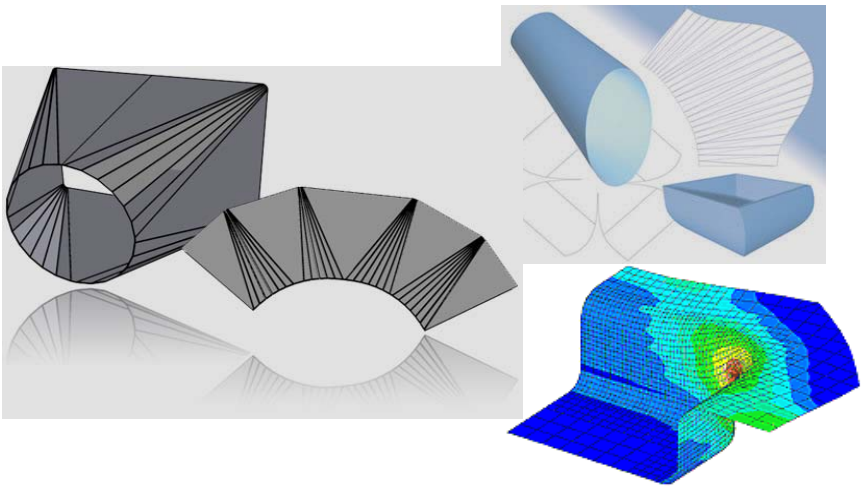
BAB 4

GAMBAR BENTANGAN



4.1. Gambar Sebagai Bahasa Teknik

Gambar merupakan sebuah alat komunikasi untuk menyatakan maksud dan tujuan seseorang. Gambar sering juga disebut sebagai ”bahasa teknik” atau ”bahasa untuk sarjana teknik”. Penerusan informasi adalah fungsi yang penting untuk bahasa maupun gambar, harus meneruskan keterangan-keterangan secara tepat dan objektif.
Keterangan dalam gambar, yang tidak dapat dinyatakan dalam bahasa verbal, harus diberikan secukupnya sebagai lambang-lambang. Jumlah dan berapa tinggi mutu keterangan yang dapat diberikan dalam gambar, tergantung dari bakat perancang gambar (*design drafter*). Juru gambar sangat penting untuk memberikan gambar yang ”tepat” dengan mempertimbangkan pembacanya.

Pembaca, sangat penting juga beberapa banyak keterangan yang dapat dibacanya dengan teliti dari gambar.
Perbandingan antara bahasa dan gambar diperlihatkan pada tabel 4.1 seperti tampak pada tabel, standar gambar mmerupakan tata bahsa dari suatu bahasa.

Tabel 4.1 Bahasa dan Gambar

	Lisan	Kalimat	Gambar
Indra	Akustik	Visual	Visual
Ekpresi	Suara	Kalimat	Gambar
Aturan	Tata bahasa		Standar gambar

(G. Takeshi Sato dan N. Sugiarto H, 1999)

4.2. Fungsi gambar

Sugiarto dan Takeshi memberi definisi gambar adalah bahasa teknik dan pola informasi seperti telah dibahas sebelumnya. Tugas gambar digolongkan dalam empat golongan berikut::

- Penyampaian informasi
- Tugas gambar adalah meneruskan maksud dari perancang dengan tepat kepada orang-orang yang bersangkutan, kepada perencanaan proses, pembuatan, pemeriksaan, perakitan dsb. Orang-orang yang bersangkutan bukan saja orang-orang dalam pabrik sendiri, tetapi juga orang-orang dalam pabrik sub kontrak ataupun orang-orang asing dengan bahasa asing. Penafsiran gambar diperlukan untuk penentuan secara objektif. Untuk itu standar-standar, sebagai tata bahasa teknik, diperlukan untuk menyediakan “ketentuan-ketetuan yang cukup”.
- Pengawetan, penyimpanan, dan pengunaan keterangan
  Gambar merupakan data teknis yang sangat ampuh, dimana teknologi dari suatu perusahaan didapatkan dan dikumpulkan. Oleh karena itu gambar bukan saja diawetkan untuk mensuplai bagian-bagian produk perbaikan (reparasi) atau untuk diperbaiki, tetapi gambar-gambar diperlukan juga untuk disimpan dan dipergunakan sebagai bahan informasi untuk rencana-rencana baru dikemudian hari. Untuk ini diperlukan cara-cara penyimpan-an, kodifikasi nomor urut gambar dan sebagainya. Kodifikasi nomor urut gambar dan cara-cara penyimpanan gambar tidak cukup untuk tugas ini. Karena ruang untuk penyimpanan gambar memerlukan tempat yang luas, dibuatlah film mikro, yang ditempelkan pada kartu-kartu berlubang untuk disimpan.
- Cara-cara pemikiran dalam penyampaian informasi
  Dalam perencanaan, konsep abstrak yang melintas dalam pikiran diwujudkan dalam bentuk gambar melalui proses. Kemudian gambarnya diteliti dan dievaluasi. Proses ini diulang-ulang, sehingga dapat dihasilkan gambar-gambar yang sempurna.
  Dengan demikian gambar tidak hanya melukiskan gambar, tetapi berfungsi juga sebagai peningkat daya berpikir untuk perencana. Oleh karena itu sarjana teknik tanpa kemampuan menggambar, kekurangan cara penyampaian keinginan, maupun kekurangan cara menerangkan yang sangat tinggi.

4.3. Pengembangan Gambar dan Keadaan Teknik

Menurut perkembangan teknik dan perkembangan sosial, fungsi dan penggunaan cara-cara menggambar telah mengalami perubahan dengan menyolok. Pada permulaan industri, perencana dan pembuat merupakan orang yang sama. Dalam hal demikian gambar hanya berarti sebagai alat berpikir dan gambar hanya merupakan gambar konsep. Oleh karena itu aturan-aturan gambar tidak diperlukan.

Bilamana perencana dan pembuat tidak lagi merupakan satu orang yang sama, tetapi mempunyai hubungan satu sama lain, maka pada fungsi gambar ditambah dengan penyampaian informasi dan kesepakatan bersama memegang peranan cukup dalam peraturan-peraturan gambar. Sebuah gambar susunan atau gambar sistem dari suatu grup dipakai, dimana tidak diperlukan indikasi atau catatan yang tepat, karena produk tersebut dibuat terutama sekali oleh keahlian dari si pembuat.

Dalam sebuah pabrik kecil si perancang akan meminta pada si pembuat untuk membuat sebuah benda kerja. Permintaan tersebut disampaikan melalui sebuah gambar. Dengan demikian fungsi gambar menjadi “cara berpikir” dan “penyampaian informasi”. Gambar-gambar yang dipergunakan adalah gambar sistem dari satu grup atau gambar sistem individual. Standar gambar harus dipersiapkan sebagai standar perusahaan yang berlaku umum dalam perusahaan. Terhadap susunan bagian-bagian, petunjuk-petunjuknya harus lebih cermat dan seringkali menjadi pegangan bagi para pekerja.

Dengan meningkatnya ukuran industri banyak perusahaan yang mempergunakan gambar. Gambar-gambar yang dipergunakan dengan sendirinya adalah gambar sistem individul. Standar gambar seharusnya dapat diperoleh pada perusahaan-perusahaan lain, seperti misalnya sub kontraktor dalam maupun luar negeri. Isi gambar harus dipilih demikian rupa, sehingga semua persyaratan dari berbagai-bagai orang yang bersangkutan dapat dipenuhi sebagai gambar, “cara berpikir” dan “penyampaian informasi” tentunya diperlukan, tetapi kebutuhan akan “pengawetan, penyimpanan dan penggunaan informasi” meningkat, karena macam dan jenis produk telah meningkat dengan pesat dan perencana haus menyerap pekerjaan yang berat.

