luas dibalik.
- **B.** ✓ 3.000 N dan 1 cm.
- **C.** ✗ Jebakan: gaya benar, tetapi gerak sama besar (energi bertambah dua puluh kali).
- **D.** ✗ Jebakan: gaya dianggap tidak berubah.
- **E.** ✗ Jebakan: gaya dikali luas (150 × 80) tanpa membagi dengan 4.

Jawaban: B.

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

Simulasi 1 — Prediksi TKA 2026

No. 1 Kunci: B, C

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

Konsep: Kepala bentukan rivet pejal diperiksa diameter dan tingginya. Kurang dipukul: kepala kecil dan tinggi; terlalu banyak dipukul: kepala lebar dan pipih.

Langkah:

1. Diameter: 1,4 × 3,2 = 4,48 mm sampai 1,6 × 3,2 = 5,12 mm.
2. Tinggi minimal: 0,5 × 3,2 = 1,6 mm.
3. R1 ✗ (diameter), R2 ✓, R3 ✓, R4 ✗ (diameter dan tinggi).

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: tinggi memenuhi, tetapi diameter 4,3 mm < 4,48 mm.
- **Pernyataan 2** ✓ Diameter 4,8 di 4,48–5,12 mm; tinggi 1,6 = minimum.
- **Pernyataan 3** ✓ Diameter 5,0 dan tinggi 1,7 mm memenuhi.
- **Pernyataan 4** ✗ Diameter 5,3 > 5,12 mm dan tinggi 1,2 < 1,6 mm.
- **Pernyataan 5** ✗ Jebakan: keduanya memang ditolak, tetapi R1 (kecil, tinggi) kurang dipukul; hanya R4 yang terlalu banyak dipukul.

Jawaban: pernyataan 2, 3.

No. 2 Kunci: 1S 2B 3B

Konsep: 5R: Ringkas (pisahkan yang tidak diperlukan/rusak), Rapi (tiap barang punya tempat), Resik (bersih), Rawat (pertahankan standar), Rajin (biasakan). Di bengkel pesawat, alat rusak diberi tanda dan dikarantina agar tidak terpakai.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1 → Salah.** Jebakan: alat rusak di laci siap pakai tetap dapat terambil tanpa sengaja.
- **Pernyataan 2 → Benar.** Ringkas dan rawat: alat tidak layak dipisahkan dan ditandai.
- **Pernyataan 3 → Benar.** Rapi: setiap alat punya tempat sehingga kekosongan langsung terlihat.

Jawaban: Salah, Benar, Benar.

No. 3 Kunci: A, D, E

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

Konsep: Mesin jet yang hidup memiliki zona bahaya isapan di depan dan semburan di belakang; ukurannya bertambah sesuai daya. Personel tidak memasuki zona tanpa koordinasi dengan operator kokpit, dan area dibersihkan dari benda lepas sebelum uji.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✓ 15 m < 25 m (idle) dan < 60 m (takeoff).
- **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: aman saat idle, tetapi uji akan naik ke takeoff dengan radius 5 m.
- **Pernyataan 3** ✗ 50 m < 60 m, masih di dalam zona.
- **Pernyataan 4** ✓ Masuk zona bahaya hanya setelah koordinasi dan mesin aman.
- **Pernyataan 5** ✓ Semburan gas buang dapat melempar benda lepas.

Jawaban: pernyataan 1, 4, 5.

No. 4 Kunci: E

Konsep: Komunikasi dalam tim perawatan: sampaikan keberatan secara langsung dan sopan dengan merujuk dokumen kerja; bila tidak berhasil, naikkan ke atasan (eskalasi). Tekanan jadwal tidak boleh membuat langkah wajib dilewati.

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

Langkah:

1. Uji bocor wajib menurut kartu kerja.
2. Langkah pertama: ingatkan rekan; langkah kedua bila tidak berhasil: supervisor.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Tanggung jawab senior tidak menghapus kewajiban kartu kerja.
- **B.** ✗ Jebakan: uji bocor dilakukan, tetapi tanpa komunikasi; tim tidak tahu dan bisa terjadi salah paham soal status pesawat.
- **C.** ✗ Meninggalkan pekerjaan tidak menyelesaikan masalah dan merusak kerja tim.
- **D.** ✗ Jebakan: jujur mencatat, tetapi pesawat tetap dirilis tanpa uji wajib.
- **E.** ✓ Asertif, sopan, dan memakai jalur eskalasi yang tersedia.

Jawaban: E.

No. 5 Kunci: C

Konsep: Lubang untuk tap harus lebih kecil dari diameter nominal agar ada bahan yang dibentuk menjadi ulir. Untuk ulir metrik, diameter bor ≈ diameter nominal − kisar.

Langkah:

1. M6 × 1,0 → diameter nominal 6 mm, kisar 1,0 mm.
2. Diameter bor = 6 − 1,0 = 5,0 mm.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: dikurangi dua kali kisar; lubang terlalu kecil dan tap mudah patah.
- **B.** ✗ Lubang terlalu kecil; tap berat diputar dan mudah patah.
- **C.** ✓ Sesuai aturan praktis.
- **D.** ✗ Jebakan: dikurangi setengah kisar; ulir yang terbentuk dangkal dan lemah.
- **E.** ✗ Jebakan: sama dengan diameter nominal sehingga tidak ada bahan untuk ulir.

Jawaban: C.

No. 6 Kunci: D

Konsep: Flap menambah lengkungan (camber) dan kadang luas sayap sehingga koefisien lift naik: lift yang sama dapat dicapai pada kecepatan lebih rendah (kecepatan stall turun). Flap juga menambah drag sehingga sudut pendekatan dapat lebih curam.

Langkah:

1. Stall 52 → 44 knot dengan flap → lift yang dibutuhkan tercapai pada kecepatan lebih rendah.
2. Penyebab: lengkungan sayap bertambah.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Flap turun justru menambah lengkungan.
- **B.** ✗ Flap berada di sayap, bukan di ekor.
- **C.** ✗ Jebakan: lengkungan benar, tetapi flap menambah drag, bukan mengurangi.
- **D.** ✓ Sesuai data kecepatan stall.
- **E.** ✗ Jebakan: Bernoulli dibalik; tekanan bawah yang turun justru mengurangi lift.

Jawaban: D.

No. 7 Kunci: E

Konsep: Kekurangan tekanan (%) = (nominal − terukur) ÷ nominal × 100%. Setiap ban dinilai sendiri terhadap rentang tindakan di manual.

Langkah:

1. Hidung: 2 ÷ 50 = 4% → isi.
2. Kiri: 4 ÷ 50 = 8% → isi + cek 24 jam.
3. Kanan: 6 ÷ 50 = 12% → lepas untuk diperiksa.

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

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: menyamaratakan; ban kanan kurang 12% harus dilepas.
- **B.** ✗ Jebakan: kanan dianggap masih 5–10%, padahal 12%.
- **C.** ✗ Jebakan: ban kiri (8%) memerlukan pengecekan ulang 24 jam.
- **D.** ✗ Hidung hanya 4% dan kiri 8%; tindakannya terlalu berat dan tidak sesuai.
- **E.** ✓ Setiap ban sesuai rentangnya.

Jawaban: E.

No. 8 Kunci: A, C

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

Konsep: Hukum Newton I dan II pada pesawat: resultan gaya nol → kecepatan tetap (termasuk saat menanjak lurus beraturan); resultan tidak nol → pesawat dipercepat. Lift tumbuh seiring kecepatan, bukan muncul tiba-tiba saat roda lepas.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✓ Resultan gaya horizontal ke depan → percepatan.
- **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: kecepatan tetap (arah dan besar) berarti resultan gaya nol; pesawat naik karena arah geraknya miring ke atas.
- **Pernyataan 3** ✓ Hukum Newton I: kecepatan tetap → resultan nol.
- **Pernyataan 4** ✗ Lift sudah bertambah sejak pesawat melaju; pesawat terangkat ketika lift melebihi weight.
- **Pernyataan 5** ✗ Saat menanjak, thrust harus melawan drag dan sebagian weight, sehingga lebih besar dari drag.

Jawaban: pernyataan 1, 3.

No. 9 Kunci: C

Konsep: Kunci flare-nut (line wrench) berbentuk seperti kunci ring dengan celah sempit sehingga dapat dilewatkan pada pipa dan mencengkam lima sisi mur. Kunci pas hanya mencengkam dua sisi sehingga mur aluminium mudah membulat.

Langkah:

1. Syarat 1: lewat di pipa → kunci pas atau flare-nut.
2. Syarat 2: cengkaman banyak sisi → flare-nut.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Tang merusak sudut mur dan tidak dipakai pada mur.
- **B.** ✗ Rahang kunci inggris mudah longgar dan hanya mencengkam dua sisi.
- **C.** ✓ Memenuhi kedua syarat.
- **D.** ✗ Jebakan: dapat lewat di pipa, tetapi hanya mencengkam dua sisi sehingga mur aluminium mudah membulat.
- **E.** ✗ Memotong pipa merusak komponen yang masih baik.

Jawaban: C.

No. 10 Kunci: 1B 2S 3B

Konsep: Start mesin turbin gas: starter memutar kompresor untuk menyediakan udara → penyalaan dan bahan bakar → light-off → percepatan dibantu starter → starter dilepas setelah mesin dapat berputar sendiri (self-sustaining) → idle.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1 → Benar.** Tanpa aliran udara, bahan bakar terbakar tanpa pendinginan sehingga suhu melonjak.
- **Pernyataan 2 → Salah.** Jebakan: setelah light-off turbin belum mampu memutar kompresor sendiri;

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

starter dilepas setelah putaran swadaya (±50%).
• **Pernyataan 3 → Benar.** Bahan bakar yang menggenang dapat menyala tiba-tiba dan memicu hot start atau kebakaran.

Jawaban: Benar, Salah, Benar.

No. 11 Kunci: C, D

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

Konsep: Mur kunci-sendiri bersisipan nilon mengunci dengan gesekan sisipan. Kemampuannya dinilai dari momen hambat; tidak dipakai pada baut yang berputar atau di area bersuhu tinggi. Baut dipasang dengan kepala di atas/depan agar tetap di tempat bila mur lepas.

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: mur yang mudah diputar dengan jari justru kehilangan daya kuncinya.
• **Pernyataan 2** ✗ Mur kunci-sendiri tidak dipakai pada baut yang berputar karena gesekan merusak sisipan.
• **Pernyataan 3** ✓ Sesuai ketentuan manual pada kasus.
• **Pernyataan 4** ✓ Gravitasi menahan baut di tempat walau mur hilang.
• **Pernyataan 5** ✗ Sisipan nilon terbatas suhunya; di area panas dipakai mur kunci-sendiri logam.

Jawaban: pernyataan 3, 4.

No. 12 Kunci: B

Konsep: Telescoping gauge memindahkan ukuran lubang ke batang yang kemudian diukur mikrometer. Keausan membuat diameter dalam membesar; batas aus maksimum tidak boleh dilampaui.

Langkah:
1. Hasil 15,88 mm > batas aus 15,86 mm.
2. Bushing diganti.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Jebakan: batas untuk lubang aus adalah MAKSIMUM; melebihi ukuran baru justru tanda aus.
• **B.** ✓ Sesuai batas aus manual.
• **C.** ✗ Jebakan: batas tidak memberi kelonggaran walau selisihnya kecil.
• **D.** ✗ Jangka sorong 0,05 mm justru kurang teliti dibanding mikrometer 0,01 mm.
• **E.** ✗ Lubang yang longgar membuat engsel goyang dan aus lebih cepat.

Jawaban: B.

No. 13 Kunci: C

Konsep: Efisiensi bertahap dikalikan: daya keluar = daya masuk × η_1 × η_2. Menurut kekekalan energi, energi yang tidak menjadi keluaran berguna tidak hilang, melainkan berubah menjadi panas (gas buang, pendingin, gesekan) dan bentuk lain.

Langkah:
1. Daya poros = 300 × 30% = 90 kW.
2. Daya dorong = 90 × 80% = 72 kW.
3. Tidak menjadi daya dorong = 300 − 72 = 228 kW.

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

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: hanya menghitung kerugian baling-baling (90 − 72).
- **B.** ✗ Jebakan: hanya menghitung kerugian mesin (300 − 90).
- **C.** ✓ Seluruh energi masuk dikurangi daya dorong.
- **D.** ✗ Jebakan: efisiensi baling-baling dilupakan.
- **E.** ✗ Jebakan: hanya efisiensi 80% yang dipakai.

Jawaban: C.

No. 14 Kunci: A

Konsep: Penggaris segitiga 30°–60° yang ditempelkan pada penggaris T langsung menghasilkan garis 30° dan garis tegak 90°, yaitu sumbu-sumbu gambar isometrik.

Langkah:

1. Sumbu isometrik: tegak dan 30° kiri-kanan.
2. Segitiga 30°–60° + penggaris T → memberi keduanya tanpa mengukur.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ Cepat dan tepat untuk semua sumbu isometrik.
- **B.** ✗ Jebakan: segitiga 45° untuk gambar miring (oblique) atau sudut 45°, bukan 30°.
- **C.** ✗ Jebakan: dapat menghasilkan 30°, tetapi lambat dan rawan salah bila diukur ulang setiap garis.
- **D.** ✗ Kurva Prancis untuk lengkung tidak beraturan.
- **E.** ✗ Penggaris skala mengukur panjang, tidak menentukan sudut.

