

PEMERINTAH PROVINSI KEPULAUAN RIAU
DINAS PENDIDIKAN
SMK NEGERI 5 TANJUNGPINANG
Kompetensi Keahlian: Teknika Kapal Niaga

BUKU TEKS
MENGGAMBAR DESAIN
PERMESINAN
Marine Engineering Drawing and Design

Oleh:
JOKO DARMONO, ST
NIP 197305312022211003

Standar ISO / SNI — Proyeksi Aksonometri, Ortogonal, Gambar Potongan & Gambar Kerja

TANJUNGPINANG
2026

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga buku teks berjudul "Menggambar Desain Permesinan (Marine Engineering Drawing and Design)" ini dapat diselesaikan. Buku ini disusun sebagai bahan ajar utama bagi peserta didik Kompetensi Keahlian Teknik Kapal Niaga di SMK Negeri 5 Tanjungpinang pada tahun 2026.

Gambar teknik merupakan bahasa universal dunia teknik — bahasa yang digunakan oleh para insinyur, perancang, dan teknisi di seluruh dunia untuk mengomunikasikan informasi teknis secara akurat, jelas, dan tidak ambigu. Di atas kapal, kemampuan membaca dan memahami gambar teknik permesinan sangat penting bagi perwira teknik dalam melaksanakan pemasangan, perawatan, dan perbaikan komponen permesinan.

Buku ini membahas: tipe-tipe gambar teknik, standar garis dan penulisan ukuran, proyeksi aksonometri (isometri, dimetri, trimetri), proyeksi ortogonal (sudut pertama dan ketiga), gambar potongan (sectional view), gambar kerja (working drawing), hingga pengenalan gambar berbantuan komputer (CAD). Setiap topik dilengkapi contoh gambar teknis, penjelasan langkah demi langkah, tabel standar, dan latihan soal.

Saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan edisi berikutnya. Semoga buku ini bermanfaat bagi peserta didik dan seluruh insan maritim Indonesia.

Tanjungpinang, 2026
Penulis,

Joko Darmono, ST
NIP 197305312022211003

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	ii
Daftar Isi	iii
Daftar Tabel	v
BAB I — PENGANTAR GAMBAR TEKNIK PERMESINAN KAPAL	1
1.1 Pengertian dan Fungsi Gambar Teknik	1
1.2 Kompetensi yang Akan Dicapai	3
1.3 Standar Gambar Teknik (ISO dan SNI)	4
BAB II — PERLENGKAPAN DAN TIPE GAMBAR	7
2.1 Peralatan Menggambar Teknik	7
2.2 Kertas Gambar dan Format Kertas	10
2.3 Tipe-Tipe Gambar Teknik Permesinan	12
2.4 Etiket/Kepala Gambar (Title Block)	14
2.5 Rangkuman & Latihan Bab II	16
BAB III — GARIS KERJA DAN UKURAN	19
3.1 Standar Garis dalam Gambar Teknik	19
3.2 Huruf dan Angka pada Gambar Teknik	22
3.3 Penulisan Ukuran (Dimensioning)	24
3.4 Toleransi Ukuran dan Suaian	28
3.5 Rangkuman & Latihan Bab III	31
BAB IV — PROYEKSI AKSONOMETRI	34
4.1 Prinsip Dasar Proyeksi Aksonometri	34
4.2 Proyeksi Isometri	37
4.3 Proyeksi Dimetri (Kavalir dan Kabinet)	41
4.4 Proyeksi Trimetri	43
4.5 Langkah Menggambar Proyeksi Isometri	44
4.6 Rangkuman & Latihan Bab IV	46
BAB V — PROYEKSI ORTOGONAL	49
5.1 Prinsip Proyeksi Ortogonal	49
5.2 Proyeksi Sudut Pertama (First Angle — Eropa)	52
5.3 Proyeksi Sudut Ketiga (Third Angle — Amerika)	55
5.4 Pemilihan dan Pengaturan Pandangan	58
5.5 Pandangan Tambahan (Auxiliary View)	61
5.6 Rangkuman & Latihan Bab V	63
BAB VI — GAMBAR POTONGAN (SECTIONAL VIEWS)	66
6.1 Prinsip dan Tujuan Gambar Potongan	66
6.2 Jenis-Jenis Gambar Potongan	68
6.3 Arsiran (Hatching) pada Gambar Potongan	72

6.4	Komponen yang Tidak Dipotong	74
6.5	Rangkuman & Latihan Bab VI	76
BAB VII — GAMBAR KERJA (WORKING DRAWINGS)		79
7.1	Komponen Gambar Kerja Lengkap	79
7.2	Gambar Detail Komponen (Detail Drawing)	82
7.3	Gambar Rakitan (Assembly Drawing)	85
7.4	Daftar Komponen (Parts List / BOM)	88
7.5	Membaca Gambar Kerja Permesinan Kapal	90
7.6	Rangkuman & Latihan Bab VII	93
BAB VIII — KEKASARAN PERMUKAAN DAN PENGANTAR CAD		96
8.1	Simbol dan Nilai Kekasaran Permukaan	96
8.2	Toleransi Geometri (GD&T)	99
8.3	Pengantar Gambar Berbantuan Komputer (CAD)	102
8.4	Rangkuman & Latihan Bab VIII	105
Daftar Pustaka		108
Glosarium		110

BAB I — PENGANTAR GAMBAR TEKNIK PERMESINAN KAPAL

1.1 Pengertian dan Fungsi Gambar Teknik

Gambar teknik adalah gambar yang dibuat dengan cara dan aturan tertentu sesuai standar yang berlaku, digunakan untuk menyampaikan informasi teknis secara akurat dan tidak ambigu dari perancang kepada pembuat/pelaksana. Gambar teknik disebut sebagai "bahasa universal teknik" karena sistem simbol dan aturan yang digunakan berlaku secara internasional — seorang teknisi di Tanjungpinang dapat memahami gambar teknik yang dibuat oleh perancang di Jepang, Jerman, atau Amerika menggunakan standar yang sama.

Di dunia permesinan kapal, gambar teknik berfungsi sebagai:

Fungsi Gambar Teknik	Penjelasan	Contoh Aplikasi di Kapal
Komunikasi Teknis	Menyampaikan informasi desain dari perancang ke teknisi fabrikasi	Gambar cylinder liner untuk pembuatan di bengkel
Dokumentasi Desain	Merekam desain untuk keperluan referensi, modifikasi, atau reproduksi	Arsip gambar teknis kapal untuk kelas (class drawings)
Panduan Fabrikasi	Memberikan informasi lengkap untuk pembuatan komponen (ukuran, toleransi, material, kekasaran)	Gambar kerja poros propeller untuk pabrik
Panduan Perawatan	Membantu teknisi memahami konstruksi komponen saat overhaul	Exploded view pompa untuk panduan pembongkaran
Panduan Reparasi	Menunjukkan dimensi original untuk perbaikan/pergantian komponen	Gambar cylinder head untuk rekondisi
Verifikasi Mutu	Sebagai acuan pemeriksaan dimensi komponen yang sudah dibuat	Pemeriksaan diameter poros setelah machining

Pentingnya Membaca Gambar Teknik bagi Perwira Mesin

Perwira teknik kapal harus mampu MEMBACA gambar teknik (bukan harus pandai menggambar). Kemampuan ini diperlukan untuk: memahami konstruksi komponen saat overhaul, memesan suku cadang yang tepat berdasarkan nomor referensi gambar,

mengikuti instruksi perbaikan dalam service manual, memverifikasi dimensi komponen hasil perbaikan, serta berkomunikasi efektif dengan bengkel darat/shipyard.

1.2 Kompetensi yang Akan Dicapai

1. Mengenal peralatan menggambar dan standar gambar teknik (ISO/SNI) yang berlaku.
2. Memahami dan menggunakan berbagai jenis garis teknik sesuai standar ISO 128.
3. Menuliskan ukuran (dimensioning) dengan benar termasuk toleransi dan suaian.
4. Membuat gambar dalam proyeksi aksonometri (isometri, dimetri, trimetri).
5. Membuat dan membaca gambar dalam proyeksi ortogonal sudut pertama (Eropa) dan sudut ketiga (Amerika).
6. Memahami berbagai jenis gambar potongan dan membuat arsiran yang benar.
7. Membaca dan memahami gambar kerja (working drawing) komponen permesinan kapal secara lengkap.
8. Memahami simbol kekasaran permukaan dan pengantar CAD.

1.3 Standar Gambar Teknik (ISO dan SNI)

Standar gambar teknik ditetapkan oleh badan standarisasi internasional dan nasional untuk memastikan keseragaman dalam pembuatan dan pembacaan gambar teknik di seluruh dunia.

Standar	Badan Penerbit	Cakupan Utama
ISO 128	ISO (International Organization for Standardization)	Jenis-jenis garis dalam gambar teknik
ISO 129	ISO	Penulisan ukuran (dimensioning)
ISO 286	ISO	Sistem toleransi ISO dan suaian (fits)
ISO 1101	ISO	Toleransi geometri (GD&T)
ISO 1302	ISO	Simbol kekasaran permukaan
ISO 5455	ISO	Skala gambar
ISO 5457	ISO	Format kertas dan etiket gambar
SNI 01-1905	BSN (Badan Standardisasi Nasional)	Gambar teknik mesin — standar nasional Indonesia
ISO 8826	ISO	Gambar teknik permesinan (toleransi geometri umum)

ISO vs ANSI — Dua Standar Utama Dunia

Di dunia terdapat dua keluarga standar gambar teknik yang dominan:

- **ISO/DIN** (Eropa/Asia): Menggunakan proyeksi SUDUT PERTAMA (First Angle / Eropa), simbol '⊙' pada etiket. Digunakan di Indonesia, Eropa, Jepang, dan sebagian besar Asia.
- **ANSI** (Amerika Serikat & Kanada): Menggunakan proyeksi SUDUT KETIGA (Third Angle / Amerika), simbol '▲' pada etiket. Digunakan di Amerika Serikat, Kanada, sebagian Amerika Latin.