Singkatnya fungsi dan standar gambar perlu dirubah menurut ukuran industri, ketergantungan pada orang lain, cara-cara produksi, cara-cara reproduksi (termasuk film mikro), mesin gambar, instrumentasi dsb. Standar gambar akan berubah sesuai keadaan teknik.

4.4. Sifat-sifat Gambar

4.4.1. Tujuan-tujuan gambar

- Internasionalisasi gambar
  Peraturan-peraturan gambar dimulai dengan persetujuan bersama antara orang-orang bersangkutan dan kemudian telah menjadi bentuk standar perusahaan. Bersama dengan meluasnya dunia usaha, keperluan standar perdagangan dan standar nasional meningkat. Pada tahun-

tahun belakangan ini, peningkatan pembagian kerja secara internasional standar gambar.

Agar tujuan ini dapat dicapai, penunjukkan-penunjukkan dalam gambar harus sama secara internasional, maupun ketentuan-ketentuan dari pengertian cara-cara penunjukan dan lambang harus diseragamkan secara internasional. Lagi pula suatu bahasa tertentu tidak boleh dicantumkan pada gambar. Penggunaan lambang internasional diperlukan, dari pada catatan tertulis pada gambar.

- Mempopulerkan gambar

  Dalam lingkungan teknologi tinggi, akibat dikenalnya teknologi, golongan yang harus membaca dan mempergunakan gambar meningkat jumlahnya. Akibat diperlukan mempopulerkan gambar dan gambar harus jelas dan mudah, peraturan-peraturan dan standar sedehana dan eksplisit sangat diperlukan.
- Perumusan gambar

  Hubungan yang erat antara bidang-bidang industri seperti permesinan, struktur, perkapalan, perumahan atau arsitektur dan teknik sipil, masing-masing dengan kemajuan masyarakat teknologinya, tidak memungkinkan menyelesaikan suatu proyek dari satu bidang saja secara bebas; bahkan dari itu, telah menjadi suatu keharusan untuk menyediakan keterangan-keterangan gambar yang dapat dimengerti, terlepas dari bidang-bidang di atas. Untuk tujuan ini masing-masing bidang akan mencoba untuk mempersatukan dan mengidentifikasikan standar-standar gambar.
- Sistematika gambar

  Mengingat gambar kerja saja, isi gambar menyajikan banyak perbedaan, tidak hanya dalam penyajian bentuk dan ukuran, tetapi tanda-tanda toleransi ukuran, toleransi bentuk dan keadaan permukaan juga. Di pihak lain, bersamaan dengan sistematika teknologi, pentingnya gambar dengan lambang grafis telah meningkat, dan lambang-lambang ini dipergunakan secara luas sebagai diagram blok atau aliran proses dalam berbagai-bagai bidang industri.

  Di bawah keadaan-keadaan demikian, jangkauan yang berkembang dan isi gambar sangat memperkuat susunan dan konsolidasi sistem standar gambar.
- Penyederhanaan gambar

  Penghematan tenaga kerja dalam menggambar adalah penting, tidak hanya untuk mempersingkat waktu, tetapi juga untuk meningkatkan mutu rencana. Oleh karena itu penyederhanaan gambar menjadi penting untuk menghemat tenaga menggambar.

- Modernisasi gambar
  Bersamaan dengan kemajuan teknologi, standar gambar juga telah dipaksa mengikutinya. Dapat disebutkan di sini cara-cara baru (modern) yang telah dikembangkan misalnya pembuatan film mikro, berbagai macam mesin gambar otomotif dengan bantuan komputer, perencanaan dengan bantuan komputer CAD (Computer Aided Design), dan sebagainya.

4.4.2. Sifat-sifat gambar dan perkembangan standar gambar

- Kepastian gambar
  Fungsi gambar sebagai sumber informasi, yang menghubungkan perancang dengan orang-orang yang mempergunakannya, harus berisi keterangan-keterangan yang cukup dan pasti dan tidak boleh menimbulkan keragu-raguan. Oleh karena itu, tidak berlebihan bila dikatakan bahwa sejarah perkembangan gambar adalah mengejar kepastian.

  Akhir-akhir ini menjadi sangat sulit untuk menambah ketidak sempurnaan gambar dengan konsultasi antara perancang dan karyawan teknik, atau rapat-rapat teknik, karena pembagian produk, pemeriksaan, serta jumlah sub kontraktor. Lagi pula jenis produk beraneka ragam. Akibatnya menjadi sulit bagi pekerja karyawan untuk menentukan arti gambar yang tidak lengkap.

  Dalam hal kerja sama internasional, kepastian internasional diinginkan oleh gambar. Lambang-lambang harus dipergunakan dari pada catatan dalam suatu bahasa dan pengertian harus seragam secara internasional. Persyaratan produk menjadi semakin tinggi. Di pihak lain isi gambar harus selalu pasti. Persyaratan-persyaratan seringkali bertentangan.

  Pengejaran kepastian menjadi sangat rumit. Pertama, kemajuan pesat dari gambar yang sederhana dan penyederhanaannya saling berlawanan. Kedua, suatu keinginan untuk menyajikan isinya dengan tepat, dalam mengejar kepastian mungkin adalah penyebab dari pengertian yang tidak meragukan. Oleh karena itu dalam membuat standar, hal yang penting adalah sejauh mana kepastian tersebut dapat dikonfirmasikan dengan ketentuan kondisi optimal dari standar harus ditetapkan.

- Hubungan antara dan fungsi gambar
  Fungsi gambar dipengaruhi oleh beberapa sifat. Di antara fungsi-fungsi gambar, “penyampaian informasi” merupakan yang terpenting dan dipengaruhi oleh banyak sifat. Oleh karena itu sifat penyampaian informasi tersebut harus diutamakan dari pada yang lain.
  Penyederhanaan dan pengurangan tenaga untuk menggambar diharapkan menjadi yang paling penting untuk perancang, yang mempersiapkan informasi. Penyederhanaan gambar dan pengurangan tenaga untuk menggambar mungkin akan menyebabkan ketidak sempurnaan gambar atau akan mengganggu kesederhanaannya. Dengan kata lain “gambar yang dipakai oleh orang lain” harus dipersiapkan dan informasi yang “sejenis” harus disampaikan.

- Sifat dan pengembangan standar gambar
  Standar gambar menghubungkan “persiapan informasi” dan “penyampaian informasi” dan kepastian memegang peranan seperti tersebut di atas. Standar gambar telah berjalan dalam arah kemajuan isi, untuk mempertahankan kepastian dan spesialisasi dalam tiap bidang dan dalam arah standar perusahaan dan standar perdagangan ke standar nasional. Dalam suasana demikian seperti keadaan teknologi yang sudah maju tinggi, masyarakat yang sudah sama rata dan internasional seperti dibuat di atas. Standar gambar diperlukan untuk mengambil langkah ke kesederhanan, ke sama rataan dan internasionalisasi.
  Di samping ke arah ini, perkembangan ke sistematisasi, modernisasi dan penyederhanaan diperlukan juga. Dalam banyak hal, sifat gambar tersebut dan perkembangan standar gambar saling bertentangan. Dalam membentuk standar gambar, yang terpenting adalah menemukan kondisi optimal dari keadaan teknologi modern dan antara bermacam-macam kondisi tersebut, yang bertentangan satu sama lain.