Jawaban: A.

No. 15 Kunci: A

Konsep: Konstruksi truss: beban dipikul rangka batang (pipa baja las), penutup kain hanya membentuk aerodinamika. Kelebihan: mudah diperbaiki dan diperiksa setelah kain dibuka. Kekurangan: kain lapuk oleh sinar UV dan cuaca, pipa dapat berkarat dari dalam terutama di udara lembap.

Langkah:

1. Truss = pipa baja + kain.
2. Parkir di luar + pantai lembap → UV merusak kain, kelembapan menyebabkan karat pipa.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ Sesuai bahan truss dan kondisi lingkungan pada kasus.
- **B.** ✗ Ciri monocoque, bukan truss.
- **C.** ✗ Truss ditutup kain, bukan kulit logam berkeling.
- **D.** ✗ Ciri konstruksi komposit sandwich.
- **E.** ✗ Jebakan: kain memang perlu dijaga, tetapi tidak memikul beban struktur utama.

Jawaban: A.

No. 16 Kunci: E

Konsep: Wheel ke kiri → aileron kiri naik, kanan turun. Column ditarik → elevator naik. Pedal kiri → trailing edge rudder ke kiri.

Langkah:

1. Penampang: aileron kiri naik, aileron kanan turun → wheel ke kiri.
2. Elevator naik → column ditarik.
3. Tampak atas: ujung belakang rudder bergeser ke sisi kiri → pedal kiri.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: wheel ke kanan akan menaikkan aileron kanan, bukan kiri.
- **B.** ✗ Jebakan: column didorong menurunkan elevator.

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

- **C.** ✗ Jebakan: pedal kanan menggerakkan rudder ke kanan.
- **D.** ✗ Ketiga masukan berlawanan dengan gambar.
- **E.** ✓ Ketiga masukan sesuai gambar.

Jawaban: E.

No. 17 Kunci: B, C, E

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

Konsep: Uji tegangan jatuh (voltage drop) dilakukan pada rangkaian berarus: voltmeter dipasang di kedua sisi komponen penghubung. Kontak baik bertegangan jatuh sangat kecil; nilai besar menunjukkan hambatan sambungan (korosi, longgar).

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: lampu redup justru karena tegangannya hanya 23,8 V, berkurang oleh tegangan jatuh di K5.
- **Pernyataan 2** ✓ Sambungan baik hanya bertegangan jatuh sangat kecil; 3,8 V tidak wajar.
- **Pernyataan 3** ✓ 0,1 V wajar untuk kontak yang baik.
- **Pernyataan 4** ✗ Arus lebih besar justru menambah tegangan jatuh di K5 dan panas di sambungan.
- **Pernyataan 5** ✓ Tegangan jatuh = arus × hambatan; tanpa arus, nilainya nol.

Jawaban: pernyataan 2, 3, 5.

No. 18 Kunci: A, B, D, E

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

Konsep: Dioda hanya menghantar pada bias maju (anoda lebih positif dari katoda) dengan tegangan jatuh kecil (±0,7 V untuk silikon). Dioda pemisah membuat sumber bertegangan tertinggi memasok bus tanpa mengalirkan arus balik ke sumber lain.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✓ Bus ±28 V lebih positif dari anoda D1 (24 V) → D1 bias mundur.
- **Pernyataan 2** ✓ Bus turun di bawah 24 V → D1 bias maju.
- **Pernyataan 3** ✗ Jebakan: dioda terbalik tidak menghantar berapa pun tegangan sumbernya (dalam batas kerja dioda).
- **Pernyataan 4** ✓ Itulah bias maju.
- **Pernyataan 5** ✓ Dioda silikon menjatuhkan sekitar 0,7 V saat menghantar.

Jawaban: pernyataan 1, 2, 4, 5.

No. 19 Kunci: B

Konsep: Paduan aluminium 2024 yang baru diperlakukan panas mengeras sendiri (pengerasan alami) pada suhu ruang. Pendinginan memperlambat pengerasan. Rivet yang sudah mengeras diberi perlakuan panas ulang sesuai prosedur atau tidak dipakai.

Langkah:

1. Kotak di suhu ruang sejak kemarin → rivet sudah mengeras → kepala retak.
2. Solusi: rivet lunak dari pendingin atau perlakuan panas ulang.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: pukulan lebih keras justru membuat rivet yang sudah keras makin retak.
- **B.** ✓ Mengembalikan sifat lunak atau memakai rivet yang masih lunak.
- **C.** ✗ Jebakan: rivet yang tidak retak pun sudah keras dan getas, serta lubang dapat rusak saat membongkar berulang.
- **D.** ✗ Jebakan: panas memang terkait, tetapi melunakkan kembali memerlukan perlakuan panas pada suhu dan waktu sesuai prosedur, bukan air panas.

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

• **E.** ✗ Jebakan: paduan pengganti memang ada, tetapi jenis rivet ditentukan data perbaikan; mengganti tanpa data tidak diizinkan.

Jawaban: B.

No. 20 Kunci: B, D, E

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

Konsep: Empennage: horizontal stabilizer (kestabilan pitch, dudukan elevator), vertical stabilizer (kestabilan yaw, dudukan rudder). Kerusakan akibat benturan diperiksa sampai ke spar, fitting, dan engsel, lalu permukaan kendali diuji gerak penuh.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: gaya benturan dapat merambat ke spar dan fitting; elevator yang berat menandakan kerusakan lain.
• **Pernyataan 2** ✓ Beban benturan disalurkan ke spar dan fitting dudukan.
• **Pernyataan 3** ✗ Elevator dan rudder memiliki sistem kabel terpisah.
• **Pernyataan 4** ✓ Engsel menentukan gerak bebas elevator.
• **Pernyataan 5** ✓ Uji gerak penuh menemukan gesekan atau hambatan.

Jawaban: pernyataan 2, 4, 5.

No. 21 Kunci: D

Konsep: Kabel kendali yang melewati puli mengalami lenturan berulang; kawat putus di bagian itu mudah menjalar sehingga tidak diizinkan. Penyebab di puli (aus, salah sejajar) juga diperiksa, tetapi kabelnya tetap diganti.

Langkah:

1. Bagian lurus: 1 kawat ≤ 3 → diizinkan.
2. Bagian di puli: 2 kawat → tidak diizinkan → kabel diganti.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: batas 3 kawat hanya berlaku untuk bagian lurus.
• **B.** ✗ Pelanggaran di puli tidak boleh ditunda.
• **C.** ✗ Memotong kawat tidak memulihkan kekuatan kabel.
• **D.** ✓ Sesuai syarat manual.
• **E.** ✗ Jebakan: puli memang perlu diperiksa, tetapi kabel yang kawatnya putus di puli tetap harus diganti.

Jawaban: D.

No. 22 Kunci: A

Konsep: Pada rangkaian paralel, arus total = jumlah arus cabang yang menyala. Mengubah sakelar suatu cabang lalu melihat perubahan arus total menunjukkan apakah cabang itu mengalirkan arus.

Langkah:

1. Gambar: S1 mengendalikan L1 dan L3; S2 mengendalikan L2. Normal (S1, S2 ON) = 3 A.
2. Terbaca 2 A → satu lampu tidak berarus.
3. S2 OFF tetap 2 A → cabang S2–L2 memang tidak mengalirkan arus → L2 atau S2 terputus; L1 dan L3 menyala (2 A).

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✓ Sesuai susunan rangkaian dan perubahan arus.
• **B.** ✗ Jebakan: cocok dengan pembacaan pertama (L2 + L3 = 2 A), tetapi bila L1 putus, mematikan S2 menurunkan arus menjadi 1 A.
• **C.** ✗ Jebakan: bila L3 putus, mematikan S2 juga menurunkan arus menjadi 1 A, bukan tetap 2 A.
• **D.** ✗ Bila L1 dan L3 putus, arus dengan kedua sakelar ON hanya 1 A.

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

• **E.** ✗ Jebakan: 3 A memang arus normal, tetapi pembacaan 2 A konsisten dengan satu cabang yang terputus.

Jawaban: A.

No. 23 Kunci: B

Konsep: Attitude dan heading indicator pada banyak pesawat latih digerakkan giroskop bertenaga vakum; turn coordinator bertenaga listrik; ASI dan altimeter memakai tekanan pitot-statik. Vakum di bawah rentang normal membuat giroskop berputar lambat sehingga instrumennya tidak stabil.

Langkah:

1. Yang terganggu: AI & HI (vakum). Yang normal: TC (listrik), ASI & altimeter (pitot-statik).
2. Giroskop vakum yang berputar lambat membuat instrumen bergoyang dan lambat → isapan vakum kurang (diperiksa dengan pengukur vakum).

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ ASI dan altimeter yang memakai pitot-statik justru normal.
• **B.** ✓ Sesuai kelompok instrumen yang terganggu dan gejala giroskop lambat.
• **C.** ✗ Jebakan: turn coordinator listrik normal, jadi sumber listrik baik.
• **D.** ✗ Heading indicator digerakkan giroskop, bukan kompas.
• **E.** ✗ Jebakan: giroskop yang berputar cepat justru kaku dan stabil; instrumen yang goyah dan keliru menunjukkan putaran giroskop kurang.

Jawaban: B.

No. 24 Kunci: 1B 2S 3S

Konsep: Radio komunikasi VHF (±118–137 MHz) merambat garis pandang: jangkauannya bertambah dengan ketinggian dan dapat terhalang bukit. Radio HF dipakai untuk jarak sangat jauh karena gelombangnya dipantulkan ionosfer.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1 → Benar.** VHF tidak dipantulkan ionosfer dan terhalang bukit.
• **Pernyataan 2 → Salah.** Jebakan: daya pemancar tetap; yang berubah adalah garis pandang ke menara yang tidak lagi terhalang.
• **Pernyataan 3 → Salah.** Untuk jarak sangat jauh dipakai HF yang dipantulkan ionosfer; VHF terbatas garis pandang.

Jawaban: Benar, Salah, Salah.

No. 25 Kunci: D

Konsep: Akumulator menyimpan cairan bertekanan dengan bantuan gas (nitrogen). Tanpa muatan gas, akumulator tidak menyimpan cairan sehingga setiap pemakaian kecil langsung menurunkan tekanan dan pompa menyala-mati sangat sering. Muatan awal diperiksa saat tekanan hidraulik nol.

Langkah:

1. Gejala: pompa sangat sering menyala-mati setiap pemakaian kecil, tanpa bocor cairan terlihat.
2. Artinya tidak ada cadangan cairan bertekanan → akumulator tidak berfungsi; penyebab tersering muatan nitrogen hilang.
3. Periksa muatan nitrogen saat tekanan hidraulik nol, isi ulang, dan cari kebocoran gasnya.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Pompa tidak berubah ukuran; gejala dimulai karena perubahan pada sistem.
• **B.** ✗ Jebakan: relief valve macet tertutup tidak membuat pompa sering mati-hidup; akumulator yang kosong menjelaskan gejala dan data.
• **C.** ✗ Ketinggian cairan reservoir tidak menyebabkan pompa sering menyala-mati.
• **D.** ✓ Sesuai gejala: tanpa muatan gas, akumulator tidak menyimpan cairan bertekanan.

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

• **E.** ✗ Jebakan: filter tersumbat menurunkan tekanan setelah filter, tidak membuat pompa menyala-mati tiap 3 detik.

Jawaban: D.

Simulasi 2 — Prediksi TKA 2026

No. 1 Kunci: A

Konsep: AD (Airworthiness Directive, CASR Part 39) wajib dipatuhi dalam batas waktunya; pesawat tidak boleh dioperasikan melewati batas itu. SB pabrikan bersifat anjuran kecuali diwajibkan. AD yang hanya sekali dan sudah dilaksanakan tidak diulang.

Langkah:
1. 1.196 + 5 = 1.201 jam > 1.200 jam → batas AD-1 terlampaui di tengah penerbangan.
2. AD-1 harus dilaksanakan sebelum penerbangan itu.
3. SB-7 anjuran; AD-2 sudah selesai.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✓ Batas akan terlampaui selama penerbangan berikutnya.
• **B.** ✗ Jebakan: hanya melihat jam saat ini tanpa menambahkan rencana 5 jam.
• **C.** ✗ SB bersifat anjuran kecuali diwajibkan AD.
• **D.** ✗ AD-2 berlaku sekali dan sudah dilaksanakan.
• **E.** ✗ AD wajib, tidak bergantung persetujuan pemilik.

Jawaban: A.

No. 2 Kunci: D

Konsep: Goresan dan takik pada logam adalah pemusat tegangan yang dapat menjadi awal retak, terutama di daerah tekukan. Garis pada bagian yang tetap dipakai ditandai dengan pensil lunak atau spidol; penggores hanya pada bagian yang akan dibuang.

Langkah:
1. Garis tekuk tetap ada dan menerima beban → tidak boleh digores.
2. Gunakan pensil lunak/spidol.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Ketelitian tidak sebanding dengan risiko retak.
• **B.** ✗ Jebakan: goresan dangkal tetap pemusat tegangan.
• **C.** ✗ Amplas kasar justru menambah goresan dan menipiskan pelat.
• **D.** ✓ Garis tetap jelas tanpa merusak permukaan yang menerima beban.
• **E.** ✗ Titik-titik penitik juga takik pemusat tegangan.