Keduanya berlaku di industri maritim internasional, sehingga perwira teknik kapal HARUS mampu membaca kedua jenis proyeksi tersebut.

BAB II — PERLENGKAPAN DAN TIPE GAMBAR

2.1 Peralatan Menggambar Teknik

Meskipun gambar teknik modern banyak dibuat dengan bantuan komputer (CAD), pemahaman tentang peralatan gambar tangan (manual drafting) tetap penting sebagai dasar untuk memahami konsep gambar teknik dan untuk situasi di atas kapal di mana akses ke komputer mungkin terbatas.

Peralatan	Fungsi	Catatan Penggunaan
Meja Gambar (Drawing Table)	Bidang datar yang dapat dimiringkan sebagai alas menggambar	Kemiringan ideal 15-30° untuk kenyamanan tangan
Penggaris T (T-Square)	Membuat garis horizontal yang sejajar dengan tepi atas meja	Kepala T ditekan ke tepi kiri meja; pastikan benar-benar tegak lurus
Mistar Segitiga (Triangle/Set Square)	Membuat garis vertikal dan sudut-sudut umum (30°, 45°, 60°, 90°)	Sepasang: satu segitiga 45-45-90° dan satu 30-60-90°
Jangka (Compass)	Membuat lingkaran, busur, dan memindahkan ukuran	Jaga keajegan kaki saat berputar; buat titik pusat sebelum menggambar lingkaran
Mal Lengkung (French Curve)	Membuat kurva tidak beraturan yang tidak bisa dibuat dengan jangka	Gunakan bagian yang cocok dengan kurva yang diinginkan
Pensil Teknik	Garis gambar; hardness: H, 2H (tipis/keras), HB, B (sedang/lunak)	2H untuk garis bantu/konstruksi; H atau HB untuk garis gambar akhir
Rapido (Technical Pen)	Tinta cina untuk garis akhir berkualitas tinggi	Ketebalan nib tetap sesuai ukuran: 0,2 / 0,3 / 0,4 / 0,5 / 0,7 / 1,0 mm
Mal Huruf (Lettering Guide)	Membantu menulis huruf dan angka seragam	Angka teknik harus seragam, miring 75°, atau tegak lurus
Penghapus & Pelindung Penghapus	Menghapus garis yang salah tanpa merusak garis di sekitarnya	Pilih penghapus yang sesuai (pensil atau tinta)
Busur Derajat (Protractor)	Mengukur dan memindahkan sudut	Ukur dari titik pusat yang tepat

2.2 Kertas Gambar dan Format Kertas

Kertas gambar teknik menggunakan standar ukuran seri A sesuai ISO 216. Ukuran A0 adalah yang terbesar, dan setiap ukuran berikutnya adalah setengah dari ukuran sebelumnya (A1 = setengah A0, A2 = setengah A1, dst.).

Format Kertas	Ukuran (mm)	Penggunaan Umum	Luas (m ²)
A0	841 × 1189	Gambar keseluruhan sistem, layout kapal besar	1,000
A1	594 × 841	Gambar rakitan besar, layout permesinan kapal	0,500
A2	420 × 594	Gambar rakitan sedang, gambar detail kelompok	0,250
A3	297 × 420	Gambar detail komponen sedang, banyak dipakai	0,125
A4	210 × 297	Gambar detail komponen kecil, sertifikasi, laporan	0,062

Margin (garis tepi) yang harus diperhatikan pada kertas gambar:

- Tepi kiri (untuk penjilidan): 20 mm (A3 dan lebih besar) / 20 mm (A4)
- Tepi kanan, atas, bawah: 10 mm (A3 dan lebih besar) / 5 mm (A4)

2.3 Tipe-Tipe Gambar Teknik Permesinan

Tipe Gambar	Definisi	Isi	Contoh di Kapal
Gambar Desain (Design/Concept Drawing)	Gambar awal untuk mengembangkan dan mengkomunikasikan konsep desain	Sketsa, ukuran perkiraan, belum final	Desain awal layout kamar mesin
Gambar Detail (Detail Drawing)	Gambar lengkap satu komponen dengan semua informasi fabrikasi	Semua pandangan, ukuran, toleransi, kekasaran, material	Gambar poros propeller untuk machining
Gambar Rakitan (Assembly Drawing)	Gambar yang menunjukkan hubungan antar komponen dalam suatu rakitan	Pandangan rakitan, nomor balon, daftar komponen	Gambar rakitan pompa bilge
Gambar Skematik/Diagram	Gambar yang menunjukkan aliran atau fungsi sistem (bukan bentuk fisik)	Simbol komponen, aliran fluida/listrik	Diagram sistem bahan bakar, diagram P&ID
Gambar Instalasi (Installation Drawing)	Gambar yang menunjukkan pemasangan komponen di lokasi aktual	Lokasi, orientasi, koneksi dengan komponen lain	Gambar pemasangan pompa sea water cooling

Tipe Gambar	Definisi	Isi	Contoh di Kapal
Gambar Potongan (Exploded View)	Gambar 3D yang menunjukkan komponen-komponen terurai dari posisi rakitannya	Semua part terlihat, garis aksis menunjukkan urutan perakitan	Exploded view turbocharger dalam service manual

2.4 Etiket/Kepala Gambar (Title Block)

Etiket (title block / kepala gambar) adalah kotak informasi yang terdapat di sudut kanan bawah kertas gambar, berisi semua informasi administratif dan teknis penting tentang gambar tersebut.

Informasi dalam Etiket	Contoh Isi
Nama/Judul Gambar	POROS PROPELLER — DETAIL KOMPONEN
Nomor Gambar	DWG-ME-005-2026-Rev.02
Skala	1:5 atau 1:10
Satuan Ukuran	mm (milimeter) — standar umum gambar mesin
Standar Proyeksi	Simbol ISO (sudut pertama) atau ANSI (sudut ketiga)
Material	Baja AISI 4340 atau sesuai spesifikasi
Perlakuan Permukaan / Finish	Quench and Temper, kemudian nitriding
Nama Perancang dan Pemeriksa	Joko Darmono, ST — diperiksa oleh ...
Tanggal Dibuat / Revisi	14 Juni 2026 / Revisi terakhir
Instansi/Perusahaan	SMK Negeri 5 Tanjungpinang

SOAL LATIHAN BAB II

A. Pilihan Ganda

9. Ukuran kertas A3 adalah... a. 210×297 mm b. 297×420 mm c. 420×594 mm
d. 841×1189 mm
10. Ukuran rapido (technical pen) 0,5 mm berarti... a. Panjang pena 0,5 mm b.
Diameter nib/ketebalan garis 0,5 mm c. Volume tinta 0,5 mL d. Kecepatan
menggambar 0,5 m/s

B. Soal Uraian

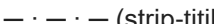
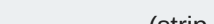
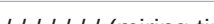
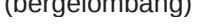
11. Jelaskan minimal 5 fungsi gambar teknik dalam konteks permesinan kapal!
12. Sebutkan dan jelaskan perbedaan antara gambar detail dan gambar rakitan!

13. Sebutkan minimal 8 informasi yang harus ada dalam etiket/title block sebuah gambar teknik!
14. Jelaskan perbedaan standar gambar teknik ISO (Eropa) dan ANSI (Amerika) — perbedaan apa yang paling signifikan bagi perwira teknik kapal?

BAB III — GARIS KERJA DAN UKURAN

3.1 Standar Garis dalam Gambar Teknik

Setiap jenis garis dalam gambar teknik memiliki arti tertentu yang sudah distandardisasi oleh ISO 128. Penggunaan jenis garis yang tepat sangat penting agar gambar dapat dibaca dengan benar oleh semua pihak.

Jenis Garis	Penampilan	Ketebalan	Penggunaan
Garis Gambar/Tepi (Visible Line)	 (penuh, tebal)	Tebal (0,5-1,0 mm)	Garis tepi/rusuk yang terlihat langsung pada tampilan itu
Garis Gambar/Tepi Tersembunyi (Hidden Line)	 (putus-putus)	Sedang (0,35-0,5 mm)	Garis tepi/rusuk yang tersembunyi di balik permukaan lain
Garis Sumbu (Center Line)	 (strip-titik)	Tipis (0,25-0,35 mm)	Garis simetri, sumbu lubang, sumbu silinder, pusat lingkaran
Garis Bantu/Referensi (Extension Line)	 (penuh, tipis)	Tipis (0,25 mm)	Garis yang keluar dari benda untuk penulisan ukuran
Garis Ukuran (Dimension Line)	 (dengan anak panah)	Tipis (0,25 mm)	Menunjukkan panjang/jarak yang diberi ukuran
Garis Potongan (Cutting Plane Line)	 (strip-titik-titik)	Tebal (0,5-0,7 mm)	Menunjukkan bidang pemotongan pada gambar potongan
Garis Arsiran (Section/Hatch Line)	 (miring tipis)	Tipis (0,25 mm)	Mengisi area potongan pada gambar potongan
Garis Batas/Benda (Outline) — tipis	 (penuh, tipis)	Tipis (0,25 mm)	Batas area tampilan, garis bantu konstruksi
Garis Putus (Break Line)	 (bergelombang)	Tipis (0,25 mm)	Menunjukkan obyek dipotong/dipersingkat

Perbandingan Ketebalan Garis

Standar ISO merekomendasikan perbandingan tebal-sedang-tipis = 2:1,4:1 (atau 4:2:1 dalam praktik). Contoh untuk gambar A3: • Garis tebal (visible lines): 0,7 mm • Garis sedang (hidden lines): 0,5 mm • Garis tipis (center, dimension, extension): 0,35 mm Semua garis dalam satu lembar gambar harus konsisten menggunakan perbandingan yang sama.