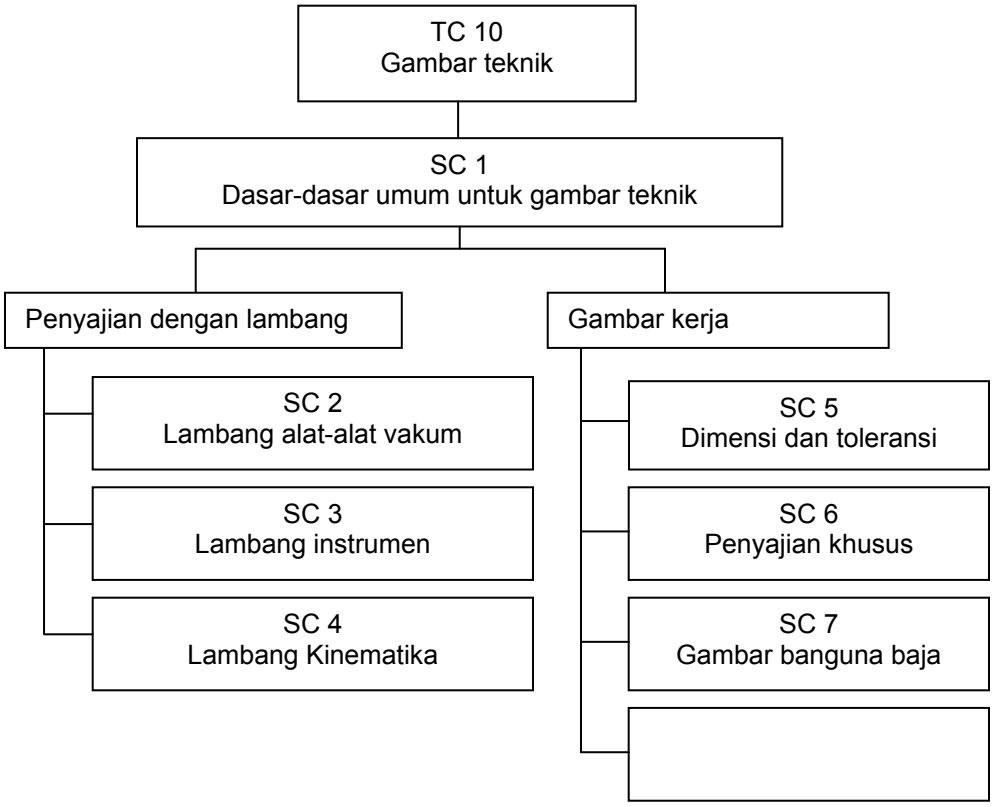
4.5. Kerangka dan Bidang-Bidang Kerja ISO/TC10

ISO/TC 10 (gambar teknik) telah memegang peranan aktif untuk menstandarkan gambar-gambar teknik, agar dapat memberi ciri internasional kepada gambar-gambar teknik, sebagai “bahasa teknik internsional”. Komite teknik 10 dibagi dalam 8 sub komite. Kerangka ISO/TC 10 tampak pada tabel 4.2, sesuai laporan tahunan untuk tahun 1978 dari ISO/TC 10. kerangka tersebut diperlihatkan dalam bentuk diagram kotak.

Tabel 4.2. Kerangka dan bidang-bidang kerja ISO/TC 10 (Gambar teknik)

SC	WG	Judul	Sekretariat	Sub Laporan
SC 1		Dasar-dasar umum	NNI	
SC 2		Lambang-lambang untuk teknologi vakum	AFNOR	
SC 3		Lambang-lambang untuk instrumentasi	ANSI	
SC 4		Lambang-lambang untuk kinematik	GOST	
	WG 3	Lambang-lambang untuk intrumentasi penghitung, pengukur, pencatat dan otomatis	ANSI	
SC 5		Memberi ukuran toleransi	SNV	
	WG 1	Revisi dari rekomendasi ISO R 1101-1969	SNV	
	WG 2	Tolerasnsi posisi, dasar dan sistem-sistem dasar	SNV	
	WG 3	Prinsip bahan maksimum dan hal-hal yang berhubungan	ANSI	
	WG 4	Revisi dari rekomendasi ISO R 129-1959 (bekerja sama dengan ISO/TC/ 10/SC 8	ANSI	
	WG 5	Penafsiran limit ukuran dan hubungannya dengan toleransi bentuk dan posisi kekasaran permukaan	ANSI	
	WG 6	Dasar-dasar pengukuran dan hal-hal yang berhubungan (bekerja sama dengan ISO/TC 3/SC 3)	SIS	
	WG 7	Istilah	ANSI	
SC 6		Penyajian ukuran gambar teknik	DIN	
	WG 1	Penunjukan pada gambar: bagian-bagian yang dihasilkan oleh proses pembentukan	DIN	
	WG 2	Penyederhanaan gambar instalasi pipa	NNI	
	WG 3	Penyederhanaan gambar bantalan gelinding	DIN	
	WG 4	Penyederhanaan gambar perapat (seal)	DIN	
	WG 5	Penunjukan elemen, sistem dan instrumen optik pada gambar	-	
	WG 6	Penyajian pengikat	-	
SC 7		Pekerjaan struktur logam	UNI	
SC 8		Gambar bangunan	SIS	
	WG 3	Gambar struktur kerangka komponen prefab (termasuk masalah perakitannya)	GOST	
	WG 4	Pipa-memipa (plumbing), pemanasan	SIS	
	WG 5	(Heating), ventilasi dan salurannya (ducking)		
	WG 8	Perencanaan kota	-	
		Lambang untuk gambar penyelidikan lapangan yang menyangkut mekanika tanah	NSF	
	WG 9	Instalasi pipa luar	-	
	WG 10	Istilah	-	

(G. Takeshi Sato dan N. Sugiarto H, 1999)



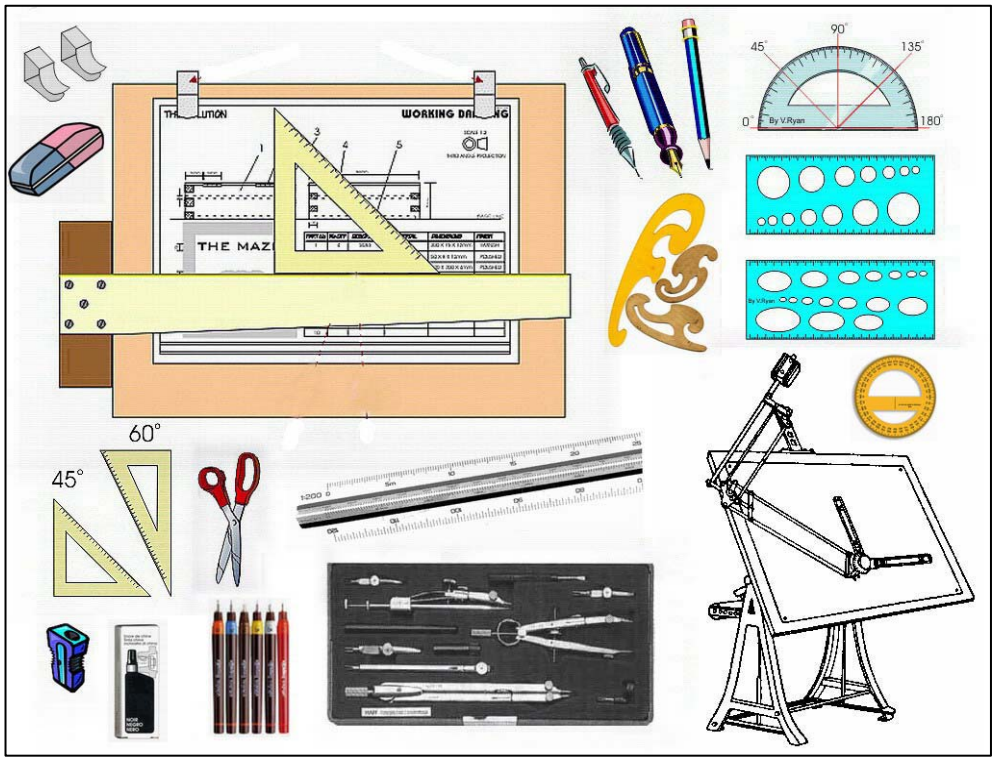
Gambar 4.1. Kerangka dan standar ISO/TC 10
(G. Takeshi Sato dan N. Sugiarto H, 1999)

4.6. Peralatan Menggambar Teknik

Pengetahuan tentang menggambar adalah suatu alat yang penting untuk seluruh pribadi teknik, insinyur, perancang, juru gambar, mandor/pengawas, mekanik dan sebagainya.