Jawaban: D.

No. 3 Kunci: A, D

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

Konsep: Keselamatan bor: kunci chuck dilepas, benda kerja dijepit, kacamata pelindung dipakai, sarung tangan kain dan pakaian longgar dihindari di dekat benda berputar, dan pengeboran dimulai pelan pada titik yang sudah ditandai.

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

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✓ Kunci yang tertinggal dapat terlempar saat chuck berputar.
- **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: sarung tangan kain dapat tersangkut mata bor dan menarik tangan.
- **Pernyataan 3** ✗ Pelat kecil dapat ikut berputar (helikopter) bila mata bor tersangkut.
- **Pernyataan 4** ✓ Benda kerja tidak ikut berputar dan mata terlindung dari serpihan.
- **Pernyataan 5** ✗ Mata bor justru lebih mudah meleset; mulai pelan pada titik yang sudah dipenitik.

Jawaban: pernyataan 1, 4.

No. 4 Kunci: B, C

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

Konsep: Faktor manusia (human factors) dalam perawatan, misalnya rasa puas diri (complacency) dan norma kelompok yang keliru, dapat membuat langkah wajib terlewat. Pekerjaan mengacu pada data perawatan revisi terbaru; temuan dikaji penyebabnya untuk perbaikan sistem, dan pekerjaan yang terdampak diperiksa ulang.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: "tidak pernah bermasalah" justru membuat tim tidak tahu ada perubahan data; uji fungsi tidak memeriksa momen dan bearing.
- **Pernyataan 2** ✓ Dua dari "dirty dozen" faktor manusia.
- **Pernyataan 3** ✓ Data perawatan dapat berubah; revisi terbaru yang berlaku.
- **Pernyataan 4** ✗ Jebakan: budaya pelaporan yang adil tetap mengkaji penyebab (faktor manusia, sistem dokumen) untuk perbaikan, bukan langsung menghukum.
- **Pernyataan 5** ✗ Jebakan: momen berlebih dapat merusak bearing, dan langkah pemeriksaan bearing belum dilakukan; roda harus diperiksa ulang.

Jawaban: pernyataan 2, 3.

No. 5 Kunci: B

Konsep: Kebakaran peralatan listrik: putuskan sumber listrik, lalu padamkan dengan bahan yang tidak menghantar listrik dan tidak meninggalkan residu, seperti CO_2. Air dan busa menghantar listrik dan merusak peralatan elektronik.

Langkah:

1. Sumber energi: daya GPU → diputus.
2. Bahan pemadam: CO_2 (tidak menghantar listrik, tanpa residu).

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Air menghantar listrik saat daya masih tersambung.
- **B.** ✓ Sumber energi diputus dan bahan pemadam sesuai.
- **C.** ✗ Busa mengandung air sehingga menghantar listrik; daya juga belum diputus.
- **D.** ✗ Daya tidak padam sendiri; api dapat terus membesar.
- **E.** ✗ Jebakan: daya sudah diputus, tetapi air merusak peralatan elektronik dan tidak diperlukan.

Jawaban: B.

No. 6 Kunci: E

Konsep: Lubang pemeriksa (witness/inspection hole) memastikan ulir rod end masuk cukup dalam ke batang dorong. Bila kawat masih dapat masuk, ulir belum mencapai lubang sehingga keterlibatan ulir kurang dan sambungan dapat lepas.

Langkah:

1. Kawat masuk → ulir belum melewati lubang → keterlibatan ulir kurang.
2. Rod end harus masuk lebih dalam (bila perlu penyetelan dibagi ke ujung lain).
3. Panjang batang berubah → rigging diuji ulang.

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

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: jam nut yang kencang tidak menambah panjang ulir yang terlibat.
• **B.** ✗ Jebakan: tafsiran terbalik; kawat yang masuk berarti ulir belum mencapai lubang.
• **C.** ✗ Jebakan: diputar keluar justru mengurangi ulir yang terlibat; kawat makin mudah masuk.
• **D.** ✗ Jebakan: arah putaran dan pengunci benar, tetapi panjang batang berubah sehingga rigging aileron harus diuji ulang sebelum rilis.
• **E.** ✓ Keterlibatan ulir memenuhi syarat dan perubahan panjang diperiksa lewat uji rigging.

Jawaban: E.

No. 7 Kunci: E

Konsep: Kerja panas (las, gerinda) di sekitar bahan bakar memerlukan izin kerja panas, area bebas bahan mudah terbakar, alat pemadam, dan penjaga api. Bila benda kerja dapat dipindahkan, pekerjaan dilakukan di bengkel las yang terpisah dari pesawat.

Langkah:

1. Hanggar berisi uap bahan bakar (panel tangki terbuka) → sumber bahaya.
2. Troli dapat dipindahkan → kerjakan di bengkel las dengan izin dan penjaga api.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: izin dan tirai las baik, tetapi percikan masih berada di ruang yang sama dengan uap bahan bakar.
• **B.** ✗ Jebakan: izin dan APAR tidak menghilangkan sumber api di dekat bahan bakar.
• **C.** ✗ Jebakan: penjaga api dan ventilasi membantu, tetapi uap bahan bakar tetap ada di sekitar pesawat.
• **D.** ✗ Jebakan: tangki tertutup mengurangi uap, tetapi bahan bakar tetap ada di pesawat di hanggar yang sama.
• **E.** ✓ Benda kerja dapat dipindahkan, sehingga sumber api dijauhkan dari bahan bakar sekaligus prosedur kerja panas dipenuhi.

Jawaban: E.

No. 8 Kunci: B

Konsep: Mesin empat langkah: hisap, kompresi, usaha, buang dalam dua putaran poros engkol. Setiap silinder mengalami satu langkah usaha setiap dua putaran.

Langkah:

1. Langkah usaha silinder 1 = 2.400 ÷ 2 = 1.200 kali per menit.
2. Setiap busi di silinder itu memercik sekali per langkah usaha → 1.200 kali.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: dibagi lagi dengan jumlah silinder.
• **B.** ✓ Satu percikan per dua putaran.
• **C.** ✗ Jebakan: menganggap satu percikan setiap putaran (seperti mesin dua langkah).
• **D.** ✗ Jebakan: dikalikan dua busi, padahal yang ditanya satu busi.
• **E.** ✗ Jebakan: dikalikan empat silinder, padahal yang ditanya satu busi di satu silinder.

Jawaban: B.

No. 9 Kunci: D

Konsep: Sumber daya darat harus sesuai jenis dan besar tegangan pesawat, mampu memberi arus yang diperlukan, dan tidak melebihi batas arus yang diizinkan.

Langkah:

1. 28 V DC: G2, G3, G4, G5.

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

2. Arus ≥ 400 A: G3, G4, G5.
3. Pembatas ada dan ≤ 800 A: hanya G4.

Analisis setiap opsi:
• **A.** ✗ Keluaran AC 115 V tidak sesuai sistem 28 V DC.
• **B.** ✗ Jebakan: tegangan sesuai, tetapi 300 A kurang dari 400 A.
• **C.** ✗ Jebakan: tegangan dan arus memenuhi, tetapi pembatasnya disetel 900 A, melebihi 800 A.
• **D.** ✓ Memenuhi ketiga syarat.
• **E.** ✗ Jebakan: tegangan dan arus memenuhi, tetapi tanpa pembatas arus starter dapat menerima arus berlebih.

Jawaban: D.

No. 10 Kunci: 1S 2B 3S

Konsep: Weight lebih besar memerlukan lift lebih besar sehingga kecepatan lepas landas lebih tinggi. Dengan thrust yang sama, massa lebih besar membuat percepatan lebih kecil (Newton II), sehingga jarak lepas landas lebih panjang.

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1 → Salah.** Jebakan: lift yang diperlukan bergantung pada weight, bukan landasan; weight siang lebih besar.
• **Pernyataan 2 → Benar.** a = F ÷ m; massa lebih besar → percepatan lebih kecil.
• **Pernyataan 3 → Salah.** Jebakan: lift yang lebih besar memerlukan kecepatan lebih tinggi; tekanan roda tidak membantu terangkat.

Jawaban: Salah, Benar, Salah.

No. 11 Kunci: 1S 2B 3B

Konsep: ELT memancarkan sinyal darurat (termasuk ke satelit) dan aktif otomatis karena benturan melalui G-switch. Aktivasi tak sengaja harus segera dihentikan sesuai prosedur dan dilaporkan agar tidak memicu operasi SAR.

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1 → Salah.** Jebakan: sinyal sudah terpancar dan mungkin diterima satelit atau menara; pelaporan mencegah pencarian yang tidak perlu.
• **Pernyataan 2 → Benar.** ELT dirancang aktif sendiri pada benturan kecelakaan.
• **Pernyataan 3 → Benar.** Laporan mencegah pencarian yang tidak perlu.

Jawaban: Salah, Benar, Benar.

No. 12 Kunci: 1B 2S 3S

Konsep: Gerbang NOT (inverter) membalik logika: masukan 1 → keluaran 0, masukan 0 → keluaran 1. Rancangan peringatan yang baik membuat kerusakan kabel memunculkan peringatan, bukan menyembunyikannya.

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1 → Benar.** Pintu terbuka (0) → lampu menyala (1); pintu tertutup (1) → lampu padam (0).
• **Pernyataan 2 → Salah.** Jebakan: masukan 0 → keluaran NOT 1, jadi lampu justru menyala; kerusakan ini memunculkan peringatan.
• **Pernyataan 3 → Salah.** Masukan 1 → keluaran NOT 0 → lampu padam.

Jawaban: Benar, Salah, Salah.

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

No. 13 Kunci: A

Konsep: Gambar potongan memperlihatkan benda seolah dipotong pada bidang potong. Bagian pejal yang terkena bidang potong diarsir; rongga (lubang) tidak diarsir. Tepi yang semula tersembunyi menjadi tampak sehingga digambar garis tebal, bukan putus-putus.

Langkah:

1. Bidang A–A melalui sumbu → bus terbelah dua, flens dan badan terpotong.
2. Bahan pejal: flens dan dinding badan di atas dan di bawah lubang → diarsir.
3. Lubang Ø12 → tidak diarsir. Gambar P memenuhi.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ Bahan pejal diarsir dan lubang dibiarkan kosong.
- **B.** ✗ Jebakan: lubang ikut diarsir seolah benda pejal.
- **C.** ✗ Jebakan: ini pandangan biasa dengan garis tersembunyi, bukan gambar potongan.
- **D.** ✗ Jebakan: dinding badan juga terpotong sehingga harus diarsir, bukan hanya flens.
- **E.** ✗ Jebakan: arsiran terbalik; rongga diarsir dan bahan dibiarkan kosong.

Jawaban: A.

No. 14 Kunci: B

Konsep: Tekanan gas dalam botol tertutup naik-turun mengikuti suhu, sehingga batas minimum botol nitrogen darurat ditetapkan menurut suhu saat pemeriksaan. Sistem darurat dinilai sendiri karena dipakai justru saat sistem utama gagal; pengisian memakai gas yang ditentukan manual.

Langkah:

1. Suhu saat diperiksa 15 °C → batas minimum 2.550 psi.
2. 2.600 psi ≥ 2.550 psi → memenuhi; botol diterima.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: 2.700 psi adalah batas untuk 30 °C, bukan 15 °C.
- **B.** ✓ Memakai batas yang sesuai suhu saat pemeriksaan.
- **C.** ✗ Jebakan: mengisi melebihi ketentuan dapat melampaui tekanan maksimum saat suhu naik.
- **D.** ✗ Udara bengkel mengandung uap air dan oksigen; manual menetapkan nitrogen.
- **E.** ✗ Jebakan: keputusannya kebetulan benar, tetapi alasannya salah; sistem darurat dinilai sendiri.

Jawaban: B.

No. 15 Kunci: A

Konsep: Magnesium paling anodik di antara logam pesawat sehingga mudah terkorosi, terutama bila bersentuhan dengan logam lain (perlu penyekat). Serbuknya mudah terbakar; nyala magnesium tidak boleh disiram air dan dipadamkan dengan pemadam serbuk khusus logam.

Langkah:

1. Hindari sikat baja (serpihan memicu korosi galvanik).
2. Serbuk dikumpulkan dan dibuang sebagai limbah berbahaya.
3. Siapkan pemadam serbuk khusus logam.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ Aman terhadap korosi galvanik dan kebakaran serbuk.
- **B.** ✗ Serpihan baja memicu korosi galvanik, air berbahaya bagi magnesium, dan CO_2 tidak efektif untuk api logam.
- **C.** ✗ Jebakan: sikat sudah benar, tetapi serbuk magnesium tidak dibuang ke saluran dan CO_2 tidak efektif untuk api logam.
- **D.** ✗ Jebakan: penanganan serbuk dan pemadam benar, tetapi serpihan sikat baja tertanam dan memicu korosi galvanik.

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

• **E. ✗** Jebakan: pembersihan benar, tetapi kontak langsung baja–magnesium memicu korosi baru; diperlukan penyekat.