3.2 Huruf dan Angka pada Gambar Teknik

Tulisan pada gambar teknik harus memenuhi standar agar mudah dibaca dan tidak menimbulkan ambiguitas. Standar ISO 3098 mengatur tulisan pada gambar teknik.

Ketentuan	Standar ISO
Jenis huruf	Huruf cetak (uppercase) yang jelas, tegak lurus atau miring 15° ke kanan
Tinggi huruf minimum	2,5 mm (untuk kertas A4/A3); 3,5 mm (A2-A0)
Lebar garis huruf	Sekitar 1/10 dari tinggi huruf
Jarak antar huruf	Minimum $0,2 \times$ tinggi huruf
Jarak antar kata	Minimum $0,6 \times$ tinggi huruf
Angka desimal	Gunakan koma (,) sesuai standar Eropa/ISO, atau titik (.) sesuai ANSI — pilih satu dan konsisten
Satuan	Cantumkan satuan di keterangan etiket jika semua ukuran dalam satu satuan (misal: ALL DIMENSIONS IN MM)

3.3 Penulisan Ukuran (Dimensioning)

Penulisan ukuran (dimensioning) adalah proses mencantumkan informasi ukuran pada gambar teknik agar komponen dapat dibuat dengan tepat. Penulisan ukuran yang benar dan lengkap sangat penting — kesalahan atau ambiguitas ukuran dapat menyebabkan komponen yang dibuat tidak sesuai fungsinya.

Elemen Dimensioning

15. GARIS UKURAN (Dimension Line): Garis dengan anak panah di kedua ujung yang menunjukkan batas ukuran yang diberikan. Harus sejajar dengan elemen yang diukur.
16. GARIS REFERENSI/BANTU (Extension Line): Garis tipis yang ditarik dari tepi benda (tegak lurus terhadap permukaan yang diukur) untuk menunjukkan batas ukuran. Tidak menyentuh benda kerja (sisakan gap 1-2 mm), dan melewati garis ukuran 2-3 mm.
17. ANAK PANAH (Arrowhead): Di ujung garis ukuran, menunjuk ke garis referensi. Panjang anak panah 3-6 mm. Dalam ISO: anak panah tertutup (filled); dalam beberapa standar lain: tanda garis miring (tick mark).
18. ANGKA UKURAN (Dimension Figure): Angka yang menunjukkan nilai ukuran, ditempatkan di tengah dan sedikit di atas garis ukuran, atau pada garis pemimpin.

Prinsip-Prinsip Penulisan Ukuran

- PRINSIP KELENGKAPAN: Setiap dimensi yang dibutuhkan untuk membuat komponen harus tercantum — tidak lebih, tidak kurang. Jangan ada ukuran ganda (duplikasi) kecuali dengan alasan tertentu (reference dimension dalam kurung).

- **PRINSIP KEJELASAN:** Ukuran harus mudah dibaca dan tidak saling tumpang tindih. Tempatkan ukuran pada pandangan yang paling jelas menunjukkan fitur tersebut.
- **PRINSIP KONSISTENSI:** Gunakan satuan yang sama di seluruh gambar. Cantumkan satuan di etiket jika semua ukuran dalam satu satuan.
- **PRINSIP FUNGSIONALITAS:** Ukuran diberikan berdasarkan FUNGSI komponen, bukan kemudahan pembuatan. Ukuran fungsional (yang menentukan kinerja komponen) diberi toleransi lebih ketat.

Dimensioning Elemen Khusus

Elemen	Simbol Prefix	Contoh Penulisan	Keterangan
Diameter	∅ (phi)	∅50 atau ∅50h7	Untuk lingkaran/silinder; simbol ∅ sebelum angka
Radius	R	R25	Untuk busur/fillet — hanya satu ujung anak panah ke pusat
Bola/Sphere	S∅ atau SR	S∅100, SR50	Untuk permukaan bola
Persegi (Square)	□ (kotak)	□50	Untuk penampang persegi
Kedalaman lubang	↓ atau DEEP	∅20 ↓ 30	Diameter dan kedalaman lubang
Ulir (Thread)	M (metrik)	M20×2,5 atau M20	Diameter nominal dan pitch ulir metrik
Chamfer (patahan tepi)	C atau 45°×	C2 atau 2×45°	Patahan tepi 45° dengan lebar 2 mm

3.4 Toleransi Ukuran dan Suaian

Dalam praktik pembuatan (manufacturing), tidak ada komponen yang dapat dibuat TEPAT sesuai ukuran nominal (ukuran yang tertulis di gambar). Selalu ada penyimpangan yang tidak dapat dihindari. Toleransi adalah besarnya penyimpangan yang masih diizinkan dari ukuran nominal.

Istilah-Istilah Toleransi (ISO 286)

Istilah	Simbol	Definisi
Ukuran Nominal	N	Ukuran yang tertulis dalam gambar sebagai referensi desain
Ukuran Maksimum	N_max	Ukuran terbesar yang masih diterima = Nominal + Upper Deviation

Istilah	Simbol	Definisi
Ukuran Minimum	N_min	Ukuran terkecil yang masih diterima = Nominal + Lower Deviation
Penyimpangan Atas (Upper Deviation)	ES (lubang) / es (poros)	Selisih antara ukuran maksimum dan ukuran nominal
Penyimpangan Bawah (Lower Deviation)	EI (lubang) / ei (poros)	Selisih antara ukuran minimum dan ukuran nominal
Toleransi (IT Grade)	IT	Selisih antara ukuran maksimum dan minimum: $T = N_{max} - N_{min}$

Toleransi (T) = N_max – N_min = Upper Deviation – Lower Deviation

Contoh: $\varnothing 50H7$ berarti: Nominal $\varnothing 50$, kode H = posisi toleransi, kode 7 = grade toleransi IT7

Suaian (Fits)

Suaian menjelaskan hubungan antara poros (shaft) dan lubang (hole) yang dipasangkan.

Terdapat tiga jenis suaian:

Jenis Suaian	Kondisi	Karakteristik	Aplikasi
Suaian Longgar (Clearance Fit)	Lubang selalu lebih besar dari poros	Selalu ada celah (clearance) antara poros dan lubang	Bearing luncur berputar, piston dalam silinder
Suaian Transisi (Transition Fit)	Bisa longgar atau sesak tergantung ukuran aktual	Kadang ada clearance, kadang ada interference (sesak)	Kopling, hub roda gigi — perlu presisi tapi dapat dibongkar
Suaian Sesak/Tekan (Interference Fit)	Poros selalu lebih besar dari lubang	Selalu ada kelebihan poros (interference) — harus ditekan atau dipanaskan untuk pemasangan	Bimetal bearing ring ke housing, coupling ke shaft — tak dapat dibongkar tanpa alat khusus

Contoh Soal Toleransi

Sebuah lubang berdiameter $\varnothing 50 H7$ dengan $IT7 = 25 \mu m$, dan fundamental deviation $H = 0$ (lower deviation = 0). N_{max} lubang = $50 + 0,025 = 50,025 \text{ mm}$ N_{min} lubang = $50 + 0 = 50,000 \text{ mm}$ Sebuah poros $\varnothing 50 g6$ dengan $IT6 = 16 \mu m$, fundamental deviation $g = -9 \mu m$ (upper deviation = $-0,009 \text{ mm}$): es (upper) = $-0,009 \text{ mm}$; ei (lower) = $-0,009 - 0,016 = -0,025 \text{ mm}$ N_{max} poros = $50 - 0,009 = 49,991 \text{ mm}$ N_{min} poros = $50 - 0,025 = 49,975 \text{ mm}$

mm Jenis suaian H7/g6: Clearance min = $50,000 - 49,991 = 0,009$ mm; Clearance max = $50,025 - 49,975 = 0,050$ mm → SUAIAN LONGGAR (cocok untuk bearing luncur)

SOAL LATIHAN BAB III

A. Pilihan Ganda

19. Garis putus-putus (dashed line) pada gambar teknik digunakan untuk menunjukkan...
a. Garis sumbu/simetri b. Garis potongan c. Garis tepi yang tersembunyi d. Garis ukuran
20. Simbol $\varnothing$ pada gambar teknik berarti... a. Radius b. Diameter c. Panjang d. Lebar
21. Toleransi ukuran adalah... a. Ukuran nominal b. Ukuran terbesar komponen c. Selisih antara ukuran maksimum dan minimum yang diizinkan d. Ukuran terkecil komponen

B. Soal Uraian

22. Jelaskan minimal 6 jenis garis dalam gambar teknik beserta fungsinya masing-masing!
23. Jelaskan 4 prinsip penulisan ukuran (dimensioning) yang benar!
24. Sebuah lubang memiliki ukuran $\varnothing 80$ H8, dimana IT8 = $46 \mu\text{m}$ dan fundamental deviation H = 0. Hitunglah ukuran maksimum, ukuran minimum, dan nilai toleransinya!
25. Jelaskan perbedaan antara suaian longgar (clearance fit), suaian transisi (transition fit), dan suaian sesak (interference fit) beserta contoh aplikasinya di kapal!

BAB IV — PROYEKSI AKSONOMETRI

Proyeksi aksonometri adalah metode gambar tiga dimensi (3D) yang menggambarkan objek dalam satu pandangan dengan tiga sumbu (X, Y, Z) terlihat sekaligus. Gambar aksonometri memberikan gambaran visual yang intuitif tentang bentuk 3D suatu objek, sangat berguna untuk penjelasan teknis, katalog suku cadang, dan manual perawatan.

4.1 Prinsip Dasar Proyeksi Aksonometri

Pada proyeksi aksonometri, garis-garis proyeksi sejajar satu sama lain (parallel projection) dan tegak lurus terhadap bidang gambar. Objek "diputar" sedemikian rupa sehingga tiga sumbu utama terlihat dalam satu pandangan.