Untuk mendapatkan hasil gambar yang berkualitas dan mantap sesuai dengan perencanaan. Adalah hal pokok untuk mengetahui semua peralatan menggambar.

Peralatan yang dipergunakan dalam menggambar teknik adalah sebagi berikut:



Gambar 4.2. Peralatan gambar teknik

1. Apan/meja gambar
2. Kertas gambar
3. Penggaris – T
4. Penggaris segitiga 90º ,60º ,30º
5. Penggaris segitiga 90º ,45º ,45º
6. Kotak jangka
7. Pensil mekanik
8. Rapido
9. Tinta isi rapido
10. Isi mata pensil mekanik
11. Penghapus tinta
12. Penghapus pensil
13. Pita perekat
14. Mal bentuk lengkung
15. Mistar skala
16. Busur derajat
17. Mal bentuk linqkaran.
18. Pelindung penghapus
19. Sablon huruf huruf
20. Mal bentuk baut atau mur

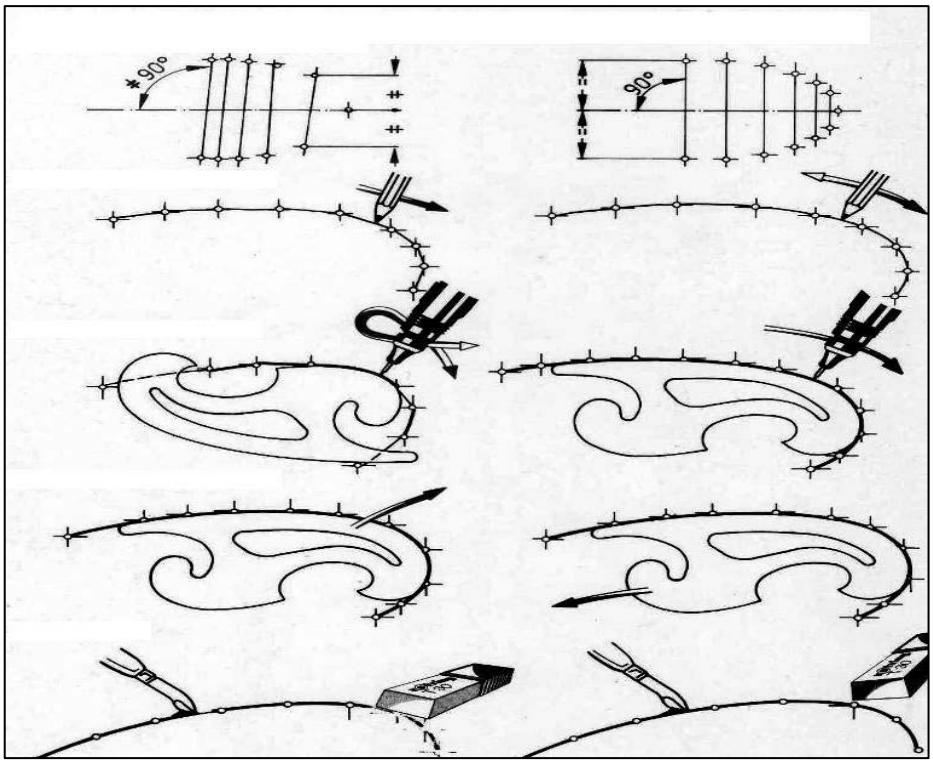
Disamping peralatan menggambar pada gambar di atas di masih ada yang lain seperti: Peruncing pensil, mistar ukur, jangka bagi, jangka pegas, jangka orleon, mal kombinasi, mal untuk proyeksi isometrik dan dimetrik, kain penghapus atau sapu tangan dan sebagainya.

4.6.1. Pengukuran Hasil Lukisan Bentangan

Suatu hasil lukisan bentangan ini dapat dievaluasi atau diukur setelah dilakukan pembentukan dari pelat yang dikerjakan. Alat ukur yang digunakan dalam pengukuran profil ini umumnya menggunakan mal ukuran yang dibentuk sesuai

dimensi profil yang diinginkan. Untuk pengukuran bentuk yang teliti memang sangat sulit dilakukan karena keterbatasan alat ukur yang ada.

Dalam satu contoh pengecekan suatu bentuk profil penggunaan mal ukuran ini dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

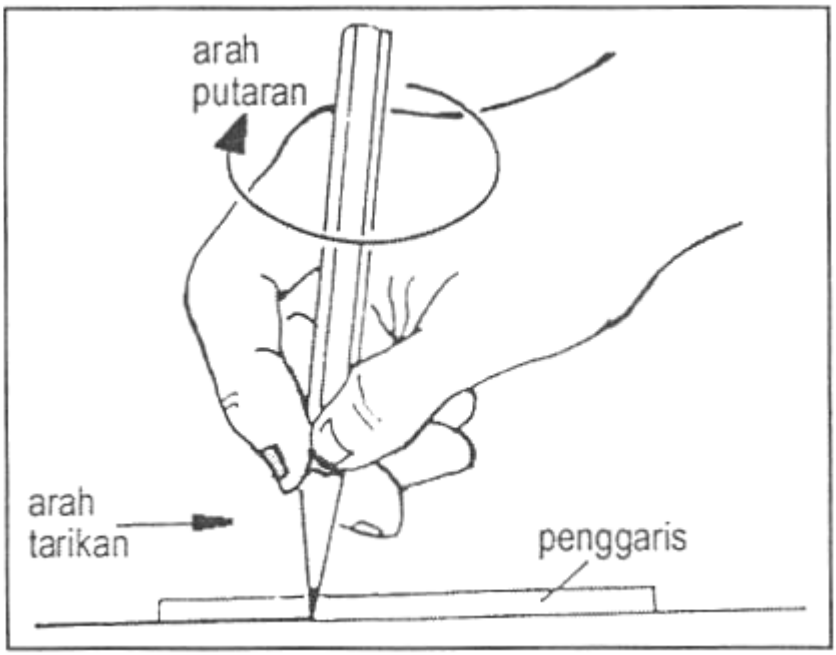


Gambar 4.3. Pengukuran radius lingkaran

Mal radius diletakkan pada radius pelat yang telah terbentuk. Selanjutnya dari ujung keujung yang lain dilakukan pengecekan.

4.6.2. Cara menarik dengan pensil

Untuk mendapatkan suatu garis dengan ketebalannya yang merata dari ujung ke ujung, maka kedudukan pensil sewaktu menarik garis harus dimiringkan ± 60° dan selama menarik garis, pensil diputar dengan telunjuk dan ibu jari (gambar 4.4).