Jawaban: A.

No. 16 Kunci: A, C, D

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

Konsep: Kompresor yang kotor menurunkan efisiensi mesin turbin gas: untuk daya yang sama diperlukan lebih banyak bahan bakar sehingga suhu gas (ITT/EGT) naik. Pencucian kompresor memulihkan sebagian efisiensi. Pemantauan tren mendeteksi penurunan kinerja lebih awal.

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1 ✓** Kompresor kotor menekan udara kurang efisien sehingga perlu bahan bakar lebih banyak.
• **Pernyataan 2 ✗** Jebakan: ITT naik berarti gas makin panas, bukan makin dingin.
• **Pernyataan 3 ✓** Setelah dicuci, ITT turun dari 707 ke 692 °C.
• **Pernyataan 4 ✓** Tren memberi peringatan dini.
• **Pernyataan 5 ✗** Penurunan 15 °C dari Mei jelas berpengaruh; selisih kecil dengan Maret wajar.

Jawaban: pernyataan 1, 3, 4.

No. 17 Kunci: A, B, D

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

Konsep: Truss: rangka batang, murah, mudah diperbaiki. Monocoque: kulit memikul beban, tanpa rangka dalam, cocok untuk benda kecil berbentuk halus. Semi-monocoque: kulit + stringer + longeron + frame, toleran kerusakan, dipakai pada pesawat bertekanan kabin.

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1 ✓** Truss murah dan mudah diperbaiki.
• **Pernyataan 2 ✓** Pembagian beban membuat struktur toleran terhadap kerusakan dan kuat menahan tekanan kabin.
• **Pernyataan 3 ✗** Jebakan: rangka batang berpenutup kain tidak dapat menahan tekanan kabin.
• **Pernyataan 4 ✓** Ciri monocoque: kulit pemikul beban; cocok untuk benda kecil.
• **Pernyataan 5 ✗** Jebakan: stringer, longeron, dan frame menambah bagian; untuk badan kecil, kulit pemikul beban (monocoque) lebih ringan.

Jawaban: pernyataan 1, 2, 4.

No. 18 Kunci: C, D

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

Konsep: Stall terjadi bila sudut serang melewati sudut kritis sehingga aliran terlepas dari permukaan atas sayap. Saat sudut serang naik, titik stagnasi di leading edge bergeser ke bawah; sakelar lidah di leading edge mendeteksinya dan membunyikan klakson sebelum stall.

Analisis setiap pernyataan:
• **Pernyataan 1 ✗** Jebakan: sakelar ini bekerja karena perubahan aliran akibat sudut serang, bukan membaca kecepatan.
• **Pernyataan 2 ✗** Posisi bawah adalah posisi normal; klakson berbunyi bila lidah terdorong ke atas.
• **Pernyataan 3 ✓** Itulah pengertian stall.
• **Pernyataan 4 ✓** Meniru dorongan udara pada sudut serang tinggi.
• **Pernyataan 5 ✗** Lidah berada di leading edge, tempat titik stagnasi bergeser.

Jawaban: pernyataan 3, 4.

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

No. 19 Kunci: E

Konsep: Hukum Newton III: baling-baling memberi gaya pada udara ke belakang (aksi), udara memberi gaya yang sama besar ke depan pada baling-baling (reaksi), yaitu gaya dorong.

Langkah:

1. Aksi: udara dipercepat ke belakang.
2. Reaksi: baling-baling dan pesawat terdorong ke depan.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Tidak terbentuk ruang hampa; yang terjadi adalah percepatan udara.
- **B.** ✗ Jebakan: gaya timbul karena udara dipercepat, bukan karena udara di belakang diam seperti dinding.
- **C.** ✗ Putaran tidak menambah berat.
- **D.** ✗ Drag tetap ada dan diimbangi gaya dorong.
- **E.** ✓ Sesuai Hukum Newton III.

Jawaban: E.

No. 20 Kunci: C

Konsep: Penggaris T bertumpu pada satu sisi acuan meja untuk semua garis mendatar; garis tegak dan miring dibuat dengan penggaris segitiga yang ditempelkan pada penggaris T sehingga semua garis mengacu pada sisi yang sama.

Langkah:

1. Masalah: dua sisi acuan berbeda yang tidak siku.
2. Solusi: satu sisi acuan + segitiga untuk garis tegak.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Koreksi tiap garis lambat dan tetap tidak teliti.
- **B.** ✗ Garis tangan bebas tidak tegak lurus dan tidak rapi.
- **C.** ✓ Semua garis mengacu pada satu sisi sehingga tegak lurus.
- **D.** ✗ Kurva Prancis untuk lengkung tidak beraturan.
- **E.** ✗ Jebakan: tampak cerdik, tetapi kertas yang diputar tangan jarang tepat 90°.

Jawaban: C.

No. 21 Kunci: C

Konsep: Pada sistem AWG, makin besar angkanya makin kecil penampang kabel dan makin kecil kemampuan arusnya. Kabel dipilih yang kemampuan arusnya ≥ arus beban dengan bobot paling ringan.

Langkah:

1. Kemampuan ≥ 12 A: AWG 16 (13 A), 14 (17 A), 12 (23 A).
2. Paling kecil (ringan) di antaranya: AWG 16.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Memenuhi arus, tetapi paling berat.
- **B.** ✗ Jebakan: memberi cadangan lebih, tetapi bukan yang paling ringan sesuai syarat.
- **C.** ✓ Kabel terkecil yang masih mampu 12 A.
- **D.** ✗ Jebakan: 10 A kurang dari 12 A.
- **E.** ✗ Jebakan: angka terbesar dikira kabel terbesar, padahal hanya 7,5 A.

Jawaban: C.

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

No. 22 Kunci: B, D, E

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

Konsep: Multimeter analog: nilai = angka skala × (rentang ÷ angka penuh skala). Rentang dipilih yang terkecil namun masih di atas nilai yang diukur agar jarum menyimpang jauh. Bila belum diketahui, mulai dari rentang tertinggi. Baca tegak lurus untuk menghindari paralaks.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: tegangan 28 V jauh melebihi rentang 10 V; jarum mentok dan alat dapat rusak.
• **Pernyataan 2** ✓ 5,6 × 5 = 28 V.
• **Pernyataan 3** ✗ Paralaks: mata harus tegak lurus (cermin skala membantu).
• **Pernyataan 4** ✓ Mencegah jarum mentok dan alat rusak.
• **Pernyataan 5** ✓ Pada DCV 250, 28 V hanya ±11% skala sehingga sulit dibaca teliti.

Jawaban: pernyataan 2, 4, 5.

No. 23 Kunci: A, E

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

Konsep: Rivet pejal dipakai bila kedua sisi dapat dijangkau; rivet buta bila hanya satu sisi yang dapat dijangkau; pengencang putar seperempat (Camloc, Dzus) untuk panel yang sering dibuka seperti cowling.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1** ✓ Rivet buta dipasang dan dibentuk dari satu sisi.
• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: bucking bar harus menahan dari sisi belakang, yang tidak dapat dijangkau.
• **Pernyataan 3** ✗ Jebakan: rapat memang perlu, tetapi rivet buta permanen sedangkan cowling harus sering dibuka.
• **Pernyataan 4** ✗ Kulit sayap struktural tidak dibuka-tutup; rivet pejal pengganti dipakai sesuai aslinya.
• **Pernyataan 5** ✓ Cocok untuk panel yang sering dibuka.

Jawaban: pernyataan 1, 5.

No. 24 Kunci: D

Konsep: Spoiler yang terangkat merusak aliran di permukaan atas sayap sehingga lift turun drastis dan drag naik. Berat pesawat berpindah ke roda sehingga rem roda lebih efektif.

Langkah:

1. Spoiler naik → lift turun, drag naik.
2. Lift turun → beban pada roda naik → gaya gesek rem lebih besar.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Spoiler justru mengurangi lift.
• **B.** ✗ Jebakan: itu fungsi thrust reverser, bukan spoiler.
• **C.** ✗ Spoiler simetris di kedua sayap tidak menggerakkan aileron.
• **D.** ✓ Lift turun dan beban roda naik sehingga rem bekerja efektif.
• **E.** ✗ Jebakan: spoiler menambah drag, bukan menurunkannya.

Jawaban: D.

No. 25 Kunci: C

Konsep: Pembacaan mikrometer = milimeter penuh pada selongsong + 0,5 mm (bila garis setengah milimeter sesudahnya tampak) + angka thimble yang segaris dengan garis acuan × 0,01 mm.

Langkah:

1. Garis milimeter terakhir yang tampak: 7 → 7,00 mm.

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

2. Garis setengah milimeter sesudah 7 tampak → +0,50 mm.
3. Thimble 38 segaris → +0,38 mm → 7,88 mm < 7,90 mm → diganti.

Analisis setiap opsi:
- **A.** ✗ Jebakan: garis setengah milimeter tidak dihitung.
- **B.** ✗ Jebakan: pembacaan benar, tetapi batas minimum tidak memberi toleransi.
- **C.** ✓ Pembacaan dan keputusan benar.
- **D.** ✗ Jebakan: tepi thimble dianggap sudah melewati 8 mm, dan setengah milimeter terlewat.
- **E.** ✗ Jebakan: tepi thimble dianggap sudah melewati 8 mm.

Jawaban: C.

Simulasi 3 — Prediksi TKA 2026

No. 1 Kunci: A

Konsep: Sayap bertopang strut: strut ikut memikul beban sehingga spar dan sayap dapat lebih ringan, tetapi strut menambah drag. Sayap cantilever: tanpa penopang luar (drag lebih kecil), tetapi spar harus kuat memikul seluruh beban lentur sehingga lebih berat.

Langkah:
1. P: beban dibagi spar dan strut → sayap dapat lebih ringan; strut di aliran udara → drag.
2. Q: spar memikul semua beban → spar lebih besar; tanpa strut → drag lebih kecil.

Analisis setiap opsi:
- **A.** ✓ Kelebihan dan kekurangan sesuai.
- **B.** ✗ Jebakan: terbalik; strut justru menambah drag.
- **C.** ✗ Sayap bertopang tetap memiliki spar.
- **D.** ✗ Jebakan: tanpa strut, spar justru harus lebih besar.
- **E.** ✗ Spar ada di dalam sayap dan tidak menambah drag.

Jawaban: A.

No. 2 Kunci: D

Konsep: Shock strut (oleo) menyerap energi benturan dengan cairan dan gas nitrogen. Panjang strut terlihat bergantung pada berat pesawat; nilai benar dibaca pada baris berat yang sesuai.

Langkah:
1. Berat 1.050 kg → baris 1.000–1.099 kg → 62–72 mm.
2. 55 mm < 62 mm → strut kurang → diservis.

Analisis setiap opsi:
- **A.** ✗ Jebakan: memakai baris berat 1.100–1.200 kg.
- **B.** ✗ Strut yang kurang mengurangi kemampuan menyerap benturan.
- **C.** ✗ Jebakan: 80 mm melebihi rentang berat ini; menambah gas tanpa prosedur juga salah.
- **D.** ✓ Sesuai tabel dan manual.
- **E.** ✗ Menambah bahan bakar membuat pesawat lebih berat dan strut makin turun; masalah tidak terselesaikan.

Jawaban: D.

No. 3 Kunci: B, C, E

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

Konsep: Kerja di ketinggian: stand stabil dan roda terkunci, pagar pengaman terpasang atau harness dikaitkan ke titik tambat, alat diamankan agar tidak jatuh, dan permukaan pijakan kering serta tidak licin.

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

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: singkat bukan alasan; risiko jatuh tetap ada.
- **Pernyataan 2** ✓ Stand yang bergeser dapat menjatuhkan pekerja.
- **Pernyataan 3** ✓ Alat di saku mudah jatuh dari ketinggian.
- **Pernyataan 4** ✗ Lantai basah licin; dikeringkan dulu dan memakai sepatu antiselip.
- **Pernyataan 5** ✓ Perlindungan jatuh pengganti pagar.

Jawaban: pernyataan 2, 3, 5.

No. 4 Kunci: A, C, E

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

Konsep: Tow bar memiliki shear pin yang sengaja putus pada gaya tertentu untuk melindungi roda depan dan sistem kemudinya. Pin diganti dengan komponen yang sesuai, roda depan diperiksa bila batas belok terlampaui, dan kejadian dilaporkan.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✓ Pin patah adalah pengaman yang dikorbankan.
- **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: baut kuat memindahkan gaya berlebih ke roda depan sehingga roda pendaratlah yang rusak.
- **Pernyataan 3** ✓ Kekuatan putusnya sudah dirancang.
- **Pernyataan 4** ✗ Jebakan: gaya besar sudah bekerja sebelum pin putus; roda depan dan steering stop tetap diperiksa sesuai manual.
- **Pernyataan 5** ✓ Mencegah kejadian berulang.

Jawaban: pernyataan 1, 3, 5.

No. 5 Kunci: 1S 2S 3B

Konsep: Safety wire: selalu kawat baru, dipasang sehingga tegangannya cenderung mengencangkan pengencang, dipilin rapi, dan ujungnya (pigtail) dipotong pendek lalu ditekuk ke dalam.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1 → Salah.** Jebakan: ujung panjang yang mencuat dapat melukai tangan dan menyangkut kabel; pigtail dipotong pendek dan ditekuk ke dalam.
- **Pernyataan 2 → Salah.** Jebakan: kawat bekas sudah terpilin dan lelah sehingga mudah putus; safety wire selalu baru.
- **Pernyataan 3 → Benar.** Prinsip utama safety wire.