Klasifikasi Proyeksi Aksonometri

Jenis Proyeksi	Sudut Sumbu (terhadap garis horizontal)	Faktor Perpendekan Sumbu	Karakteristik
Isometri	Ketiga sumbu membuat sudut 120° satu sama lain (30° , 30° , 90° dengan horizontal)	Ketiga sumbu: 1 : 1 : 1 (tidak ada perpendekan — ditampilkan panjang penuh)	Paling umum digunakan; semua sumbu setara — mudah digambar dan dibaca
Dimetri	Dua sumbu membuat sudut yang sama, satu berbeda	Dua sumbu setara, satu berbeda	Lebih realistis dari isometri (perspektif lebih baik), dua jenis utama: kavalir dan kabinet
Trimetri	Ketiga sumbu membuat sudut yang berbeda	Ketiga sumbu berbeda	Paling realistis, paling kompleks untuk digambar

💡 Mengapa Gambar Isometri Tampak 'Tidak Nyata'?

Pada proyeksi isometri, sumbu Y (vertikal/tinggi) dan sumbu X, Z (horizontal/kedalaman) masing-masing membuat sudut 30° dengan garis horizontal. Artinya, semua GARIS yang sejajar dengan tiga sumbu utama DIGAMBAR DENGAN PANJANG PENUH (skala 1:1). Inilah yang membuat isometri mudah digambar — tidak perlu perhitungan perpendekan. Namun, hasilnya terlihat sedikit 'tidak alami' (garis vertikal terlihat terlalu tinggi) karena mata manusia sesungguhnya melihat objek dengan PERSPEKTIF (semakin jauh semakin kecil)

— bukan paralel. Untuk keperluan teknik, isometri tetap menjadi standar karena ukuran dapat diambil langsung dari gambar tanpa koreksi skala.

4.2 Proyeksi Isometri

Karakteristik Proyeksi Isometri

- Ketiga sumbu membentuk sudut 120° satu sama lain dalam bidang gambar.
- Sumbu vertikal (Y) tegak lurus (90° dari horizontal).
- Dua sumbu horizontal (X dan Z) masing-masing membuat sudut 30° dari garis horizontal.
- SEMUA garis yang sejajar dengan tiga sumbu utama digambar dengan PANJANG PENUH (faktor perpendekan = 1).
- Garis yang TIDAK sejajar dengan sumbu utama TIDAK dapat diukur langsung dari gambar isometri.

Menggambar Lingkaran dalam Isometri

Lingkaran tidak dapat digambar sebagai lingkaran dalam proyeksi isometri — lingkaran menjadi ELIPS. Terdapat dua metode untuk menggambar lingkaran isometri:

26. Metode Kotak (Four-Centre Method): Buat kotak (rhombus/jajaran genjang) isometri selebar diameter lingkaran. Dengan konstruksi geometri, tentukan empat titik pusat busur yang membentuk elips perkiraan (approximate ellipse). Hubungkan dengan busur-busur. Metode ini memberikan hasil yang mendekati akurat dan paling umum digunakan.
27. Metode Mal Elips: Gunakan mal elips berukuran yang sesuai (untuk isometri, gunakan ellipse $35^\circ 16'$). Lebih cepat namun memerlukan mal yang tepat.

Posisi Lingkaran	Orientasi Sumbu Elips	Catatan
Di bidang ATAS (horizontal)	Sumbu mayor elips membuat sudut dengan garis horizontal	Lingkaran pada permukaan horizontal benda isometri
Di bidang DEPAN (frontal)	Sumbu mayor elips vertikal	Lingkaran pada permukaan depan benda isometri
Di bidang SAMPING (profil)	Sumbu mayor elips membuat sudut dengan garis horizontal	Lingkaran pada permukaan samping benda isometri

4.3 Proyeksi Dimetri (Kavalir dan Kabinet)

A. Proyeksi Kavalir (Cavalier)

Pada proyeksi kavalir, sumbu X dan Y horizontal/vertikal digambar dengan panjang penuh (faktor = 1), sedangkan sumbu Z (kedalaman) digambar miring 45° ke kanan atas dengan panjang PENUH (faktor = 1). Hasilnya terlihat agak 'berlebihan' pada dimensi kedalaman.

B. Proyeksi Kabinet (Cabinet)

Identik dengan proyeksi kavalir, tetapi sumbu Z (kedalaman) digambar dengan faktor perpendekan 0,5 (setengah panjang sebenarnya). Proyeksi kabinet memberikan tampilan visual yang lebih proporsional dan lebih sering digunakan dalam gambar teknik furniture dan interior.

Aspek	Isometri	Kavalir	Kabinet
Sudut sumbu kedalaman	30° dari horizontal	45° dari horizontal	45° dari horizontal
Faktor sumbu X (lebar)	1	1	1
Faktor sumbu Y (tinggi)	1	1	1
Faktor sumbu Z (kedalaman)	1 (diperpendek secara visual)	1	0,5
Kesan visual	Agak tidak natural	Kedalaman berlebihan	Lebih natural, proporsional
Kemudahan menggambar	Mudah	Mudah	Mudah

4.4 Proyeksi Trimetri

Proyeksi trimetri menggunakan tiga sudut sumbu yang berbeda dan tiga faktor perpendekan yang berbeda pula. Proyeksi ini menghasilkan gambar yang paling realistis dan mendekati tampilan perspektif, namun paling rumit dalam penggambarannya karena memerlukan perhitungan faktor perpendekan masing-masing sumbu.

Dalam praktik, proyeksi trimetri jarang digunakan dalam gambar teknik standar. Namun beberapa perangkat lunak CAD 3D secara default menggunakan posisi pandangan yang menyerupai trimetri untuk tampilan isometri yang lebih natural.

4.5 Langkah Menggambar Proyeksi Isometri

Berikut adalah langkah sistematis menggambar benda sederhana dalam proyeksi isometri:

28. BUAT TITIK AWAL: Tentukan titik sudut depan-bawah benda sebagai titik referensi.
29. GAMBAR KERANGKA ISOMETRI (ISOMETRIC BOX): Dari titik awal, gambar tiga sumbu isometri (satu vertikal, dua membuat sudut 30° ke kanan dan kiri dari horizontal). Tandai panjang, lebar, dan tinggi benda pada sumbu masing-masing.
30. LENGKAPI KOTAK ISOMETRI: Hubungkan titik-titik ujung untuk membentuk kotak/balok isometri yang merupakan batas terluar benda.

31. TAMBAHKAN DETAIL: Gambarka fitur-fitur detail benda (lubang, chamfer, tonjolan) dengan menandai posisinya pada sumbu isometri terlebih dahulu.
32. HAPUS GARIS BANTU: Hapus garis konstruksi yang tidak diperlukan.
33. TEBALKAN GARIS GAMBAR AKHIR: Pertebal garis-garis yang terlihat dengan garis tebal, gambar garis tersembunyi dengan garis putus-putus jika diperlukan.

Contoh Aplikasi: Membaca Gambar Isometri Flanged Pipe

Pada gambar isometri sistem perpipaan di kapal, pipa flange ditampilkan dalam proyeksi isometri untuk memudahkan pemahaman routing (jalur) pipa. Pembacaan:

- Garis vertikal pada gambar = pipa yang berjalan vertikal di kapal
- Garis 30° ke kanan = pipa yang berjalan ke kanan (fore-aft atau port-starboard)
- Garis 30° ke kiri = pipa yang berjalan ke kiri (arah lainnya)
- Simbol kotak kecil pada ujung pipa = flange
- Simbol V atau X = valve
- Nomor pada pipa = nomor referensi pipa (diameter, schedule, material)

SOAL LATIHAN BAB IV

A. Pilihan Ganda

34. Pada proyeksi isometri, ketiga sumbu membentuk sudut satu sama lain sebesar... a. 90° b. 60° c. 120° d. 45°
35. Faktor perpendekan sumbu kedalaman pada proyeksi kabinet adalah... a. 1 (panjang penuh) b. 0,7 c. 0,5 d. 0,25
36. Lingkaran digambarkan sebagai apa dalam proyeksi isometri? a. Lingkaran sempurna b. Segi empat c. Elips d. Parabola

B. Soal Uraian

37. Jelaskan perbedaan proyeksi isometri, dimetri (kavalir), dan kabinet dari segi sudut sumbu dan faktor perpendekan!
38. Jelaskan langkah-langkah sistematis membuat gambar proyeksi isometri sebuah benda berbentuk balok berlubang (hollow block)!
39. Mengapa lingkaran menjadi elips dalam proyeksi isometri? Jelaskan metode kotak (four-centre method) untuk menggambar elips isometri!
40. Jelaskan bagaimana gambar isometri sistem perpipaan kapal dibaca — apa arti garis vertikal, garis 30°, dan simbol-simbol pada pipa?

BAB V — PROYEKSI ORTOGONAL

Proyeksi ortogonal (orthographic projection) adalah metode gambar yang menampilkan objek dalam BEBERAPA PANDANGAN yang saling tegak lurus, masing-masing menunjukkan satu sisi objek secara akurat tanpa distorsi perspektif. Proyeksi ortogonal adalah metode utama yang digunakan dalam gambar teknik industri karena memberikan informasi dimensi yang akurat dan dapat diukur langsung dari gambar.

5.1 Prinsip Proyeksi Ortogonal

Pada proyeksi ortogonal, objek ditempatkan di dalam kotak proyeksi (glass box) yang keenam sisinya merupakan bidang proyeksi. Garis-garis proyeksi (sinar pandang) tegak lurus terhadap bidang proyeksi. Bayangan (proyeksi) objek pada setiap sisi kotak merepresentasikan pandangan objek dari arah tersebut.