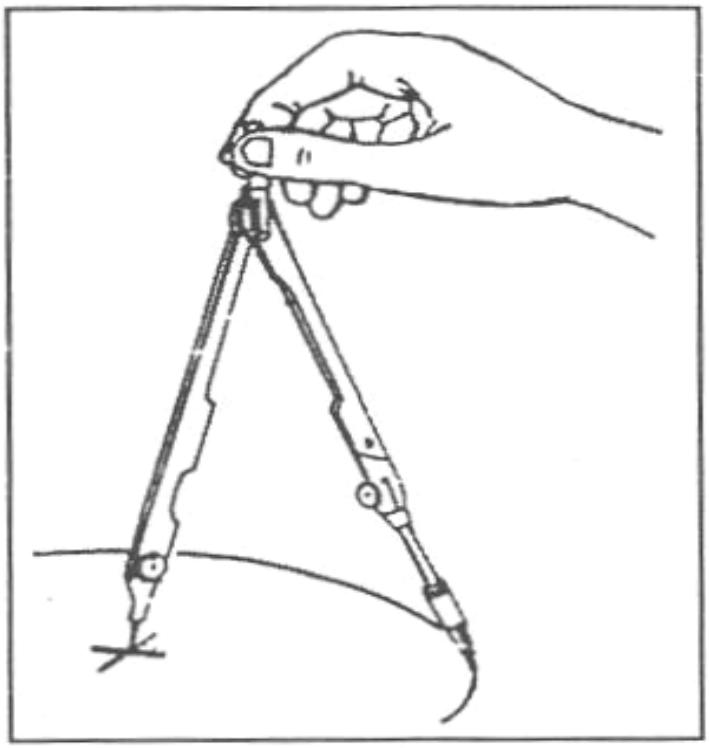


Gambar 4.4. Cara menarik garis dengan pensil

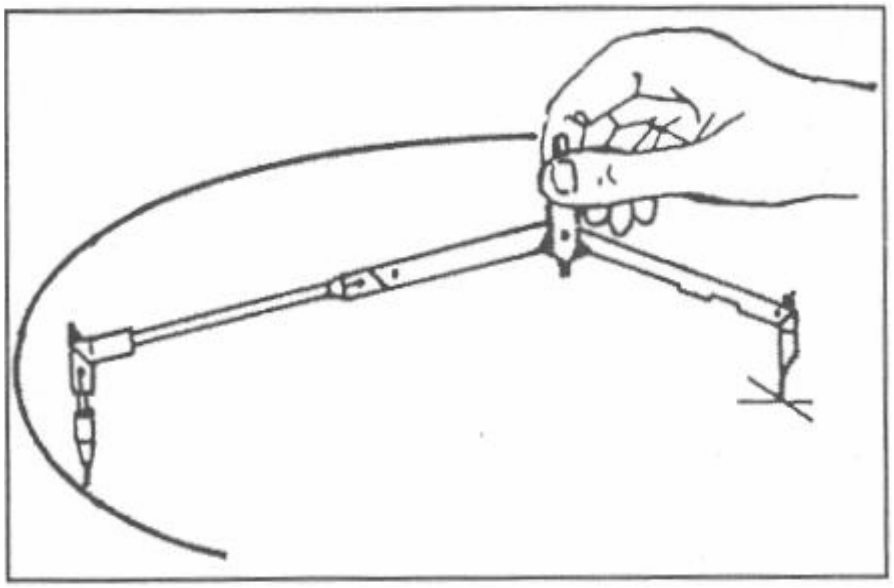
4.6.3. Cara menggunakan Jangka

Jangka digunakan untuk menggambar bentuk lingkaran atau busur lingkaran. Membagi garis atau sudut dan sebagainya. Jangka gambar mempunyai dua kaki, yaitu kaki untuk pensil dan kaki yang lain untuk jarum. Kaki untuk jarum mempunyai jepitan jarum yang dapat disetel kekerasan jepitannya pada saat penggantian jarum, sedangkan untuk pensil mempunyai engsel yang memungkinkan pensil bias disetel dalm berbagai posisi.

Dalam menggunakan jangka, harus selalu diusahakan agar kedua kaki jangka tegak lurus pada bidang gambar dan berikan tekanan yang tetap agar dapat menghasilkan ketebalan garis yang sama. Beberapa gambar berikut ini memperlihatkan beberapa cara penggunaan jangka.



Gambar 4.5. Cara menggunakan jangka



Gambar 4.6. Membuat lingkaran besar dengan bantuan batang penyambung

4.7. Perkembangan Kebutuhan Gambar Bentangan

Sejarah menerangkan bahwa pada zaman Mesir Kuno telah ditemukan berbagai penemuan teknologi kuno diantaranya adalah pembuatan baju besi maupun topi baja. Proses pembuatan baju-baju besi untuk kelengkapan tentara, ini menggunakan patron (mal) atau cetakan. Ditinjau dari dimensi benda yang dikerjakan ini membutuhkan suatu pengetahuan menggambar bukaan dari profil-profil yang dikerjakan. Jadi dapat diketahui sebenarnya teknik menggambar bukaan ini telah dilahirkan orang semenjak zaman penemuan besi sekitar tahun 2000 SM, yakni dalam hal pembuatan kelengkapan peralatan tentara.
Dewasa ini perkembangan teknik menggambar bentangan ini mengalami kemajuan yang pesat, terutama dalam teknik menggambar badan (*body*) kendaraan seperti mobil kereta api bahkan pesawat udara dan kapal. Disamping itu unsur kebutuhan tutup (cup) peralatan permesinan juga sangat dibutuhkan. Pembuatan-pembuatan *file cabinet* atau peralatan kantor bahkan pembuatan brankas juga tak luput dari proses menggambar bentangan. Teknik menggambar bentangan ini dapat dilakukan dengan berbagai cara, dari cara yang sederhana yang menggunakan peralatan manual serta menggunakan komputer yang paling canggih. Seluruh proses penggambaran bentangan ini didasari pengetahuan teknik menggambar bukaan, baik secara grafis maupun secara matematis.

4.7.1. Penggunaan Gambar Bentangan Di Industri

Perancang suatu produk permesinan merupakan awal dari disain yang akan dikerjakan, Sketsa hasil rancangan ini masih belum menunjukkan gambar yang tepat. Setelah melakukan beberapa pertimbangan akhirnya gambar sketsa ini dilanjutkan dalam penggambaran desain secara utuh menurut standar gambar di industri.

Dalam bengkel-bengkel kerja pelat atau pada pekerjaan yang terbuat dari pelat sering sekali memerlukan gambar-gambar bukaan. Dalam konstruksi biasanya digunakan gambar proyeksi ortogonal yang dilengkapi dengan ukuran-ukuran yang diperlukan. Sebelum juru gambar memutuskan cara untuk mempermudah pembacaan, terlebih dahulu ia harus bisa membayangkan bentuk benda yang akan direncanakan.

Gambar bentangan atau bukaan biasanya diperlukan dalam bengkel-bengkel kerja pelat atau pada pabrik-pabrik yang memproduksi suatu alat yang bahannya terbuat dari pelat.

Maksud dari gambar bentangan atau bukaan ia!ah untuk mempermudah pamotongan bahan atau mempermudah mengetahui banyaknya bahan yang diperlukan. Untuk penglihatan ujung-ujungnya dapat dilakukan dengan dipatri, dikeling, ataupun dilas. Cara penyambungan tersebut tergantung dari macam bahan ataupun tebal-tipisnya bahan.

Dari hasil gambar teknik yang dikerjakan dalam bentuk gambar-gambar detail ini selanjutnya diberikan kepada para operator untuk mengerjakan. Tetapi seluruh desain gambar yang terbuat dari komponen pelat yang dibutuhkan gambar tambahan yakni gambar bentangan, sebab untuk pemotongan awal dari bahan yang dikerjakan harus sesuai dengan bentangan yang dibutuhkan. Apalagi untuk pembuatan komponen yang berjumlah besar, hal ini dibutuhkan gambar bentangan yang cermat dan teliti. Apabila pemotongan bentangan ini tidak sesuai dengan kebutuhan bahan yang diinginkan akan menimbulkan kerugian pemakaian bahan.