Jawaban: Salah, Salah, Benar.

No. 6 Kunci: E

Konsep: Budaya kerja penerbangan menuntut integritas dokumen: setiap orang hanya menandatangani pekerjaan yang ia kerjakan atau saksikan sendiri. Masalah dokumen diselesaikan lewat supervisor.

Langkah:

1. Doni tidak melihat pemeriksaan → tidak boleh menyatakannya.
2. Stempel orang lain tidak boleh dipakai siapa pun.
3. Laporkan ke supervisor untuk diputuskan.

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

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Memakai stempel orang lain adalah pemalsuan, apa pun alasannya.
- **B.** ✗ Doni menyatakan pekerjaan yang tidak ia lihat.
- **C.** ✗ Kartu kosong tanpa penjelasan membuat status pesawat tidak jelas.
- **D.** ✗ Jebakan: pemeriksaan ulang baik, tetapi stempel Arya tetap tidak boleh dipakai Doni.
- **E.** ✓ Jujur dan memakai jalur yang berwenang.

Jawaban: E.

No. 7 Kunci: D

Konsep: Jangka pembagi (divider) dikunci pada satu jarak lalu dipakai memindahkan jarak itu berulang kali, termasuk di sepanjang garis lengkung. Kurva Prancis untuk menarik lengkungnya, bukan membagi jarak.

Langkah:

1. Kebutuhan: memindahkan jarak 20 mm berulang di garis lengkung.
2. Alat: jangka pembagi.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Penggaris T untuk garis mendatar.
- **B.** ✗ Busur derajat untuk mengukur sudut.
- **C.** ✗ Mal lingkaran menggambar simbol rivet, tidak menentukan jaraknya.
- **D.** ✓ Sesuai fungsi jangka pembagi.
- **E.** ✗ Jebakan: kurva Prancis memang mengikuti lengkung, tetapi tidak membagi jarak yang sama.

Jawaban: D.

No. 8 Kunci: B

Konsep: Catatan kerusakan adalah komunikasi tertulis antar-shift: harus menyebut lokasi tepat, jenis dan ukuran kerusakan, acuan batas, dan status tindakan, tanpa penilaian yang kabur.

Langkah:

1. Unsur wajib: letak (ban utama kiri, bahu ban), ukuran (4 mm), batas (2 mm), status (belum diganti).
2. Hanya catatan B memuat semuanya.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Kabur: tidak menyebut letak tepat, ukuran, maupun batas.
- **B.** ✓ Lengkap dan dapat ditindaklanjuti tanpa bertanya.
- **C.** ✗ Pesan lisan tidak sampai ke shift pagi; roda yang mana juga tidak jelas.
- **D.** ✗ Jebakan: tegas, tetapi tanpa ukuran dan batas sehingga tidak dapat dinilai.
- **E.** ✗ Jebakan: ukuran dan batas jelas, tetapi tidak menyebut ban yang mana.

Jawaban: B.

No. 9 Kunci: A, E

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

Konsep: Feeler gauge mengukur celah dengan mencoba blade berbagai tebal: tebal blade yang masuk dengan gesekan ringan sama dengan lebar celah. Blade tidak boleh dipaksa masuk.

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

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✓ Gesekan ringan = blade hampir sama dengan celah.
- **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: blade yang masuk longgar lebih tipis dari celah; celah lebih besar dari 0,15 mm.
- **Pernyataan 3** ✗ Blade 0,25 mm tidak masuk hanya berarti celah < 0,25 mm, belum tentu ≤ 0,18 mm.
- **Pernyataan 4** ✗ Memaksa blade merusak blade dan engsel serta memberi hasil keliru.
- **Pernyataan 5** ✓ 0,20 mm > 0,18 mm.

Jawaban: pernyataan 1, 5.

No. 10 Kunci: B

Konsep: Alclad adalah paduan aluminium berkekuatan tinggi yang dilapisi aluminium murni tipis di kedua sisi sebagai pelindung korosi. Goresan yang masih di dalam cladding dapat dihaluskan; yang menembus sampai inti paduan dinilai sebagai kerusakan.

Langkah:

1. Cladding satu sisi = 5% × 1,00 = 0,05 mm.
2. G1 0,03 < 0,05 → di dalam cladding.
3. G2 0,08 > 0,05 → menembus ke inti → dilaporkan.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: menjumlahkan cladding kedua sisi (0,10 mm), padahal goresan hanya mengenai satu sisi.
- **B.** ✓ Sesuai hitungan tebal cladding.
- **C.** ✗ Terbalik.
- **D.** ✗ Manual mengizinkan goresan dangkal dihaluskan.
- **E.** ✗ Cladding tidak menutup goresan dengan sendirinya.

Jawaban: B.

No. 11 Kunci: E

Konsep: Bilangan biner diubah ke desimal dengan menjumlahkan bobot bit yang bernilai 1 (128, 64, 32, 16, 8, 4, 2, 1 dari kiri ke kanan), lalu dikalikan satuan tiap angka.

Langkah:

1. 0110 0100 = 64 + 32 + 4 = 100.
2. Ketinggian = 100 × 25 = 2.500 ft.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: hanya menghitung banyaknya bit 1 (3 × 25).
- **B.** ✗ Jebakan: nilai desimal benar, tetapi lupa dikalikan 25 ft.
- **C.** ✗ Jebakan: bobot bit dibaca dari kanan (0010 0110 = 38; 38 × 25).
- **D.** ✗ Jebakan: dibaca sebagai dua angka desimal per 4 bit (6 dan 4 → 64 × 25).
- **E.** ✓ Konversi dan satuan benar.

Jawaban: E.

No. 12 Kunci: B

Konsep: Ukuran berantai dijumlahkan untuk mendapatkan jarak dari tepi acuan; ukuran yang tidak dicantumkan dihitung dari panjang total. Gambar yang tidak berskala tidak boleh diukur dengan penggaris.

Langkah:

1. Tepi kiri → lubang 3 = 15 + 35 + 40 = 90 mm.
2. Lubang 3 → tepi kanan = 120 − 90 = 30 mm.

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

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: menganggap letak lubang simetris dengan lubang 1 di tepi kiri.
- **B.** ✓ Sesuai penjumlahan ukuran berantai.
- **C.** ✗ Jebakan: menyalin ukuran berantai terakhir (lubang 2 ke 3).
- **D.** ✗ Jebakan: 120 − 75, padahal 75 adalah jarak lubang 1 ke 3, bukan dari tepi kiri.
- **E.** ✗ Jebakan: ini jarak lubang 1 ke lubang 3.

Jawaban: B.

No. 13 Kunci: B, D

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

Konsep: Mesin piston membutuhkan perbandingan udara–bahan bakar yang tepat. Di ketinggian, kerapatan udara turun sehingga campuran menjadi kaya; mixture dikurangi (leaning) agar perbandingannya kembali tepat.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✗ Jebakan: udara di ketinggian justru lebih tipis.
- **Pernyataan 2** ✓ Massa udara berkurang sementara bahan bakar tetap.
- **Pernyataan 3** ✗ Leaning mengurangi bahan bakar, tidak menambah oksigen.
- **Pernyataan 4** ✓ Bahan bakar berlebih tidak terbakar sempurna.
- **Pernyataan 5** ✗ Jumlah udara tidak berubah; yang dikurangi bahan bakar.

Jawaban: pernyataan 2, 4.

No. 14 Kunci: C

Konsep: Turbin efisien pada putaran sangat tinggi, sedangkan baling-baling berdiameter besar harus berputar lambat agar ujung bilahnya tidak mendekati kecepatan suara (efisiensi turun, bising). Gearbox reduksi menurunkan putaran: perbandingan = putaran masuk ÷ putaran keluar.

Langkah:

1. Perbandingan = 30.000 ÷ 2.000 = 15 : 1.
2. Alasan: kecepatan ujung bilah baling-baling dibatasi.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: perbandingan dibalik dan arah reduksinya keliru.
- **B.** ✗ Jebakan: angkanya benar, tetapi turbin tetap berputar cepat; yang diperlambat baling-baling.
- **C.** ✓ Angka dan alasan benar.
- **D.** ✗ Jebakan: putaran dikurangkan, bukan dibagi.
- **E.** ✗ Jebakan: angkanya benar, tetapi pada turboprop sebagian besar gaya dorong justru dari baling-baling.

Jawaban: C.

No. 15 Kunci: D

Konsep: Rentang grip rivet buta harus memuat tebal total seluruh bahan yang dijepit, termasuk shim, agar kepala bentukan di sisi belakang terbentuk sempurna.

Langkah:

1. Tebal total = 1,6 + 1,4 + 2,0 = 5,0 mm (shim ikut dijepit).
2. 5,0 mm berada di rentang kode -4 (4,8–6,4 mm).

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✗ Jebakan: memakai tebal satu pelat saja.
- **B.** ✗ Jebakan: shim 1,4 mm lupa dijumlahkan.
- **C.** ✗ Grip terlalu panjang membuat kepala bentukan tidak menjepit sempurna.

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

- **D.** ✓ Sesuai tebal total termasuk shim.
- **E.** ✗ Jebakan: grip ditentukan tebal total, bukan jumlah lapisan.

Jawaban: D.

No. 16 Kunci: A, C, D

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

Konsep: Bonding menghubungkan bagian-bagian logam pesawat agar berpotensial sama (mencegah loncatan listrik, gangguan radio, dan memberi jalur arus balik). Static wick di trailing edge melepaskan muatan statis ke udara saat terbang.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✓ Fungsi utama bonding.
- **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: engsel berpelumas dan bergerak tidak menjamin sambungan listrik yang baik.
- **Pernyataan 3** ✓ Muatan statis menumpuk saat terbang menembus hujan atau debu.
- **Pernyataan 4** ✓ Membuktikan sambungan baik.
- **Pernyataan 5** ✗ Static wick bekerja saat terbang, ketika muatan statis menumpuk.

Jawaban: pernyataan 1, 3, 4.

No. 17 Kunci: A

Konsep: Saat melayang turun dengan kecepatan tetap, weight dapat diuraikan menjadi komponen tegak lurus lintasan (diimbangi lift) dan komponen searah lintasan (mengimbangi drag). Komponen weight inilah yang menggantikan thrust.

Langkah:

1. Kecepatan tetap → resultan gaya nol.
2. Drag ke belakang diimbangi komponen weight searah lintasan yang miring ke bawah.

Analisis setiap opsi:

- **A.** ✓ Sesuai penguraian gaya pada lintasan turun.
- **B.** ✗ Jebakan: baling-baling yang diputar angin justru menambah drag.
- **C.** ✗ Drag selalu melawan arah gerak.
- **D.** ✗ Lift tegak lurus arah gerak, bukan mendorong ke depan.
- **E.** ✗ Jebakan: tanpa gaya pengganti, drag akan memperlambat pesawat; kecepatan tetap memerlukan gaya penyeimbang.

Jawaban: A.

No. 18 Kunci: A, B, D

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

Konsep: Permukaan kendali diseimbangkan (mass balance) agar titik beratnya tidak terlalu jauh di belakang garis engsel; jika bergeser ke belakang, permukaan dapat bergetar hebat (flutter). Pengecatan ulang dan perbaikan menambah berat sehingga keseimbangan diperiksa ulang.

Analisis setiap pernyataan:

- **Pernyataan 1** ✓ Lapisan cat yang menumpuk menambah berat di belakang engsel.
- **Pernyataan 2** ✓ Wajib menurut manual.
- **Pernyataan 3** ✗ Jebakan: tanpa bobot penyeimbang, titik berat bergeser ke belakang dan flutter mudah terjadi.
- **Pernyataan 4** ✓ Trailing edge berada jauh di belakang engsel.
- **Pernyataan 5** ✗ Flutter dapat terjadi pada pesawat kecil bila keseimbangan permukaan kendali berubah.

Jawaban: pernyataan 1, 2, 4.

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

No. 19 Kunci: 1S 2B 3B

Konsep: Mesin jet menghasilkan gaya dorong dengan mempercepat udara/gas ke belakang (Newton II dan III). Energi kimia bahan bakar berubah menjadi energi panas dan kinetik; hanya sebagian menjadi kerja dorong, sisanya terbuang sebagai panas.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1 → Salah.** Jebakan: turbojet mengambil oksigen dari udara yang diisap; roket membawa oksidator sendiri.

• **Pernyataan 2 → Benar.** Hukum Newton II dan III.

• **Pernyataan 3 → Benar.** Kekekalan energi: energi tidak hilang, sebagian terbuang sebagai panas.

Jawaban: Salah, Benar, Benar.

No. 20 Kunci: E

Konsep: Sinyal GPS datang dari satelit di atas, sehingga antena dipasang di permukaan atas pesawat dengan pandangan langit terbuka dan jarak cukup dari antena pemancar lain agar tidak terganggu.