Pandangan Standar dalam Proyeksi Ortogonal

Nama Pandangan	Arah Penglihatan	Posisi pada Layout Gambar
Pandangan Depan (Front View/FV)	Dari depan objek	Pusat/referensi — pandangan utama yang paling informatif
Pandangan Atas (Top View/TV)	Dari atas objek	Di atas pandangan depan
Pandangan Samping Kanan (Right Side View/RSV)	Dari kanan objek	Di kanan pandangan depan
Pandangan Samping Kiri (Left Side View/LSV)	Dari kiri objek	Di kiri pandangan depan
Pandangan Bawah (Bottom View/BV)	Dari bawah objek	Di bawah pandangan depan
Pandangan Belakang (Rear View/RV)	Dari belakang objek	Di kiri pandangan kiri (atau kanan pandangan kanan)

Prinsip Korespondensi antar Pandangan

Dalam proyeksi ortogonal, fitur yang sama pada objek harus konsisten muncul di semua pandangan. Cara memverifikasinya:

- Pandangan Depan dan Atas: berbagi LEBAR yang sama (horizontal)
- Pandangan Depan dan Samping: berbagi TINGGI yang sama (vertikal)
- Pandangan Atas dan Samping: berbagi KEDALAMAN yang sama

Jika sebuah lubang muncul di posisi tertentu pada pandangan depan, lubang tersebut harus muncul di posisi

yang bersesuaian pada pandangan atas dan pandangan samping. Inkonsistensi menunjukkan kesalahan gambar.

5.2 Proyeksi Sudut Pertama (First Angle — Standar Eropa/ISO)

Pada proyeksi sudut pertama (First Angle Projection / FAP), objek berada di antara pengamat dan bidang proyeksi. Dengan kata lain, objek 'menghalangi' bidang proyeksi — bayangan jatuh di BALIK objek dari sudut pandang pengamat.

Tata Letak Pandangan dalam Proyeksi Sudut Pertama

Pandangan	Posisi dalam Layout FAP
Pandangan Depan	Pusat (referensi)
Pandangan Atas	DI BAWAH pandangan depan (kebalikan dari intuisi)
Pandangan Samping Kanan	DI KIRI pandangan depan
Pandangan Samping Kiri	DI KANAN pandangan depan
Pandangan Belakang	Di paling kiri atau paling kanan

Perhatian: Tata Letak FAP vs TAP Berlawanan!

Tata letak pandangan dalam proyeksi sudut pertama (FAP/ISO) BERLAWANAN dengan proyeksi sudut ketiga (TAP/ANSI):

- FAP (ISO/Eropa): Pandangan atas di BAWAH; pandangan samping kanan di KIRI
- TAP (ANSI/Amerika): Pandangan atas di ATAS; pandangan samping kanan di KANAN

Kesalahan membaca proyeksi (mengira FAP sebagai TAP atau sebaliknya) dapat menyebabkan komponen dibuat TERBALIK atau SALAH. Selalu periksa simbol proyeksi pada etiket gambar!

Simbol Proyeksi Sudut Pertama

Simbol proyeksi sudut pertama (First Angle) pada etiket gambar ditunjukkan dengan gambar kerucut terpotong: gambar kerucut dilihat dari samping dan dari ujungnya — pandangan samping (lingkaran) ada di KIRI pandangan depan (trapesoid). Simbol ini wajib dicantumkan pada setiap gambar teknik untuk menghindari kesalahan pembacaan.

5.3 Proyeksi Sudut Ketiga (Third Angle — Standar Amerika/ANSI)

Pada proyeksi sudut ketiga (Third Angle Projection / TAP), bidang proyeksi berada di antara pengamat dan objek. Bayangan jatuh pada bidang proyeksi yang 'transparan' di depan objek dari sudut pandang pengamat — posisi bayangan lebih intuitif.

Tata Letak Pandangan dalam Proyeksi Sudut Ketiga

Pandangan	Posisi dalam Layout TAP
Pandangan Depan	Pusat (referensi)
Pandangan Atas	DI ATAS pandangan depan (intuitif — lihat dari atas, gambar di atas)
Pandangan Samping Kanan	DI KANAN pandangan depan (intuitif — lihat dari kanan, gambar di kanan)
Pandangan Samping Kiri	DI KIRI pandangan depan
Pandangan Belakang	Di paling kanan

5.4 Pemilihan dan Pengaturan Pandangan

Tidak semua enam pandangan standar perlu ditampilkan dalam setiap gambar. Jumlah pandangan yang dipilih harus MINIMUM namun CUKUP untuk mendeskripsikan bentuk objek sepenuhnya tanpa ambiguitas.

Panduan Pemilihan Pandangan

- **PANDANGAN UTAMA (Front View):** Pilih pandangan yang paling banyak menunjukkan fitur benda — umumnya menampilkan bentuk yang paling kompleks atau paling informatif tentang fungsi komponen.
- **PANDANGAN MINIMUM:** Banyak objek sederhana dapat dideskripsikan dengan hanya 2 pandangan. Tambah pandangan ketiga hanya jika diperlukan.
- **HINDARI GARIS TERSEMBUNYI BERLEBIHAN:** Pilih pandangan yang meminimalkan penggunaan garis putus-putus (garis tersembunyi) — jika terlalu banyak garis tersembunyi, pertimbangkan menambah pandangan atau menggunakan gambar potongan.
- **PANDANGAN UTAMA HORIZONTAL:** Komponen yang lebih panjang dari lebar sebaiknya diorientasikan horizontal pada bidang gambar untuk penggunaan ruang yang efisien.

5.5 Pandangan Tambahan (Auxiliary View)

Pandangan tambahan (auxiliary view) digunakan untuk menampilkan permukaan yang miring (inclined/oblique) dalam ukuran dan bentuk yang sebenarnya (true shape), yang tidak dapat ditampilkan secara akurat oleh pandangan standar (tampil terdistorsi).

Kapan Pandangan Tambahan Diperlukan?

Ketika sebuah komponen memiliki PERMUKAAN MIRING yang penting untuk digambarkan secara akurat (misalnya: bidang miring pada blok mesin, permukaan flange yang tidak tegak lurus, atau lubang yang dibor pada sudut tertentu), pandangan tambahan digambar dengan bidang proyeksi SEJAJAR dengan permukaan miring tersebut. Hasilnya adalah tampilan permukaan miring dalam bentuk dan ukuran yang SEBENARNYA — sehingga dapat diberi ukuran dengan tepat.

SOAL LATIHAN BAB V

A. Pilihan Ganda

41. Pada proyeksi sudut pertama (First Angle Projection / ISO), pandangan atas ditempatkan... a. Di atas pandangan depan b. Di bawah pandangan depan c. Di kanan pandangan depan d. Di kiri pandangan depan
42. Proyeksi sudut ketiga (Third Angle Projection / ANSI) berbeda dari sudut pertama dalam hal... a. Jumlah pandangan b. Ukuran gambar c. Tata letak pandangan (pandangan atas di atas) d. Jenis garis yang digunakan
43. Pandangan tambahan (auxiliary view) digunakan untuk menampilkan... a. Detail kecil yang sulit terlihat b. Permukaan miring dalam bentuk dan ukuran sebenarnya c. Potongan internal komponen d. Komponen dari bawah

B. Soal Uraian

44. Jelaskan prinsip 'kotak proyeksi' (glass box concept) dalam proyeksi ortogonal dan bagaimana pandangan-pandangan dibentuk dari konsep ini!
45. Jelaskan perbedaan tata letak pandangan antara proyeksi sudut pertama (FAP/ISO) dan sudut ketiga (TAP/ANSI) — dan mengapa penting untuk selalu memeriksa simbol proyeksi pada etiket gambar!
46. Sebutkan panduan pemilihan pandangan dalam proyeksi ortogonal — bagaimana menentukan berapa pandangan yang diperlukan untuk mendeskripsikan suatu komponen?
47. Jelaskan kapan dan mengapa pandangan tambahan (auxiliary view) diperlukan! Berikan contoh komponen permesinan kapal yang memerlukan pandangan tambahan.

BAB VI — GAMBAR POTONGAN (SECTIONAL VIEWS)

Gambar potongan digunakan untuk menampilkan fitur internal suatu komponen yang tersembunyi di dalam dan tidak dapat terlihat pada pandangan biasa. Daripada menggunakan banyak garis tersembunyi (hidden lines) yang membuat gambar sulit dibaca, bidang pemotongan imajiner memotong objek untuk mengekspos bagian dalamnya.

6.1 Prinsip dan Tujuan Gambar Potongan

Gambar potongan (sectional view) dibuat dengan cara membayangkan objek 'dipotong' oleh suatu bidang potong (cutting plane) imajiner. Bagian antara pengamat dan bidang potong 'dibuang', sehingga bagian dalam objek terlihat. Area yang terpotong (material yang terpotong langsung oleh bidang potong) diarsir.

Simbol Bidang Potong

Bidang potong ditunjukkan pada pandangan di mana posisi pemotongan terlihat, menggunakan GARIS POTONGAN (cutting plane line) — garis strip-titik-titik yang tebal, dengan anak panah di ujungnya menunjukkan arah pandang untuk melihat hasil potongan. Huruf kapital (A-A, B-B, C-C) digunakan untuk mengidentifikasi pasangan bidang potong dan pandangan potongan yang dihasilkan.