Pengetahuan gambar bentangan memang dewasa ini sangat dibutuhkan, Ini terlihat dari perkembangan dunia industri. Terutama industri-industri karoseri body mobil, body kereta api, peralatan kantor juga tangki-tangki berukuran kecil maupun besar. Seorang juru gambar bentangan harus mempunyai wawasan yang luas tentang suatu obyek yang akan digambarnya. Sebab selain dibutuhkan pengetahuan tentang gambar bukaan tersebut, juru gambar juga harus mempertimbangkan proses penyambungan yang digunakan dalam perakitan bentangan tersebut, sehingga juru gambar harus mempersiapkan dimensi geometris tambahan untuk proses perakitan obyek yang akan dikerjakan.

4.7.2. Penerapan Bentangan

Ditinjau dari proses penerapan gambar bentangan ini dapat dilakukan dengan dua sistem yakni sistem langsung pada obyek yang dikerjakan dan sistem tidak langsung.

- Sistem langsung

  Sistem langsung yang dimaksud dalam penerapan bentangan ini adalah proses menggambar bentangan yang dilakukan langsung pada obyek atau pelat yang dikerjakan. Proses secara langsung ini biasanya dilakukan untuk pembuatan bentangan satu obyek saja. Pelat yang menjadi obyek pengerjaan langsung merupakan tempat

lukisan yang dikerjakan oleh juru gambar. Jadi juru gambar melukis bentuk bentangan di atas pelat tersebut secara langsungan. Setelah lukisan bentangan terbentuk selanjutnya dilakukan proses pemotongan bentangan

- Sistem Tak Langsung
  Sistem tak langsung ini umumnya digunakan dalam pembuatan komponen yang berjumlah besar. Proses penggambaran bentangan awalnya dilukis pada mal atau patron yang disediakan khusus. Setelah mal lukisan bentangan ini selesai dipotong selanjutnya di pindahkan pada pelat-pelat yang tersedia sesuai dengan jumlah komponen yang dibutuhkan.

  Sistem tak langsung ini artinya juru gambar tidak langsung melukis bentangan pada obyek pelat yang dikerjakan. Tetapi pada mal yang disediakan. Adakalanya pembuatan mal ini lebih besar biayanya dari pembuatan - satu komponen tetapi untuk komponen yang berjumlah besar ini sangat menguntung-kan. Keuntungan ini terlihat dari hasil bentangan yang dikerjakan mempunyai dimensi yang sama. Disamping itu dengan penggunaan dari mal ini menguntungkan dalam pertimbangan pemakaian bahan dan proses pemotongan pelat, sehingga biaya operasional untuk pembuatan menjadi lebih murah.

4.8. Konstruksi Geometri

Pada saat menggambar suatu komponen mesin, juru gambar sering menggunakan konstruksi yang didasarkan atas unsur-unsur geometri. Unsur-unsur geometri yang dimaksud di sini adalah busur-busur, lingkaran, garis, atau sudut. Konstruksi geometri digunakan agar lukisan atau gambar yang dibuat memberikan bentuk yang baik. Konstruksi ini dimaksudkan agar penyambungan garis dengan garis, busur dengan busur, busur dengan garis, dan sebagainya, dapat digambar dan dilukis dengan tepat.

Bila seorang juru gambar tidak menguasai dengan baik konstruksi geometri ini, misalnya pada saat menggambar busur di antara sudut maka hasil gambar tidak akan baik. Penyebabnya adalah pada saat mencari titik pusat, orang itu akan me!akukan dengan sistem coba-coba saja. Di samping tidak efisien, gambar yang dihasilkan tidak baik dan tidak akurat. Dalam konstruksi geometri ini, ketepatan dan ketelitian sangat diperlukan sekali. Oleh karena itu, pensil yang digunakan adalah pensil H, 2H, atau 3H.

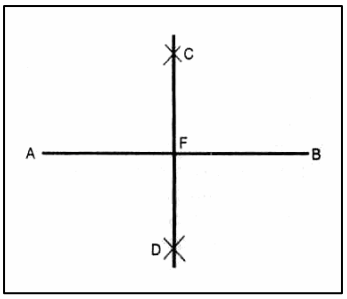
4.8.1. Garis Tegak Lurus

Gambar 4.7. menunjukkan cara membagi dua garis lurus sama panjang. Langkah pertama, buat garis lurus AB, kemudian buat busur lingkaran di titik A dengan ukuran jari-jari sembarang. Selanjutnya buat busur lingkaran di titik B dengan jari-jari yang sama dengan lingkaran di titik A. Kedua lingkaran berpotongan di titik C dan D. Selanjutnya hubungkan titik C dan D memotong garis AB di titik F sehingga panjang AF = FB.

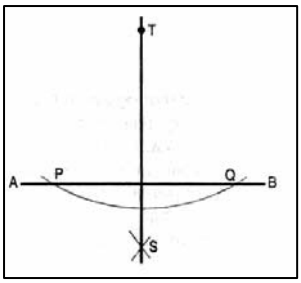
Gambar 4.8. menunjukkan cara membuat garis tegak lurus melalui titik 0 yang terletak pada garis AB. Langkah pertama, buat busur lingkaran di titik O dengan ukuran jari-jari sembarang. Busur lingkaran tersebut memotong garis AB di titik S dan T. Buat lingkaran dengan ukuran jari-jari sembarang di titik S dan T sebagai pusat busur lingkaran. Kedua busur lingkaran tersebut berpotongan di titik P. Langkah selanjutnya tarik garis dari P ke Q maka garis tersebut tegak lurus garis AB.

Gambar 4.9. menunjukkan cara membuat garis tegak lurus melalui titik T yang berada di luar garis. Caranya adalah buat garis AB dengan panjang tertentu dan buat titik T di luar garis AB. Langkah selanjutnya buat busur lingkaran di titik T dengan panjang jari-jari sembarang. Busur lingkaran tersebut memotong garis AB di titik P dan Q. Kemudian buat busur lingkaran di titik P dan Q dengan panjang jari-jari sembarang, busur lingkaran tersebut berpotongan di titik S. Selanjutnya tarik garis dari S ke T maka garis tersebut tegak lurus garis AB.

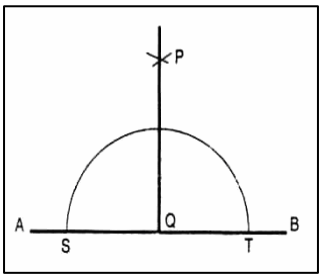
Gambar 4.10. menunjukkan cara membuat garis tegak lurus yang melalui titik A. Langkah awal buat garis AB, selanjutnya di dekat titik A diberi titik Q. Setelah itu buat busur lingkaran melalui titik Q dengan pusat busur lingkaran di titik P yang terletak di luar garis AB. Busur lingkaran tersebut memotong garis AB di titik S. Kemudian hubungkan titik S dengan titik P, perpanjangan garis SP memotong busur lingkaran di titik T. Selanjutnya hubungkan titik Q dengan titik T. Garis QT tegak lurus terhadap garis AB.