Langkah:

1. Satelit di atas → antena di bagian atas.
2. Hindari halangan dan gangguan antena lain → punggung badan pesawat.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Perut pesawat menghadap ke bawah dan terhalang badan pesawat.

• **B.** ✗ Kabin dan panel menghalangi sinyal.

• **C.** ✗ Menghadap ke bawah, bukan ke langit.

• **D.** ✗ Ruang mesin tertutup cowling logam dan panas.

• **E.** ✓ Pandangan ke langit terbuka.

Jawaban: E.

No. 21 Kunci: C

Konsep: P = V × I dan V = I × R, sehingga R = V ÷ I. Hasil ukur dinilai terhadap rentang toleransi, bukan harus sama persis.

Langkah:

1. I = 112 ÷ 28 = 4 A.
2. R = 28 ÷ 4 = 7,0 Ω.
3. Toleransi ±10% → 6,3–7,7 Ω; 7,1 Ω di dalam rentang → baik.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: rumus terbalik (V ÷ P).

• **B.** ✗ Jebakan: arus 4 A dianggap hambatan.

• **C.** ✓ Hitungan dan penilaian toleransi benar.

• **D.** ✗ Jebakan: hitungan benar, tetapi toleransi ±10% diabaikan.

• **E.** ✗ Jebakan: elemen yang baik memang berhambatan; 0 Ω justru berarti hubung singkat dan tak terhingga berarti putus.

Jawaban: C.

No. 22 Kunci: A

Konsep: Kunci momen adalah alat ukur yang dikalibrasi untuk mengencangkan; memakainya untuk melepas baut macet dapat merusak mekanisme dan kalibrasinya. Baut berkarat dilepas dengan breaker bar setelah diberi cairan penetran.

Langkah:

1. Kunci momen → hanya mengencangkan dengan nilai tertentu.
2. Baut macet → penetran + breaker bar.

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

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✓ Alat sesuai fungsi dan kunci momen terlindungi.

• **B.** ✗ Jebakan: tipe klik tidak menunjukkan besar gaya saat melepas, dan gaya besar merusak kalibrasinya.

• **C.** ✗ Pipa pemanjang membebani kunci momen melebihi rancangannya.

• **D.** ✗ Memukul baut dapat merusak ulir dan braket.

• **E.** ✗ Panas berlebih dapat merusak sifat logam braket roda pendarat.

Jawaban: A.

No. 23 Kunci: 1B 2B 3S

Konsep: Kabel kendali hanya menyalurkan tarikan sehingga dipasang berpasangan; batang dorong menyalurkan dorongan dan tarikan; tabung puntir menyalurkan gerakan putar, misalnya untuk menggerakkan kedua flap bersamaan.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1 → Benar.** Kabel kendur bila didorong.

• **Pernyataan 2 → Benar.** Batang kaku menahan tekan dan tarik.

• **Pernyataan 3 → Salah.** Jebakan: tabung puntir menyalurkan gerakan putar (puntiran), bukan perubahan panjang.

Jawaban: Benar, Benar, Salah.

No. 24 Kunci: A, D, E

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

Konsep: Hidraulik: cairan hampir tak termampatkan, cocok untuk gaya besar dan gerak terkendali, memerlukan saluran balik. Pneumatik: udara/gas termampatkan, ringan, dapat dibuang ke luar, cocok untuk sepatu pelepas es dan sistem darurat botol gas.

Analisis setiap pernyataan:

• **Pernyataan 1** ✓ Sifat utama sistem hidraulik.

• **Pernyataan 2** ✗ Jebakan: cairan berat dan dapat bocor di leading edge; sepatu karet dikembangkan dengan udara.

• **Pernyataan 3** ✗ Udara bekas dapat dibuang ke luar; tidak perlu saluran balik.

• **Pernyataan 4** ✓ Sepatu karet dikembangkan-dikempiskan dengan udara.

• **Pernyataan 5** ✓ Sistem darurat harus terpisah dari sistem yang gagal.

Jawaban: pernyataan 1, 4, 5.

No. 25 Kunci: C

Konsep: Altimeter dengan setelan QNH menunjukkan elevasi bandara saat pesawat di darat. Pemeriksaan di darat membandingkan bacaan dengan elevasi; selisih yang melebihi batas berarti instrumen tidak laik.

Langkah:

1. Jarum pendek sedikit melewati 1 → 1.000-an ft.
2. Jarum panjang menunjuk 2 lebih 2 garis kecil (2,4) → 240 ft → bacaan 1.240 ft.
3. Selisih = 1.240 − 1.150 = 90 ft > 75 ft → tidak laik.

Analisis setiap opsi:

• **A.** ✗ Jebakan: menganggap altimeter pasti sesuai elevasi tanpa membaca jarum.

• **B.** ✗ Jebakan: bacaan benar, tetapi batas manual ±75 ft, bukan ±100 ft.

• **C.** ✓ Pembacaan dan penilaian benar.

• **D.** ✗ Jebakan: jarum pendek dan panjang tertukar.

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

• **E. ✗** Jebakan: memutar setelan tekanan menjauhkannya dari QNH dan hanya menyembunyikan kesalahan instrumen.

Jawaban: C.

NEXT LEVEL STUDY
Educational Institutions

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

Penutup

Kamu sudah sampai di akhir buku ini: bukti bahwa kamu mampu menepati janji belajarmu.

Lima strategi yang paling penting untuk TKA Teknik Pesawat Udara:

1. **Baca pertanyaannya dulu, baru ceritanya.** Kalimat pertanyaan memberi tahu nilai batas, angka, atau kondisi mana yang perlu kamu cari di dalam kasus.
2. **Tulis satuan di setiap angka dan cek arah konversinya.** In-lb dan ft-lb berbeda dua belas kali; hasil konversi yang tidak masuk akal hampir selalu berarti arahnya terbalik.
3. **Gambar sketsa sebelum menjawab.** Rangkaian listrik, panah gaya, tiga pandangan sebuah benda, atau urutan baut: sketsa sepuluh detik mencegah komponen terlewat dan arah tertukar.
4. **Pilih tindakan yang mengikuti dokumen dan wewenang.** Kartu kerja, manual, perintah kelaikan, dan tanda tangan yang berwenang selalu mengalahkan "supaya cepat selesai". Jalan pintas adalah pengecoh yang paling sering dipasang.
5. **Singkirkan atau hentikan sumber bahaya lebih dulu, lalu lapor dengan jujur.** Kesalahan yang dilaporkan bisa diperbaiki; kesalahan yang disembunyikan ikut terbang bersama pesawat.

Sepekan sebelum ujian:

- Kerjakan satu Simulasi TKA pada jam yang sama dengan jadwal ujianmu, lengkap dengan batas waktu.
- Ulangi soal yang pernah kamu jawab salah, lalu baca lagi "Strategi dan jebakan" di sub babnya.
- Hitung ulang contoh penting tanpa melihat buku: momen dengan adaptor, tekanan venturi, arus pada rangkaian paralel, dan gaya pada dongkrak hidraulik.
- Jangan memaksakan materi baru pada malam terakhir; beristirahatlah dengan cukup. Teruslah belajar lewat LMS Next Level Study dengan kode QR di setiap bab.

Perawatan pesawat menuntut kejujuran yang utuh: tanda tangan di sebuah kartu kerja berarti ada orang yang menggantungkan nyawanya padamu. Ilmu yang kamu kumpulkan hari ini adalah bekal yang kelak kamu persembahkan dengan sepenuh jiwa dan raga untuk penumpang yang tidak kamu kenal, untuk keluargamu, dan untuk negeri kepulauan ini yang menggantungkan harapannya pada langit yang aman. Apa pun hasil ujianmu nanti, kesungguhan yang kamu bangun akan tetap menjadi milikmu.

Selamat berjuang.

Handaka Lumu

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

Lampiran

Lampiran 1 · Glosarium

Istilah	Arti singkat	Dibahas di
AMO (*Approved Maintenance Organization*)	organisasi perawatan pesawat yang disetujui otoritas	1.1, 1.4
Kartu kerja (*task card*, *job card*)	lembar instruksi pekerjaan berisi langkah, nilai batas, dan tanda tangan	1.1, 1.3
Read-back	mengulang semua unsur instruksi kepada pemberinya dan meminta konfirmasi	1.1
Wing walker	petugas yang berjalan di ujung sayap mengawasi jarak bebas saat pesawat ditarik	1.1
Human factors	faktor manusia (kelelahan, tekanan waktu, lengah, dan lain-lain) yang memicu kesalahan	1.1
Just culture	budaya pelaporan yang adil: kesalahan tidak sengaja yang dilaporkan tidak dihukum	1.1
Tool control, *shadow board*	pengendalian alat; papan siluet alat untuk melihat alat yang hilang	1.1
FOD (*foreign object damage*)	benda asing yang tertinggal atau kerusakan yang ditimbulkannya	1.1, 1.3
5R	ringkas, rapi, resik, rawat, rajin	1.1
Hierarki pengendalian	eliminasi, substitusi, rekayasa, administrasi, APD	1.2
APD	alat pelindung diri	1.2
SDS (*safety data sheet*)	lembar data keselamatan bahan	1.2
APAR	alat pemadam api ringan	1.2
Bonding, *grounding*	penyamaan potensial listrik antarbenda; penyambungan ke tanah	1.2
Warning, *caution*, *note*	peringatan bahaya bagi orang; bagi pesawat; keterangan tambahan	1.3
Torque (momen pengencangan)	gaya × lengan yang dipakai mengencangkan baut; satuan in-lb, ft-lb, N·m	1.3, 4.3
Torque stripe	garis cat penanda baut tidak bergeser setelah momen akhir	1.3
Jarak tepi, pitch	jarak pusat rivet ke tepi pelat; jarak pusat ke pusat rivet	1.3
Countersink, *dimple*	lubang kerucut dibentuk dengan mesin; cekungan ditekan pada pelat tipis	1.3
CASR	peraturan keselamatan penerbangan sipil, dibagi menjadi Part	1.4
Kelaikan udara	kesesuaian pesawat dengan rancangan tersertifikasi dan kondisinya aman dioperasikan	1.4

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

AD (*airworthiness directive*)	perintah kelaikan udara yang wajib dilaksanakan	1.4
AME	ahli perawatan pesawat udara berlisensi	1.4
AMTO	organisasi pelatihan perawatan pesawat udara	1.4
Release to service	pernyataan laik terbang atas pekerjaan perawatan sebelum pesawat dioperasikan	1.4
Unapproved part	komponen yang asal-usul atau kelaikannya tidak terbukti	1.4
Hand tools, *power tools*	alat tangan; alat bertenaga (mis. pneumatik)	2.1
Rivet gun, *bucking bar*	alat pemukul rivet; penahan di sisi seberang	2.1
Cleco	penjepit sementara untuk menahan lubang pelat tetap sejajar	2.1
Safety wire pliers	tang khusus memilin kawat pengaman	2.1
Jangka sorong, nonius	alat ukur panjang dengan skala utama dan skala nonius	2.2
Mikrometer	alat ukur berketelitian 0,01 mm dengan selongsong dan bidal	2.2
Dial indicator, *runout*	alat ukur simpangan dengan jarum; simpangan putar benda	2.2
Feeler gauge	lembar baja tipis pengukur celah	2.2
Multimeter, kontinuitas	alat ukur listrik serbaguna; ada tidaknya jalur tersambung	2.3
Hukum Ohm	$V = I \times R$	2.3, 5.1
Megger	alat ukur hambatan isolasi bertegangan tinggi	2.3
Bor, bubut, frais, gerinda	proses pemesinan dasar	2.4
Kecepatan potong	kecepatan tepi benda kerja terhadap pahat (m/menit)	2.4
Las gas (oksi-asetilen), TIG	proses pengelasan dengan nyala gas; dengan busur dan elektroda tungsten	2.4
Stop drill	lubang kecil di ujung retak agar retak tidak merambat	2.4
French curve, *triangular scale*	penggaris kurva; penggaris skala segitiga	2.5
Skala	perbandingan ukuran gambar dengan ukuran sebenarnya	2.5
Isometrik	gambar tiga sumbu dengan sumbu miring 30°	2.5
Proyeksi sudut pertama, sudut ketiga	dua sistem peletakan pandangan pada gambar kerja	2.6
Garis tersembunyi, garis sumbu	garis putus-putus tipis; garis titik-strip tipis	2.5, 2.6
Potongan (*section view*), arsir	pandangan bagian dalam benda yang dibelah; garis miring tipis pada bahan yang terpotong	2.6
Title block	kepala gambar berisi judul, skala, dan simbol proyeksi	2.6
Persamaan Bernoulli	tekanan statis + $\frac{1}{2}\rho v^2$ konstan pada aliran	3.1
Venturi	saluran menyempit yang mempercepat aliran dan menurunkan tekanan statis	3.1
Tekanan statis, dinamik, total	tekanan fluida diam; $\frac{1}{2}\rho v^2$; jumlah keduanya	3.1, 5.5