6.2 Jenis-Jenis Gambar Potongan

Jenis Potongan	Definisi	Penggunaan	Gambar Potongan
Potongan Penuh (Full Section)	Bidang potong memotong SELURUH objek dari satu tepi ke tepi lainnya	Komponen yang seluruh bagian dalamnya perlu ditampilkan	Potongan A-A melewati seluruh lebar/panjang komponen
Potongan Setengah (Half Section)	Bidang potong memotong SETENGAH objek — satu pandangan menampilkan setengah potongan dan setengah tampilan luar	Komponen simetri (flange, hub, piston) yang ingin menampilkan luar dan dalam sekaligus	Garis simetri menjadi batas antara tampilan luar dan potongan
Potongan Sebagian (Partial/Broken-Out Section)	Hanya sebagian kecil objek yang 'dipatahkan' untuk menampilkan detail internal lokal	Menampilkan detail spesifik tanpa mengorbankan tampilan luar keseluruhan	Garis bergelombang (break line) menandai batas potongan

Jenis Potongan	Definisi	Penggunaan	Gambar Potongan
Potongan Putar (Revolved Section)	Penampang melintang dari sebuah fitur diputar 90° dan ditampilkan langsung di atas pandangan	Menampilkan bentuk penampang rib, spoke, batang profil	Penampang digambar langsung di atas pandangan utama
Potongan Pindah (Removed Section)	Seperti revolved section, tetapi penampang dipindah ke tempat lain di kertas (tidak di atas pandangan)	Jika penampang terlalu besar atau perlu detail tambahan	Label A-A, B-B menghubungkan dengan bidang potong
Potongan Ofset (Offset Section)	Bidang potong berbelok (offset) untuk melewati beberapa fitur yang tidak segaris	Komponen dengan fitur-fitur penting yang tidak berada dalam satu garis lurus	Garis potong berbelok — sudut selalu 90°

6.3 Arsiran (Hatching) pada Gambar Potongan

Arsiran (hatching) adalah pola garis miring yang mengisi area material yang terpotong langsung oleh bidang potong, membedakannya dari ruang kosong (rongga/lubang) dan permukaan yang tidak terpotong.

Ketentuan Arsiran	Detail
Sudut arsiran standar	45° terhadap garis horizontal utama gambar
Jarak antar garis arsiran	2-3 mm (untuk skala normal) — konsisten dalam satu area
Ketebalan garis arsiran	Tipis (sama dengan garis bantu/extension line)
Arsiran berbeda material	Pola arsiran berbeda untuk material berbeda (baja, besi tuang, bahan non-logam, dll.) — lihat ISO 128-50
Komponen berdampingan	Arah arsiran BERBEDA antar komponen yang berbeda dalam potongan rakitan
Komponen yang sama (terputus)	Arah dan jarak arsiran SAMA untuk komponen yang sama yang terpotong di beberapa tempat

Pola Arsiran Standar untuk Berbagai Material (ISO 128-50)

Material	Pola Arsiran	Keterangan
Logam (baja, besi tuang, umum)	Garis miring 45°, jarak 2-3 mm	Paling umum — digunakan untuk semua logam jika tidak dibedakan
Besi Tuang (Cast Iron)	Garis miring 45°, lebih rapat	Kadang dibedakan dari baja
Tembaga dan Paduan	Garis miring 45° dengan tanda dot	Untuk perunggu, kuningan pada gambar rakitan

Material	Pola Arsiran	Keterangan
Karet, Plastik, Insulasi	Garis miring 45° lebih rapat + garis miring berlawanan (cross-hatch)	Untuk bahan non-logam
Cairan (ruang berisi fluida)	Garis horizontal rapat	Untuk area berisi cairan dalam potongan
Beton	Titik-titik tak teratur	Untuk pondasi, beton

6.4 Komponen yang Tidak Dipotong (Components Not Sectioned)

Dalam gambar potongan rakitan, terdapat beberapa komponen yang TIDAK diarsir meskipun bidang potong melewatinya. Komponen-komponen ini tidak diarsir karena arsiran akan menyembunyikan bentuknya yang sudah dikenal dengan baik, atau karena memotongnya tidak memberikan informasi tambahan yang berguna.

Komponen Tidak Dipotong	Alasan
Poros/Shaft (pejal)	Penampang melintang poros berbentuk lingkaran — tidak ada informasi tambahan dari potongan; arsiran justru menyembunyikan detail panjang dan fitur poros
Baut, Mur, Paku Ulir	Komponen standar yang sudah dikenal; arsiran pada thread tidak informatif
Pin, Pasak (Key)	Komponen pejal standar; bentuknya sudah jelas tanpa arsiran
Bola/Roda Bantalan (Bearing Balls/Rollers)	Elemen bergulir dalam bearing — bentuknya sudah jelas
Pegas (Spring)	Ditampilkan sebagai simbol atau garis diagonal, bukan potongan
Rusuk Penguat (Rib/Web)	Jika bidang potong memotong rusuk SECARA MEMANJANG (longitudinal), rusuk tidak diarsir — hanya diarsir jika dipotong MELINTANG

Contoh Penerapan: Potongan Penuh Pompa Sentrifugal

Gambar potongan penuh A-A pada pompa sentrifugal memotong melalui garis sumbu poros, memperlihatkan: casing/volute, impeller, poros, bearing di kedua sisi, dan mechanical seal. Dalam gambar potongan ini: Casing diarsir (logam terpotong), impeller diarsir (logam terpotong), POROS TIDAK DIARSIR (poros pejal — konvensi gambar teknik), bearing balls/rollers tidak diarsir, mechanical seal diarsir atau diberi pola arsiran khusus.

SOAL LATIHAN BAB VI

A. Pilihan Ganda

48. Sudut arsiran standar pada gambar potongan adalah... a. 30° b. 45° c. 60° d. 90°
49. Komponen yang TIDAK diarsir meskipun bidang potong melewatinya adalah... a. Casing pompa b. Impeller c. Poros (shaft) d. Flange
50. Potongan yang paling cocok untuk menampilkan detail internal dan eksternal komponen simetri (seperti piston) secara bersamaan adalah... a. Potongan penuh b. Potongan setengah c. Potongan sebagian d. Potongan offset

B. Soal Uraian

51. Jelaskan mengapa gambar potongan diperlukan dalam gambar teknik — apa keterbatasan pandangan ortogonal biasa yang diatasi oleh gambar potongan?
52. Jelaskan perbedaan antara potongan penuh, potongan setengah, dan potongan sebagian (partial section) — kapan masing-masing digunakan?
53. Mengapa poros (shaft) tidak diarsir meskipun bidang potong melewatinya? Sebutkan komponen-komponen lain yang mengikuti konvensi yang sama!
54. Jelaskan ketentuan arsiran pada gambar potongan rakitan yang memiliki beberapa komponen berbeda material!

BAB VII — GAMBAR KERJA (WORKING DRAWINGS)

Gambar kerja (working drawing) adalah kumpulan gambar teknik yang memberikan SEMUA informasi yang dibutuhkan untuk membuat, merakit, mengoperasikan, dan merawat suatu mesin atau komponen. Gambar kerja lengkap harus bisa dipahami oleh seorang teknisi terlatih tanpa memerlukan penjelasan tambahan.

7.1 Komponen Gambar Kerja Lengkap

Komponen Gambar Kerja	Isi	Tujuan
Gambar Detail	Satu komponen, semua pandangan, semua ukuran, toleransi, kekasaran, material	Panduan pembuatan setiap komponen individual
Gambar Rakitan	Semua komponen dalam posisi rakitan, nomor balon, garis aksis	Panduan perakitan dan pemahaman hubungan antar komponen
Daftar Komponen (BOM)	Nomor, nama, jumlah, material, nomor standar setiap komponen	Referensi untuk pemesanan material dan suku cadang
Etiket (Title Block)	Judul, nomor gambar, skala, proyeksi, material umum, nama/tanda tangan, tanggal	Identifikasi dan administrasi gambar
Catatan Umum (General Notes)	Toleransi umum, perlakuan permukaan umum, material umum, standar yang berlaku	Informasi yang berlaku untuk seluruh gambar

7.2 Gambar Detail Komponen (Detail Drawing)

Gambar detail adalah gambar individual satu komponen yang harus memuat semua informasi yang diperlukan untuk memproduksi komponen tersebut tanpa referensi ke gambar lain.

Checklist Kelengkapan Gambar Detail

55. PANDANGAN: Cukup pandangan ortogonal untuk mendeskripsikan bentuk sepenuhnya (plus gambar potongan jika diperlukan).
56. UKURAN: Semua dimensi yang diperlukan — panjang, lebar, tinggi, diameter, jari-jari, sudut. Tidak ada ukuran yang hilang, tidak ada duplikasi.
57. TOLERANSI UKURAN: Setiap ukuran kritis harus memiliki toleransi. Ukuran non-kritis dapat menggunakan toleransi umum (general tolerance) yang tercantum di catatan umum.
58. KEKASARAN PERMUKAAN: Simbol dan nilai kekasaran pada setiap permukaan yang memiliki persyaratan khusus.

59. TOLERANSI GEOMETRI (GD&T): Untuk komponen presisi tinggi — flatness, roundness, straightness, perpendicularity, parallelism, concentricity.
60. MATERIAL: Spesifikasi material yang jelas (nama, grade, standar) — misal: Baja AISI 4340, Heat Treated QT, HRC 45-50.
61. PERLAKUAN PERMUKAAN/PROSES: Heat treatment, plating, painting, coating yang diperlukan.
62. CATATAN KHUSUS: Instruksi khusus yang tidak dapat ditunjukkan dalam gambar.

7.3 Gambar Rakitan (Assembly Drawing)

Gambar rakitan menunjukkan HUBUNGAN antara komponen-komponen dalam suatu rakitan. Gambar rakitan tidak memberikan detail manufaktur komponen individual, tetapi menunjukkan bagaimana semua komponen disatukan.

Elemen Gambar Rakitan

- Nomor Balon (Balloon/Part Number): Nomor bulat kecil yang terhubung ke setiap komponen dengan garis pemimpin (leader line), mengacu ke daftar komponen (BOM).
- Garis Aksis Rakitan (Assembly Axis Lines): Garis sumbu yang menunjukkan keselarasan (alignment) komponen yang berputar atau komponen yang harus simetri.
- Dimensi Pemasangan (Assembly Dimensions): Dimensi yang hanya relevan dalam rakitan — jarak antar komponen, jarak dari referensi, dll. (bukan dimensi detail komponen).
- Arah Perakitan: Tanda panah atau catatan yang menunjukkan urutan atau arah perakitan jika tidak jelas.