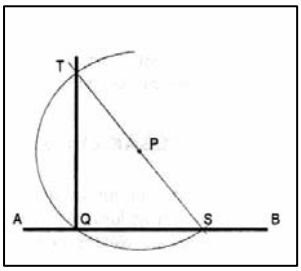
Gambar 4.7. Cara membagi dua garis lurus sama panjang



Gambar 4.9. cara membuat garis tegak lurus melalui titik T



Gambar 4.8. cara membuat garis tegak lurus melalui titik 0



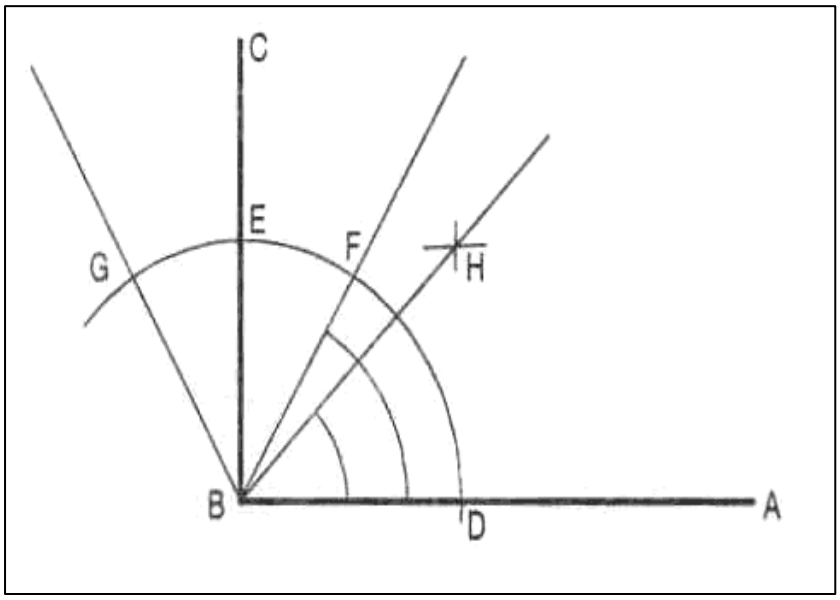
Gambar 4.10. cara membuat garis tegak lurus yang melalui titik A.

4.8.2. Membagi Sudut

Gambar 4.11. menunjukkan cara membagi sudut 90^0 menjadi dua sama besar. Langkah pertama buat garis AB dengan panjang sembarang, buat garis C tegak lurus di titik B. Sudut ABC adalah 90^0.

Buat busur lingkaran di titik B dengan panjang jari-jari sembarang. Busur lingkaran tersebut memotong garis AB di titik D dan memotong garis BC di titik E. Dengan jari-jari yang sama, buat busur lingkaran di titik E dan D.

Busur lingkaran tersebut berpotongan di titik H, buat garis dari titik B ke H maka sudut CBH adalah separo dari sudut ABC, yaitu 45°. Bila besar sudut ABF adalah 60°, maka dengan jalan memindahkan EF akan diperoleh titik G. Bila titik G kita hubungkan dengan B maka besar sudut ABG adalah 120^0.



Gambar 4.11. Cara membagi sudut 90^0 menjadi dua sama besar.

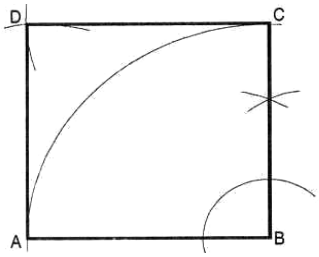
Gambar 4.12. menunjukkan cara membuat sebuah segi empat sama sisi. Langkah pertama, buat garis AB yang telah ditentukan panjangnya. Buat garis tegak lurus di titik B, kemudian buat busur lingkaran dengan jari-jari AB, titik B sebagai pusat. Garis tersebut memotong garis tegakk lurus di titik C. Buat busur lingkaran di titik C dan A dengan jari-jari AB. Busur lingkaran tersebut berpotongan di titik D. Hubungkan titik-titik ABCD maka terbentuk segi empat sama sisi.

Gambar 4.13. menunjukkan cara membuat empat persegi panjang dengan sisi panjang AB dan sisi pendek BD. Buat garis AB dengan panjang yang telah ditentukan, kemudian buat garis tegak lurus terhadap garis AB di titik A. Selanjutnya buat busur lingkaran di titik A dan B dengan jari-jari BD, yaitu sisi pendek. Tarik garis sejajar garis AB melalui titik C. Garis tersebut memotong busur lingkaran yang lain di titik D. Langkah terakhir hubungkan titik-titik ABCD maka terbentuk segi empat yang kita inginkan.

Gambar 4.14. menunjukkan cara membuat segi empat belah ketupat. Buat garis AB dengan panjang yang telah ditentukan, kemudian buat garis yang membentuk sudut 60° di titik B. Buat busur lingkaran di titik B dengan jari-jari AB, garis tersebut memotong garis sudut 60° di titik C. Dengan jari-jari yang sama buat busur lingkaran di titik C dan A,

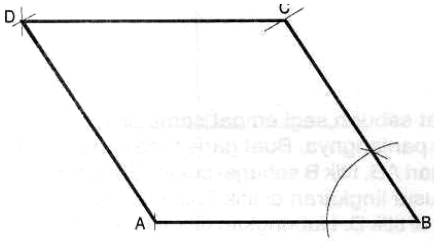
perpotongan busur A dan C merupakan titik D. Hubungkan titik-titik ABCD maka terbentuk segi empat belah ketupat yang kita inginkan.

Gambar 4.15. menunjukkan cara membuat belah ketupat yang telah diketahui sisi tingginya. Langkah pertama buat garis lurus AB, kemudian tarik garis tegak lurus AB di titik A dan titik E pada garis AB. Buat busur lingkaran di titik A dan E dengan panjang jari-jari sama dengan tinggi belah ketupat. Busur lingkaran memotong garis tegak lurus di titik P dan Q. Selanjutnya tarik garis tegak lurus di titik P dan melalui titik Q. Titik C terletak di antara P dan Q. Selanjutnya hubungkan titik A dengan titik C. Buat busur lingkaran di titik C dengan panjang jari-jari CA memotong perpanjangan garis PQ di titik D. Buat busur lingkaran dengan jari-jari yang sama di titik A memotong garis AE di titik B, hubungkan titik B dengan titik D, maka terbentuk belah ketupat ABCD sesuai keinginan kita.

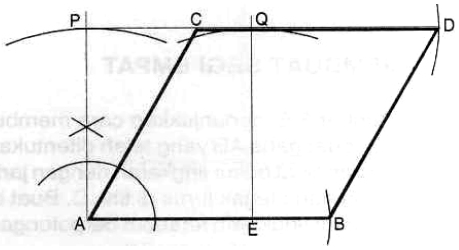


Gambar 4.12 Cara membuat sebuah segi empat sama sisi.

Gambar 4.13 Cara membuat empat persegi panjang dengan sisi panjang AB



Gambar 4.14 Cara membuat segi empat belah ketupat.



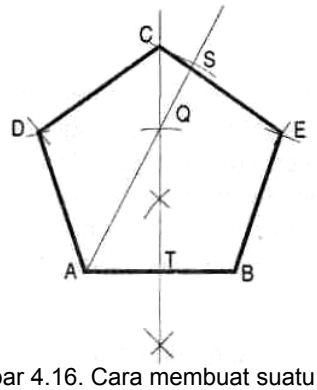
Gambar 4.15 cara membuat belah ketupat yang telah diketahui sisi tingginya.

4.8.3. Membuat Segi Lima

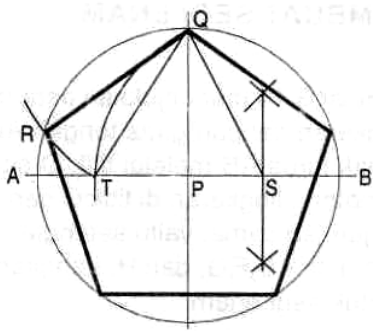
Gambar 4.16. menunjukkan cara membuat suatu segi lima yang panjang salah satu sisinya sudah diketahui. Garis AB adalah sisi dari segi lima, bagi garis tersebut menjadi dua bagian yang sama panjang, namai titik itu dengan titik T. Tarik garis tegak lurus melalui titik T dengan panjang sama dengan garis AB, namai titik tersebut dengan titik Q. Hubungkan titik A

dengan titik Q. Dari titik C buat garis QS, dengan panjang sama dengan AT. Buat busur lingkaran di titik A dengan jari-jari AS sehingga memotong garis TO di titik C. Buat busur lingkaran di titik C, A, dan B dengan jari-jari AB, sehingga akan diperoleh titik D dan E. Hubungkan titik ABCDE sehingga terbentuk segi lima yang dikehendaki.