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

Lift, *weight*, *thrust*, *drag*	gaya angkat, berat, dorong, dan hambat	3.2
Airfoil, *chord*, *camber*	penampang sayap; tali sayap; kelengkungan	3.2
Sudut serang, *stall*	sudut antara chord dan aliran udara; hilangnya gaya angkat	3.2
Aileron, elevator, rudder	permukaan kendali guling, angguk, dan yaw	3.3
Flap, *slat*, *spoiler*, *trim tab*	permukaan sekunder penambah lift; penunda stall; pengurang lift; penyeimbang gaya kemudi	3.3
Adverse yaw	hidung berputar berlawanan arah belokan akibat aileron	3.3
Truss, *monocoque*, *semi monocoque*	konstruksi rangka pipa; kulit pemikul beban; kulit dengan rangka penguat	3.4
Frame, *bulkhead*, *longeron*, *stringer*	ring dan sekat badan; balok utama badan; penguat kulit memanjang	3.4
Spar, *rib*	balok utama sayap; pembentuk profil sayap	3.4
Beban tarik, tekan, geser, lentur, puntir	jenis beban pada struktur	3.4
Hukum Newton III	aksi dan reaksi bekerja pada benda berbeda	3.5
Thrust reverser	pembelok aliran gas ke depan untuk pengereman	3.5
Efisiensi	daya berguna ÷ daya masuk	3.5
Siklus empat langkah	isap, kompresi, usaha, buang	3.6
Magneto, busi	pembangkit dan penyalur percikan penyalaan	3.6
Baffle	penyekat pengarah udara pendingin silinder	3.6
Turbojet, turbofan, turboprop	jenis mesin turbin gas	3.7
Kompresor, ruang bakar, turbin, nosel	bagian utama mesin turbin gas	3.7
Bypass	aliran udara kipas yang tidak melewati ruang bakar	3.7
Paduan aluminium, *alclad*	aluminium dengan unsur lain; paduan berlapis aluminium murni	4.1
Temper (T3, T6)	kondisi perlakuan panas paduan aluminium	4.1
Korosi galvanik	korosi akibat dua logam berbeda bersentuhan dalam elektrolit	4.1
Komposit, sarang lebah	bahan serat dengan resin; inti sel segi enam	4.1
Firewall	dinding api pemisah ruang mesin	4.1
Baut AN, *grip*	baut standar penerbangan; bagian batang tanpa ulir	4.2
Castellated nut, *cotter pin*	mur bermahkota; pena belah pengunci	4.2
Mur kunci-sendiri (*self-locking nut*)	mur dengan sisipan atau bentuk pengunci yang mengunci lewat gesekan	4.2
Safety wire	kawat pengaman metode pilin ganda	4.2
Rivet AN470, AN426	rivet kepala bundar (universal); kepala benam	4.2
Torque wrench	kunci momen untuk mengencangkan dengan momen terukur	4.3

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

Adaptor (*extension*)	pemanjang kunci momen yang mengubah momen sebenarnya	4.3
Dongkrak pesawat (*jack*)	peralatan pengangkat pesawat pada titik dongkrak	4.3
Nitrogen kering	gas pengisi ban yang bebas uap air	4.3
LED, dioda, transistor	komponen elektronik dasar	5.1
Gerbang logika (AND, OR, NOT)	rangkaian digital yang memproses sinyal biner	5.1
Seri, paralel	susunan komponen berurutan; bercabang	5.1, 5.2
Circuit breaker, *fuse*	pemutus arus otomatis; sekering	5.2
Bus, GPU	rel penyalur daya listrik; sumber daya darat	5.2
Baterai asam timbal, nikel-kadmium	dua jenis baterai dengan elektrolit asam dan basa	5.2
Open circuit	rangkaian terputus	2.3, 5.2
VHF, garis pandang	gelombang radio komunikasi; jangkauan dibatasi cakrawala radio	5.3
ILS (*localizer*, *glideslope*), VOR	panduan pendekatan lateral dan vertikal; panduan arah dari stasiun	5.3
ELT	pemancar darurat penentu lokasi	5.3
Bellcrank	tuas bersiku pengubah arah dan besar gerak kendali	5.4
Turnbuckle, *tensiometer*	penyetel panjang kabel; pengukur tegangan kabel	5.4
Rigging	penyetelan sistem kendali agar posisi dan batas geraknya benar	5.4
Pitot-static	sistem tekanan untuk penunjuk kecepatan, ketinggian, dan laju naik	5.5
ASI, altimeter, VSI	penunjuk kecepatan, ketinggian, dan laju naik-turun	5.5
Giroskop, kompas magnetik	roda berputar penjaga referensi; penunjuk arah dengan medan magnet bumi	5.5
Hukum Pascal	tekanan pada fluida tertutup diteruskan sama ke segala arah	5.6
Akumulator, *relief valve*	penyimpan tekanan dan peredam lonjakan; katup pembatas tekanan	5.6
Fluida mineral, fosfat-ester	dua jenis fluida hidraulik yang tidak boleh dicampur	5.6
Pneumatik	sistem bertenaga udara tekan	5.6

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

Lampiran 2 · Daftar sumber

Buku ini tidak memuat data statistik nyata. Semua tokoh, lembaga, dan angka pada soal dan contoh adalah rekaan untuk latihan dan diberi keterangan di soalnya; angka teknis seperti torsi, tegangan kabel, atau batas aus ditulis sebagai angka latihan "menurut kartu kerja" dan bukan data tipe pesawat tertentu. Rujukan resmi dan acuan teknis buku ini:

Sumber	Dipakai untuk
Pusat Asesmen Pendidikan Kemendikdasmen, halaman kisi-kisi TKA SMK Teknik Pesawat Udara (diakses 18 Oktober 2026)	definisi, muatan, kompetensi, matriks asesmen, contoh soal resmi
Soal asli TKA SMK 2025 Projek Kreatif dan Kewirausahaan	acuan bentuk dan tingkat kesulitan soal (bukan isi)
Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2009 tentang Penerbangan; Peraturan Menteri Perhubungan yang memuat CASR (antara lain tentang Part 21, 65, 145, dan 147)	dasar hukum dan ruang lingkup peraturan keselamatan penerbangan sipil
FAA, *Aviation Maintenance Technician Handbook* (General, Airframe, Powerplant) dan *Advisory Circular 43.13-1B*	acuan konsep dan praktik perawatan (domain publik); penulisan buku ini dengan kalimat sendiri
NASA, *Beginner's Guide to Aeronautics*	acuan konsep aerodinamika dan propulsi (domain publik)

Foto dan ilustrasi nyata diambil dari sumber berlisensi terbuka (domain publik atau Creative Commons) dan diberi label bahasa Indonesia; gambar lain digambar sendiri oleh Tim Next Level Study Indonesia. Daftar lengkapnya ada pada "Daftar sumber gambar".

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		

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

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. Belum ada soal asli TKA Teknik Pesawat Udara; bentuk soal mengikuti soal asli TKA SMK 2025 Projek Kreatif dan Kewirausahaan dan contoh resmi Pusmendik. Isi buku ini untuk belajar dan bukan pengganti manual perawatan resmi suatu tipe pesawat: dalam pekerjaan nyata, selalu pakai data yang berlaku dari manual dan kartu kerja. Bila kamu menemukan kesalahan, sampaikan kepada pengajarmu agar dapat diperbaiki pada edisi berikutnya.

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	Pihak-pihak yang membuat pesawat laik terbang	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.2	Susunan sederhana organisasi perawatan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.3	Formasi tim penarikan pesawat	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.4	Lapisan pengaman	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.5	Lima R di tool crib	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.6	Peta konsep dunia kerja perawatan pesawat	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.7	Zona bahaya baling-baling dan mesin jet	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.8	Hierarki pengendalian bahaya	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.9	Alat pelindung diri teknisi	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.10	Kelas api dan pemadam yang cocok	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.11	Bonding dan grounding	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.12	Peta konsep K3 di hanggar dan apron	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.13	Isi sebuah kartu kerja	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.14	Konversi satuan yang sering dipakai	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 1.15	Pola pengencangan silang	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.16	Torque stripe	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.17	Jarak tepi, pitch, countersink, dan dimple	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.18	Peta konsep kecakapan dasar perawatan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.19	Tingkatan peraturan penerbangan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.20	Rantai kelaikan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.21	Peta delapan Part CASR	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.22	Contoh isi dokumen pelepasan komponen	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 1.23	Peta konsep CASR dan kelaikan udara	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.1	Jenis kepala sekrup dan ujung obeng	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.2	Kunci dan tang	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.3	Rivet gun dan bucking bar	Probably Alfred T. Palmer	Public domain; diubah: dipotong, diberi label Indonesia	commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=17326996
Gambar 2.4	Cleco dan tang cleco	Thermofan; Thermofan	CC0; diubah: dipotong, diberi label Indonesia	commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=163098143 ; commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=163098142
Gambar 2.5	Urutan melepas rivet pejal	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.6	Peta konsep hand tools dan power tools	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.7	Cara membaca jangka sorong	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.8	Cara membaca mikrometer	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.9	Dial indicator dan runout	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.10	Feeler gauge	Raimond Spekking	CC BY-SA 4.0; diubah: dipotong, diberi label Indonesia	commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=71791980
Gambar 2.11	Titik ukur tebal piringan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.12	Peta konsep alat ukur mekanik	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 2.13	Hukum Ohm, daya, seri dan paralel	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.14	Voltmeter paralel dan ammeter seri	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.15	Multimeter digital	Anselm Schüler	CC BY-SA 4.0; diubah: dipotong, diberi label Indonesia	commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=104981548
Gambar 2.16	Uji kontinuitas harness	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.17	Pola hasil pengukuran	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.18	Peta konsep alat ukur listrik dasar	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.19	Mesin bor dan mesin bubut	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.20	Kecepatan potong dan putaran	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.21	Tiga jenis nyala las gas	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.22	Las TIG	U.S. Navy photo by Mass Communication Specialist 2nd Class Jason T. Poplin	Public domain; diubah: dipotong, diberi label Indonesia	commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8363174
Gambar 2.23	Stop drill	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.24	Peta konsep dasar pemesinan dan pengelasan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.25	Kertas gambar A3	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.26	Peralatan gambar teknik	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.27	Jenis garis dan fungsinya	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.28	Skala 1:2, 1:1, dan 2:1	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.29	Gambar isometrik sebuah kotak	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.30	Peta konsep peralatan gambar teknik	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.31	Braket siku dan arah pandang	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.32	Sudut ketiga dan sudut pertama	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.33	Garis tersembunyi	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 2.34	Potongan penuh A–A	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.35	Dari isometrik ke tiga pandangan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.36	Gambar kerja pelat dudukan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 2.37	Peta konsep proyeksi pada gambar kerja	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.1	Tabung venturi dan venturi karburator	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.2	Tekanan di sekitar airfoil	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.3	Model pesawat di terowongan angin	NASA Ames Research Center / NASA	Public domain; diubah: dipotong, diberi label Indonesia	commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=148068181
Gambar 3.4	Aliran udara di sekitar sayap	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.5	Peta konsep prinsip Bernoulli dan aerodinamika	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.6	Empat gaya pada pesawat	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.7	Nomenklatur airfoil	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.8	Sudut serang dan stall	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.9	Lepas landas dan menanjak	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.10	Peta konsep gaya-gaya pada pesawat	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.11	Tiga sumbu dan permukaan kendali primer	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.12	Arah gerak aileron dan control wheel	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.13	Jenis flap dan slat	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.14	Trim tab	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.15	Peta konsep flight control surfaces	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.16	Lima jenis beban	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.17	Tiga jenis konstruksi badan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.18	Bagian-bagian badan semi-monocoque	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 3.19	Struktur sayap	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.20	Panel sandwich	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.21	Jalur beban dari sayap ke badan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.22	Peta konsep jenis konstruksi dan bagian struktur	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.23	Aksi dan reaksi	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.24	Gaya dorong dari aliran massa	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.25	Aliran energi pada mesin piston	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.26	Thrust reverser	Lowe , Jet, creator	Public domain; diubah: dipotong, diberi label Indonesia	commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=34388846
Gambar 3.27	Peta konsep tenaga pendorong	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.28	Siklus empat langkah	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.29	Mesin berlawanan datar	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.30	Sistem dual magneto	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.31	Uji kompresi diferensial	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.32	Urutan penyalaan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.33	Peta konsep piston engine	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.34	Bagian-bagian turbojet	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.35	Profil tekanan, suhu, dan kecepatan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.36	Jenis mesin turbin gas	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 3.37	Sudu fan rusak akibat benda asing	Plenumchamber	CC BY-SA 3.0; diubah: dipotong, diberi label Indonesia	commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2386122
Gambar 3.38	Peta konsep gas turbine engine	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.1	Perbandingan lima kelompok material pesawat	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 4.2	Cara membaca kode paduan aluminium	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.3	Komposit dan panel sarang lebah	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.4	Empat syarat korosi elektrokimia	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.5	Bentuk-bentuk korosi	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.6	Deret galvanik sederhana	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.7	Peta konsep aircraft material	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.8	Membaca kode baut	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.9	Panjang grip baut	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.10	Jenis kepala rivet dan arti kodenya	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.11	Panjang rivet, kepala bentukan, dan jarak rivet	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.12	Arah safety wire	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.13	Mur bermahkota dan pena belah	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.14	Peta konsep aircraft hardware	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.15	Jenis kunci momen	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.16	Adaptor pada kunci momen	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.17	Titik dongkrak dan beban tiap titik	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.18	Mengisi ban dengan nitrogen dan pengaruh suhu	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.19	Kontrol dan kalibrasi alat	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 4.20	Peta konsep tools equipment	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.1	Kode warna resistor	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.2	Rangkaian seri dan paralel	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.3	Simbol komponen elektronika	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.4	LED dengan resistor pembatas arus	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 5.5	Gerbang logika dasar	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.6	Peta konsep elektronika dasar dan digital	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.7	Diagram satu garis kelistrikan pesawat latih	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.8	Baterai asam timbal dan nikel-kadmium	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.9	Cara kerja circuit breaker	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.10	Beban paralel dan open circuit	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.11	Peta konsep sistem kelistrikan pesawat	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.12	Jarak garis pandang VHF	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.13	Letak antena pada pesawat latih	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.14	ILS: localizer dan glideslope	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.15	VOR dan radial	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.16	Peta konsep radio komunikasi dan navigasi	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.17	Lintasan kendali elevator	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.18	Bellcrank dan perbandingan lengan	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.19	Turnbuckle dan pengamannya	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.20	Rentang tegangan kabel terhadap suhu	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.21	Peta konsep sistem kendali terbang dasar	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.22	Sistem pitot-static	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.23	Tanda warna airspeed indicator	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.24	Enam instrumen terbang dasar	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.25	Sumbatan dan akibatnya	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.26	Peta konsep instrumen terbang dasar	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.27	Hukum Pascal	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 5.28	Sistem hidraulik sederhana	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.29	Master cylinder dan kaliper rem	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.30	Jenis fluida dan perbandingan hidraulik dengan pneumatik	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—
Gambar 5.31	Peta konsep pneumatik dan hidraulik	Tim Next Level Study Indonesia	digambar sendiri	—