Jenis Gambar Rakitan

Jenis	Karakteristik	Penggunaan
General Assembly (GA)	Menampilkan seluruh mesin/sistem dalam rakitan penuh	Layout keseluruhan, panduan instalasi, gambar referensi
Sub-Assembly	Menampilkan sub-rakitan dari bagian tertentu	Perakitan kelompok komponen (misal: sub-rakitan cylinder head)
Exploded View	Semua komponen dipisahkan dari posisi rakitannya dengan garis aksis	Manual servis, katalog suku cadang, panduan pembongkaran/perakitan
Installation Drawing	Menunjukkan posisi rakitan dalam sistem/mesin yang lebih besar	Panduan pemasangan di kapal

7.4 Daftar Komponen (Parts List / Bill of Materials / BOM)

Daftar komponen (BOM) adalah tabel yang mencantumkan semua bagian dalam suatu rakitan secara terstruktur. BOM biasanya ditempatkan di atas etiket gambar atau pada lembar terpisah.

No. Balon	Nama Komponen	Jumlah	Material/Spesifikasi	Nomor Gambar/Standar	Catatan
1	Casing Pompa	1	Besi Tuang Kelabu FC200	DWG-PMP-001	—
2	Impeller	1	Perunggu Naval C90300	DWG-PMP-002	Dynamic balanced
3	Poros (Shaft)	1	Baja AISI 4340 QT	DWG-PMP-003	HRC 48-52
4	Mechanical Seal	1 set	—	MFR: Burgmann MG1-25	Standard item
5	Ball Bearing	2	—	SKF 6205-2RS	Standard item
6	Baut M16×50	8	Baja 8.8	DIN 931	—
7	Gasket Spiralwound	1	SS+Graphite	DWG-PMP-007	—

7.5 Membaca Gambar Kerja Permesinan Kapal

Kemampuan membaca gambar kerja adalah kompetensi inti perwira teknik kapal. Berikut adalah pendekatan sistematis dalam membaca gambar kerja yang tidak familiar:

63. **BACA ETIKET TERLEBIH DAHULU:** Identifikasi nama komponen, nomor gambar, skala, standar proyeksi (FAP atau TAP), satuan, dan tanggal revisi. Ini memberikan konteks sebelum membaca gambar.
64. **BACA CATATAN UMUM:** Pahami toleransi umum, persyaratan material umum, dan instruksi khusus yang berlaku.
65. **IDENTIFIKASI JENIS GAMBAR:** Apakah ini gambar detail, rakitan, atau skematik? Masing-masing dibaca dengan cara berbeda.
66. **UNTUK GAMBAR RAKITAN:** Baca daftar komponen (BOM) dulu untuk memahami semua komponen yang terlibat. Temukan setiap komponen dalam gambar menggunakan nomor balon.
67. **UNTUK GAMBAR DETAIL:** Identifikasi pandangan utama (front view), lalu pandangan tambahan. Pahami bentuk 3D komponen dari kombinasi pandangan.
68. **BACA DIMENSI SECARA SISTEMATIS:** Mulai dari dimensi keseluruhan (overall), lalu dimensi fitur (lubang, tonjolan, alur, dll.). Identifikasi dimensi dengan toleransi khusus.
69. **PERHATIKAN SIMBOL KHUSUS:** Kekasaran permukaan, GD&T, simbol las, material treatment — setiap simbol memiliki arti yang spesifik.
70. **KROSCEK KONSISTENSI:** Verifikasi bahwa dimensi konsisten antar pandangan.

📖 Latihan Membaca: Gambar Flanged Shaft Coupling

Bayangkan gambar detail komponen kopling flange (flanged shaft coupling) untuk mesin kapal. Informasi yang harus ditemukan:

- Ukuran nominal (PCD flanges, diameter lubang baut, diameter poros)
- Toleransi pasangan poros pada hub (misalnya H7/k6 — suaian transisi)
- Kekasaran permukaan lubang poros ($Ra\ 1,6\ \mu m$ — halus untuk kontak bearing)
- Material flange (Baja AISI 1040 atau yang setara)
- Jumlah dan ukuran baut kopling (misal 6× M20)
- Perlakuan panas yang diperlukan (misal Normalize)
- Pandangan apa yang digunakan dan mengapa (umumnya: front view + side view + potongan penuh)

SOAL LATIHAN BAB VII**A. Pilihan Ganda**

71. Komponen dalam gambar rakitan diidentifikasi menggunakan...
 a. Nama komponen langsung pada gambar
 b. Nomor balon (balloon) yang mengacu ke daftar komponen
 c. Warna berbeda untuk setiap komponen
 d. Tanda bintang
72. Gambar yang menunjukkan semua komponen terurai dari posisi rakitannya (untuk panduan pembongkaran/perakitan) disebut...
 a. General Assembly Drawing
 b. Detail Drawing
 c. Exploded View
 d. Installation Drawing

B. Soal Uraian

73. Sebutkan dan jelaskan 5 komponen yang harus ada dalam gambar kerja (working drawing) yang lengkap!
74. Jelaskan langkah sistematis dalam membaca gambar kerja permesinan kapal yang belum pernah dilihat sebelumnya!
75. Apa yang dimaksud dengan BOM (Bill of Materials / Daftar Komponen) dan informasi apa saja yang harus tercantum di dalamnya?
76. Jelaskan perbedaan antara gambar detail dan gambar rakitan — apa yang harus dicantumkan dalam masing-masing dan apa yang tidak perlu?

BAB VIII — KEKASARAN PERMUKAAN DAN PENGANTAR CAD

8.1 Simbol dan Nilai Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan (surface roughness/surface texture) menunjukkan tingkat kehalusan atau kekasaran permukaan komponen yang dipersyaratkan. Kekasaran permukaan sangat penting karena mempengaruhi kinerja komponen: permukaan terlalu kasar dapat menyebabkan kebocoran seal, keausan bearing yang cepat, dan konsentrasi tegangan; permukaan terlalu halus (over-finished) menyebabkan biaya produksi yang tidak perlu tinggi.

Parameter Kekasaran Permukaan

Parameter	Simbol	Definisi
Kekasaran Rata-Rata (Arithmetical Mean Roughness)	Ra	Nilai rata-rata penyimpangan absolut profil permukaan dari garis tengah — PALING UMUM DIGUNAKAN
Kekasaran Maksimum (Maximum Roughness Depth)	Rz	Rata-rata dari 5 puncak tertinggi dikurangi 5 lembah terdalam — lebih sensitif terhadap puncak/lembah ekstrem
Kekasaran Total (Total Profile Height)	Rt	Jarak dari puncak tertinggi ke lembah terdalam dalam panjang evaluasi

Nilai Ra (μm)	Kelas Kekasaran	Cara Proses Pembuatan	Aplikasi Tipikal
50-25	N12-N11	Pengecoran, tempa kasar	Permukaan kasar tidak kritis (rumah housing yang tidak bersentuhan)
12,5-6,3	N10-N9	Frais, bubut kasar	Permukaan tidak bergerak yang tidak kritis
3,2-1,6	N8-N7	Frais/bubut halus, gerinda kasar	Permukaan pas (fitting) umum, permukaan yang terlihat
0,8-0,4	N6-N5	Gerinda halus, reaming	Permukaan bearing luncur, permukaan seal, lubang presisi
0,2-0,1	N4-N3	Lapping, honing	Permukaan bearing presisi, silinder, permukaan pengukuran
0,05-0,025	N2-N1	Superfinishing, mirror polishing	Permukaan optik, gauge, piston pin

Simbol Kekasaran Permukaan pada Gambar Teknik (ISO 1302)

Cara Membaca Simbol Kekasaran Permukaan

Simbol dasar kekasaran permukaan berupa garis berbentuk 'cekung' (check mark dengan garis di kiri). Penempatan informasi pada simbol: a — / \ / \ • Posisi 'a' (di atas/kiri): Nilai Ra maksimum (misal: Ra 1,6) • Bawah simbol: arah lay (pola kekasaran) • Tanda V pada simbol: menunjukkan pengerjaan dengan pemotongan (machining) • Tanda O pada simbol: permukaan tidak boleh dikerjakan (as-cast/as-forged) • Penempatan simbol: pada garis gambar atau garis referensi, dengan simbol mengarah ke permukaan yang bersangkutan

8.2 Toleransi Geometri (GD&T — Geometric Dimensioning and Tolerancing)

Toleransi geometri (GD&T) adalah sistem simbol yang mendeskripsikan toleransi bentuk, posisi, dan orientasi fitur geometri komponen, di luar toleransi ukuran linear biasa. GD&T sangat penting untuk komponen presisi tinggi di mana bentuk geometris yang tepat sangat mempengaruhi kinerja.

Kategori	Karakteristik	Simbol	Contoh Aplikasi
Form (Bentuk)	Flatness (Kerataan)		Kerataan permukaan flange agar seal tidak bocor
Form (Bentuk)	Straightness (Kelurusan)		Kelurusan poros agar tidak bergetar saat berputar
Form (Bentuk)	Circularity/Roundness (Kebulatan)		Kebulatan diameter cylinder liner
Form (Bentuk)	Cylindricity (Kesilinderan)		Kesilinderan lubang bearing — menggabungkan roundness + straightness
Orientation (Orientasi)	Parallelism (Kesejajaran)		Kesejajaran permukaan flange dengan sumbu poros
Orientation (Orientasi)	Perpendicularity (Ketegaklurusan)		Sudut 90° antara permukaan shoulder poros dan sumbu
Orientation (Orientasi)	Angularity (Kesudutan)		Sudut permukaan inclined yang tepat
Location (Posisi)	True Position		Posisi tepat lubang baut pada flange
Location (Posisi)	Concentricity/Coaxiality		Konsentrisitas dua diameter pada poros bertingkat
Runout (Simpangan)	Circular Runout		Simpangan sirkular permukaan — pengujian dengan dial indicator

Kategori	Karakteristik	Simbol	Contoh Aplikasi
Runout (Simpangan)	Total Runout	$\Rightarrow$	Simpangan total — menggabungkan circularity + straightness

$\oplus \varnothing 0,05 \mid A \mid B$

Simbol GD&T dibaca: True Position dengan toleransi $\varnothing 0,05$ mm, dengan datum A dan B sebagai referensi

Contoh Aplikasi GD&T pada Komponen Kapal

Untuk crankshaft mesin diesel kapal:

- Cylindricity $\square$ 0,005 mm pada journal bearing — memastikan keausan bearing yang merata
- Circular Runout $\nearrow$ 0,01 mm pada setiap pin — mencegah vibrasi tak seimbang
- Perpendicularity $\perp$ 0,02 mm pada permukaan flange terhadap sumbu poros — memastikan coupling lurus
- Parallelism $\parallel$ 0,008 mm antar journal bearing — memastikan kesejajaran bearing

8.3 Pengantar Gambar Berbantuan Komputer (CAD)

Computer-Aided Design (CAD) adalah teknologi yang menggunakan perangkat lunak komputer untuk membuat, memodifikasi, menganalisis, dan mengoptimalkan desain teknik. CAD telah menjadi standar industri dalam desain teknik termasuk permesinan kapal, menggantikan sebagian besar gambar manual (manual drafting).