Tabel silang sub bab dan soal

Sub bab	Soal
1.1 · Dunia kerja perawatan pesawat, komunikasi, kerja tim, dan human factors	Bedah Prediksi 07 no. 6; Latihan 1.1 no. 1; Latihan 1.1 no. 2; Latihan 1.1 no. 3; Latihan 1.1 no. 4; Kuis Bab 1 no. 1; Kuis Bab 1 no. 4; Kuis Bab 1 no. 7; Kuis Bab 1 no. 8; Kuis Bab 1 no. 9; Kuis Bab 1 no. 10; Kuis Bab 1 no. 12; Kuis Bab 1 no. 15; Kuis Bab 1 no. 17; Simulasi 1 no. 2; Simulasi 1 no. 4; Simulasi 2 no. 4; Simulasi 3 no. 6; Simulasi 3 no. 8
1.2 · K3 di hanggar dan apron	Bedah Prediksi 07 no. 12; Latihan 1.2 no. 1; Latihan 1.2 no. 2; Kuis Bab 1 no. 2; Kuis Bab 1 no. 5; Kuis Bab 1 no. 11; Kuis Bab 1 no. 13; Kuis Bab 1 no. 14; Kuis Bab 1 no. 16; Simulasi 1 no. 3; Simulasi 2 no. 5; Simulasi 3 no. 3
1.3 · Kecakapan dasar perawatan: kartu kerja, urutan kerja, dan ketelitian	Bedah Prediksi 07 no. 3; Latihan 1.3 no. 1; Latihan 1.3 no. 2; Kuis Bab 1 no. 3; Kuis Bab 1 no. 6; Kuis Bab 1 no. 18; Kuis Bab 1 no. 20; Kuis Bab 1 no. 23; Kuis Bab 1 no. 24; Simulasi 1 no. 1; Simulasi 2 no. 2; Simulasi 3 no. 5
1.4 · CASR: peraturan keselamatan penerbangan sipil	Bedah Prediksi 07 no. 8; Latihan 1.4 no. 1; Kuis Bab 1 no. 19; Kuis Bab 1 no. 21; Kuis Bab 1 no. 22; Kuis Bab 1 no. 25; Simulasi 2 no. 1
2.1 · Hand tools dan power tools	Bedah Prediksi 07 no. 4; Latihan 2.1 no. 1; Latihan 2.1 no. 2; Kuis Bab 2 no. 1; Kuis Bab 2 no. 2; Kuis Bab 2 no. 3; Kuis Bab 2 no. 4; Kuis Bab 2 no. 5; Simulasi 1 no. 9; Simulasi 2 no. 3; Simulasi 3 no. 22
2.2 · Alat ukur mekanik	Bedah Prediksi 07 no. 2; Latihan 2.2 no. 1; Latihan 2.2 no. 2; Kuis Bab 2 no. 6; Kuis Bab 2 no. 7; Kuis Bab 2 no. 9; Kuis Bab 2 no. 10; Simulasi 1 no. 12; Simulasi 2 no. 25; Simulasi 3 no. 9
2.3 · Alat ukur listrik dasar	Bedah Prediksi 07 no. 7; Latihan 2.3 no. 1; Latihan 2.3 no. 2; Kuis Bab 2 no. 8; Kuis Bab 2 no. 11; Kuis Bab 2 no. 18; Kuis Bab 2 no. 23; Simulasi 1 no. 17; Simulasi 2 no. 22; Simulasi 3 no. 21
2.4 · Dasar pemesinan dan pengelasan	Bedah Prediksi 07 no. 11; Latihan 2.4 no. 1; Latihan 2.4 no. 2; Kuis Bab 2 no. 12; Kuis Bab 2 no. 13; Kuis Bab 2 no. 19; Kuis Bab 2 no. 24; Simulasi 1 no. 5; Simulasi 2 no. 7
2.5 · Peralatan gambar teknik	Bedah Prediksi 08 no. 7; Latihan 2.5 no. 1; Kuis Bab 2 no. 16; Kuis Bab 2 no. 17; Kuis Bab 2 no. 20; Kuis Bab 2 no. 21; Simulasi 1 no. 14; Simulasi 2 no. 20; Simulasi 3 no. 7

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

Sub bab	Soal
2.6 · Proyeksi pada gambar kerja pesawat	Bedah Prediksi 07 no. 13; Latihan 2.6 no. 1; Latihan 2.6 no. 2; Kuis Bab 2 no. 14; Kuis Bab 2 no. 15; Kuis Bab 2 no. 22; Kuis Bab 2 no. 25; Simulasi 2 no. 13; Simulasi 3 no. 12
3.1 · Prinsip Bernoulli dan aerodinamika	Bedah Prediksi 07 no. 10; Latihan 3.1 no. 1; Latihan 3.1 no. 2; Kuis Bab 3 no. 6; Kuis Bab 3 no. 7; Kuis Bab 3 no. 9; Simulasi 1 no. 6; Simulasi 2 no. 18
3.2 · Gaya-gaya pada pesawat	Bedah Prediksi 07 no. 5; Latihan 3.2 no. 1; Kuis Bab 3 no. 3; Kuis Bab 3 no. 4; Kuis Bab 3 no. 10; Simulasi 1 no. 8; Simulasi 2 no. 10; Simulasi 3 no. 17
3.3 · Flight control surfaces	Bedah Prediksi 07 no. 1; Latihan 3.3 no. 1; Latihan 3.3 no. 2; Kuis Bab 3 no. 1; Kuis Bab 3 no. 2; Kuis Bab 3 no. 5; Kuis Bab 3 no. 8; Simulasi 1 no. 16; Simulasi 2 no. 24; Simulasi 3 no. 18
3.4 · Jenis konstruksi dan bagian struktur pesawat	Bedah Prediksi 07 no. 19; Latihan 3.4 no. 1; Latihan 3.4 no. 2; Latihan 3.4 no. 3; Latihan 3.4 no. 4; Kuis Bab 3 no. 13; Kuis Bab 3 no. 14; Kuis Bab 3 no. 18; Kuis Bab 3 no. 19; Kuis Bab 3 no. 21; Kuis Bab 3 no. 23; Simulasi 1 no. 15; Simulasi 1 no. 20; Simulasi 2 no. 17; Simulasi 3 no. 1; Simulasi 3 no. 2
3.5 · Hukum Newton, kekekalan energi, dan tenaga pendorong	Bedah Prediksi 08 no. 21; Latihan 3.5 no. 1; Kuis Bab 3 no. 11; Kuis Bab 3 no. 17; Kuis Bab 3 no. 20; Simulasi 1 no. 13; Simulasi 2 no. 19; Simulasi 3 no. 19
3.6 · Piston engine	Bedah Prediksi 07 no. 24; Latihan 3.6 no. 1; Latihan 3.6 no. 2; Kuis Bab 3 no. 12; Kuis Bab 3 no. 15; Kuis Bab 3 no. 16; Simulasi 2 no. 8; Simulasi 3 no. 13
3.7 · Gas turbine engine	Bedah Prediksi 07 no. 16; Latihan 3.7 no. 1; Latihan 3.7 no. 2; Kuis Bab 3 no. 22; Kuis Bab 3 no. 24; Kuis Bab 3 no. 25; Simulasi 1 no. 10; Simulasi 2 no. 16; Simulasi 3 no. 14
4.1 · Aircraft material: material pesawat dan korosi	Bedah Prediksi 07 no. 22; Latihan 4.1 no. 1; Latihan 4.1 no. 2; Kuis Bab 4 no. 1; Kuis Bab 4 no. 3; Kuis Bab 4 no. 5; Kuis Bab 4 no. 6; Kuis Bab 4 no. 7; Kuis Bab 4 no. 8; Kuis Bab 4 no. 11; Kuis Bab 4 no. 12; Kuis Bab 4 no. 14; Simulasi 1 no. 19; Simulasi 2 no. 15; Simulasi 3 no. 10
4.2 · Aircraft hardware: baut, mur, rivet, dan pengunci	Bedah Prediksi 07 no. 17; Latihan 4.2 no. 1; Latihan 4.2 no. 2; Kuis Bab 4 no. 2; Kuis Bab 4 no. 4; Kuis Bab 4 no. 9; Kuis Bab 4 no. 10; Kuis Bab 4 no. 13; Kuis Bab 4 no. 16; Kuis Bab 4 no. 18; Kuis Bab 4 no. 19; Kuis Bab 4 no. 25; Simulasi 1 no. 11; Simulasi 2 no. 23; Simulasi 3 no. 15
4.3 · Tools equipment: kunci momen, dongkrak, dan peralatan pendukung	Bedah Prediksi 07 no. 18; Latihan 4.3 no. 1; Kuis Bab 4 no. 15; Kuis Bab 4 no. 17; Kuis Bab 4 no. 20; Kuis Bab 4 no. 21; Kuis Bab 4 no. 22; Kuis Bab 4 no. 23; Kuis Bab 4 no. 24; Simulasi 1 no. 7; Simulasi 2 no. 9; Simulasi 3 no. 4
5.1 · Elektronika dasar dan digital	Bedah Prediksi 07 no. 15; Latihan 5.1 no. 1; Kuis Bab 5 no. 5; Kuis Bab 5 no. 8; Kuis Bab 5 no. 9; Kuis Bab 5 no. 11; Simulasi 1 no. 18; Simulasi 2 no. 12; Simulasi 3 no. 11

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

Sub bab	Soal
5.2 · Sistem kelistrikan pesawat	Bedah Prediksi 07 no. 14; Latihan 5.2 no. 1; Latihan 5.2 no. 2; Kuis Bab 5 no. 1; Kuis Bab 5 no. 3; Kuis Bab 5 no. 7; Kuis Bab 5 no. 10; Kuis Bab 5 no. 12; Simulasi 1 no. 22; Simulasi 2 no. 21; Simulasi 3 no. 16
5.3 · Radio komunikasi dan navigasi	Bedah Prediksi 08 no. 18; Latihan 5.3 no. 1; Kuis Bab 5 no. 2; Kuis Bab 5 no. 4; Kuis Bab 5 no. 6; Kuis Bab 5 no. 13; Simulasi 1 no. 24; Simulasi 2 no. 11; Simulasi 3 no. 20
5.4 · Sistem kendali terbang dasar	Bedah Prediksi 07 no. 25; Latihan 5.4 no. 1; Latihan 5.4 no. 2; Kuis Bab 5 no. 16; Kuis Bab 5 no. 18; Kuis Bab 5 no. 19; Kuis Bab 5 no. 20; Simulasi 1 no. 21; Simulasi 2 no. 6; Simulasi 3 no. 23
5.5 · Instrumen terbang dasar	Bedah Prediksi 07 no. 23; Latihan 5.5 no. 1; Latihan 5.5 no. 2; Kuis Bab 5 no. 14; Kuis Bab 5 no. 15; Kuis Bab 5 no. 17; Kuis Bab 5 no. 22; Simulasi 1 no. 23; Simulasi 3 no. 25
5.6 · Sistem pneumatik dan hidraulik	Bedah Prediksi 07 no. 20; Latihan 5.6 no. 1; Latihan 5.6 no. 2; Kuis Bab 5 no. 21; Kuis Bab 5 no. 23; Kuis Bab 5 no. 24; Kuis Bab 5 no. 25; Simulasi 1 no. 25; Simulasi 2 no. 14; Simulasi 3 no. 24

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 Pesawat Udara

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 Pesawat Udara: 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-smktpu

GRATIS · TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN

SMKTPU · Edisi 1 · Gratis untuk pelajar Indonesia · 2026/2027