Keunggulan CAD vs Gambar Manual

Aspek	Gambar Manual	CAD
Kecepatan	Lambat untuk gambar kompleks	Sangat cepat, terutama untuk revisi
Akurasi	Bergantung kemampuan drafter	Presisi sangat tinggi (floating point)
Revisi	Memerlukan pengerjaan ulang	Mudah — ubah satu dimensi, semua view terupdate
Konsistensi	Bergantung pada drafter yang sama	Seragam — template dan standar dapat diterapkan otomatis
Penyimpanan	Fisik — rentan rusak, hilang	Digital — mudah disimpan, dicopy, dikirim email

Aspek	Gambar Manual	CAD
Analisis lanjut	Tidak mungkin	FEA (stress analysis), CFD, kinematics simulation
3D Visualization	Terbatas pada 2D/3D tangan	Full 3D — dapat dilihat dari sudut apapun, animasi

Perangkat Lunak CAD yang Umum Digunakan dalam Industri Maritim

Software	Pengembang	Tipe	Penggunaan di Industri Maritim
AutoCAD	Autodesk	2D + 3D	Gambar teknik 2D standar, diagram sistem, layout
SolidWorks	Dassault Systèmes	3D CAD (parametric)	Desain komponen 3D, assembly, FEA analysis
CATIA	Dassault Systèmes	3D CAD/CAM/CAE	Desain kapal kompleks, ship structure
Rhino 3D	McNeel	3D (NURBS)	Desain hull kapal, bentuk kompleks
ShipConstructor	SSI	Marine CAD (terintegrasi)	Khusus desain kapal — structural, piping, outfitting
AVEVA Marine	AVEVA	Marine Design Suite	Desain kapal terintegrasi — hull, structure, piping

Konsep Dasar Kerja dengan Software CAD

77. ENTITAS GAMBAR: CAD bekerja dengan entitas geometri — garis (line), lingkaran (circle), busur (arc), spline, dan sebagainya yang dapat dimanipulasi secara individual.
78. LAYER: Objek diorganisir dalam layer (lapisan) yang dapat ditampilkan/disembunyikan secara independen. Standar layer biasanya dibuat untuk garis gambar, garis sumbu, dimensi, arsiran, catatan, dll.
79. KOORDINAT: Posisi setiap entitas ditentukan oleh koordinat (X, Y dalam 2D; X, Y, Z dalam 3D). Presisi CAD bergantung pada ketepatan input koordinat.
80. PARAMETRIC MODELING (3D CAD): Dalam 3D CAD modern (SolidWorks, Inventor), model dibuat berdasarkan fitur (feature-based) yang memiliki parameter dimensi. Mengubah satu dimensi secara otomatis mengupdate seluruh model.
81. DRAWING FROM 3D MODEL: Gambar 2D (detail drawing) dapat dibuat otomatis dari model 3D dengan memilih pandangan yang diinginkan — jauh lebih cepat dari menggambar 2D manual.

RANGKUMAN BAB VIII

Topik	Poin Kunci
Kekasaran Ra	Ra = kekasaran rata-rata dalam μm ; Ra 1,6 untuk bearing/seal; Ra 0,4 untuk presisi tinggi

Topik	Poin Kunci
Simbol Kekasaran	Simbol check mark dengan nilai Ra; posisi simbol pada garis permukaan benda
GD&T	Simbol toleransi geometri: $\square$ flatness, $\circ$ roundness, $\square$ cylindricity, $\oplus$ true position, $\nearrow$ runout
CAD	Computer-Aided Design: presisi tinggi, revisi mudah, 3D modeling, analisis FEA/CFD
CAD Maritim	ShipConstructor, AVEVA Marine — software khusus untuk desain kapal

SOAL LATIHAN BAB VIII

A. Pilihan Ganda

82. Parameter kekasaran permukaan yang paling umum digunakan adalah... a. Rz b. Rt c. Ra d. Ry
83. Nilai Ra yang paling tepat untuk permukaan lubang bearing luncur (plain bearing) adalah... a. Ra 50 μm b. Ra 6,3 μm c. Ra 0,8 μm d. Ra 0,1 μm
84. Simbol GD&T untuk Cylindricity adalah... a. $\circ$ b. $\square$ c. $\oplus$ d. $\perp$

B. Soal Uraian

85. Jelaskan pengaruh kekasaran permukaan terhadap kinerja komponen permesinan kapal — apa dampak permukaan terlalu kasar dan terlalu halus?
86. Sebutkan dan jelaskan minimal 5 karakteristik geometri dalam GD&T beserta simbolnya dan contoh aplikasinya pada komponen kapal!
87. Jelaskan keunggulan CAD dibandingkan gambar teknik manual dalam konteks desain dan dokumentasi permesinan kapal!
88. Mengapa perwira teknik kapal perlu memahami simbol kekasaran permukaan dan GD&T meskipun mereka tidak mendesain komponen? Berikan contoh situasi di mana pemahaman ini diperlukan!

DAFTAR PUSTAKA

- Bertoline, G. R. & Wiebe, E. N. (2013). *Technical Graphics Communication* (5th ed.). New York: McGraw-Hill.
- BSN. (2000). SNI 01-1905-2000: *Gambar Teknik Mesin*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Giesecke, F. E., Mitchell, A., Spencer, H. C., Hill, I. L., & Loving, R. O. (2016). *Technical Drawing with Engineering Graphics* (15th ed.). Boston: Pearson.
- ISO 128. (2020). *Technical Product Documentation — General principles of presentation*. Geneva: ISO.
- ISO 286-1. (2010). *Geometrical product specifications — ISO code system for tolerances on linear sizes*. Geneva: ISO.
- ISO 1101. (2017). *Geometrical product specifications (GPS) — Geometrical tolerancing*. Geneva: ISO.
- ISO 1302. (2002). *Geometrical Product Specifications — Indication of surface texture in technical product documentation*. Geneva: ISO.
- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan RI. (2018). *Silabus Mata Pelajaran SMK Kompetensi Keahlian Teknik Kapal Niaga*. Jakarta: Kemendikbud.
- Madsen, D. A. & Madsen, D. P. (2016). *Engineering Drawing and Design* (6th ed.). Stamford: Cengage Learning.
- Wahyuno, H. (2018). *Gambar Teknik Permesinan untuk SMK/MAK*. Jakarta: Erlangga.

GLOSARIUM

Istilah / Singkatan	Definisi
Aksonometri	Proyeksi gambar 3D di mana tiga sumbu benda terlihat sekaligus dalam satu pandangan.
Arsiran (Hatching)	Pola garis miring yang mengisi area potongan pada gambar potongan.
Assembly Drawing	Gambar rakitan — menunjukkan hubungan dan posisi relatif antar komponen.
Auxiliary View	Pandangan tambahan untuk menampilkan permukaan miring dalam bentuk dan ukuran sebenarnya.
BOM	Bill of Materials / Daftar Komponen — tabel semua komponen dalam suatu rakitan.
CAD	Computer-Aided Design — perancangan teknik berbantuan komputer.
Clearance Fit	Suaian longgar — lubang selalu lebih besar dari poros.
Cutting Plane	Bidang potong imajiner yang digunakan dalam gambar potongan.
Detail Drawing	Gambar detail satu komponen dengan semua informasi fabrikasi.
Dimensioning	Penulisan ukuran pada gambar teknik sesuai standar.
Etiket	Title Block — kotak informasi administratif dan teknis di sudut kanan bawah gambar.
FAP	First Angle Projection — proyeksi sudut pertama (standar ISO/Eropa).
GD&T	Geometric Dimensioning and Tolerancing — sistem toleransi geometri menggunakan simbol.
Garis Sumbu	Center line — garis strip-titik yang menunjukkan sumbu simetri atau pusat lubang.
Hidden Line	Garis putus-putus yang menunjukkan garis/rusuk yang tersembunyi di balik permukaan lain.
Interference Fit	Suaian sesak/tekan — poros selalu lebih besar dari lubang.
ISO 128	Standar internasional untuk jenis-jenis garis dalam gambar teknik.
Isometri	Proyeksi aksonometri dengan tiga sumbu membentuk sudut 120° satu sama lain.
Ortogonal	Proyeksi tegak lurus — digunakan untuk menghasilkan pandangan 2D yang akurat.
Ra	Roughness Average — kekasaran permukaan rata-rata dalam mikrometer (μm).
TAP	Third Angle Projection — proyeksi sudut ketiga (standar ANSI/Amerika).
Title Block	Etiket gambar — lihat Etiket.

Istilah / Singkatan	Definisi
Toleransi	Batas penyimpangan ukuran yang masih diizinkan dari ukuran nominal.
Transition Fit	Suaian transisi — bisa longgar atau sesak tergantung ukuran aktual.
Working Drawing	Gambar kerja — kumpulan gambar teknik lengkap untuk pembuatan suatu komponen/mesin.