Gambar 4.17. menunjukkan cara membuat segi lima yang berada di dalam lingkaran. Langkah pertama buat lingkaran dengan pusat lingkaran di titik P. Garis tengah lingkaran tersebut adalah AB. Kemudian tarik garis tegak lurus AB melalui titik P dan memotong lingkaran di titik 0. Panjang garis PB dibagi dua sehingga memperoleh titik S. Buat busur lingkaran di titik S dengan jari-jari SO dan memotong garis PA di titik T serta memotong lingkaran di titik R. Panjang garis OR adalah sisi dari suatu segi lima.



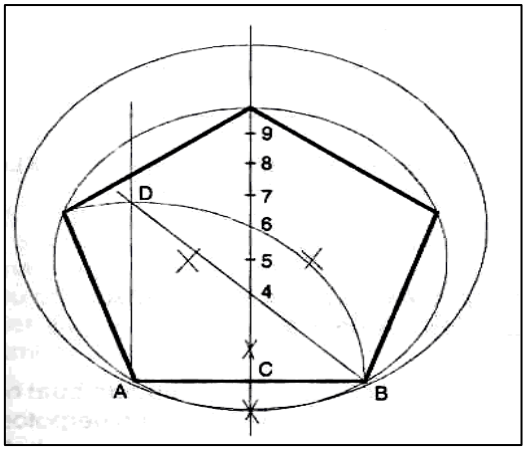
Gambar 4.16. Cara membuat suatu segi lima yang panjang salah satu sisinya sudah diketahui.



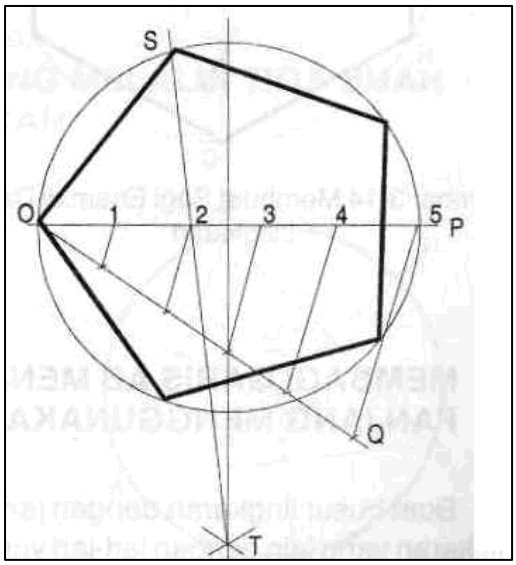
Gambar 4.17. Cara membuat segi lima yang berada di dalam lingkaran.

Gambar 4.18. menunjukkan cara membuat suatu segi lima yang diketahui satu sisinya. Garis AB adalah salah satu sisi segi lima. Garis tersebut dibagi menjadi dua sama panjang di titik C. Tarik garis tegak lurus AB melalui titik C. Buat busur lingkaran di titik A dengan jari-jari sama dengan AB, kemudian tarik garis tegak lurus di A yang memotong busur lingkaran di titik D. Perpotongan busur lingkaran DB dengan garis tegak lurus yang melalui C adalah di titik 6. Hubungkan titik B dengan titik D sehingga memotong garis di titik 4. Jarak antara 4 dan 6 dibagi dua sehingga diperoleh titik 5 yang merupakan pusat lingkaran segi lima. Untuk membuat segi lima, kita ukurkan sisi AB, pada lingkaran tersebut. Prinsip ini bisa kita gunakan untuk membuat segi banyak, yaitu dengan jalan membuat lingkaran-lingkaran di titik 6, 7, 8, 9, dan seterusnya, misalnya akan membuat segi 6. Titik 6 adalah pusat lingkaran yang berpusat di titik 6 tadi.

Gambar 4.19. menunjukkan cara membuat segi lima yang berada di dalam lingkaran. Buat garis dari titik 0 dengan sudut tertentu dari sumbu OP, namai titik tersebut dengan O. Garis 00 dibagi menjadi lima bagian yang sama panjang. Hubungkan titik Q dengan titik P. Selanjutnya buat garis-garis sejajar PQ dari titik-titik bagi ke sumbu OP. Buat busur lingkaran dengan jari-jari OP di titik 0 dan titik P. Kedua busur lingkaran tersebut berpotongan di titik T. Tarik garis dari titik T ke titik 2 hingga memotong lingkaran di titik S. Jarak OS adalah salah satu sisi segi lima tersebut.



Gambar 4.18.Cara membuat suatu segi lima yang diketahui satu sisinya.

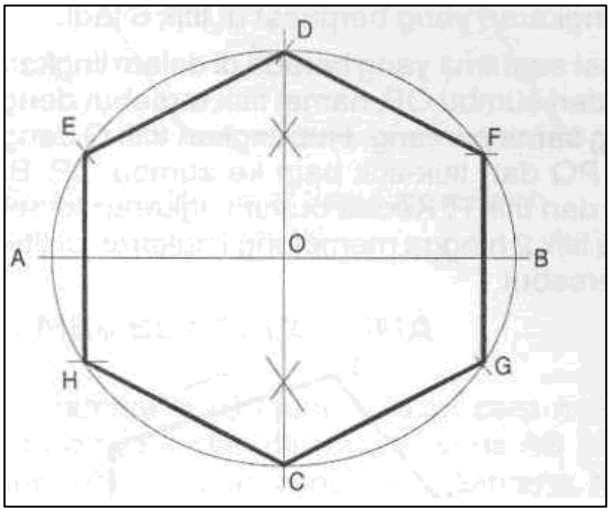


Gambar 4.19. Cara membuat segi lima yang berada di dalam lingkaran.

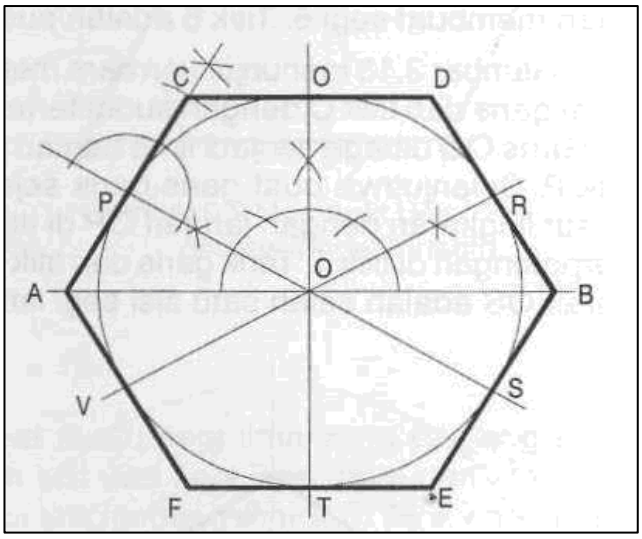
4.8.4. Membuat Segi Enam

Gambar 4.20. menunjukkan cara membuat sebuah segi enam di dalam lingkaran. Buat lingkaran dengan garis tengah AB dan titik 0 sebagai titik pusat lingkaran. Tarik garis tegak lurus AB melalui titik 0 sehingga merupakan sumbu tegak dari lingkaran dan memotong lingkaran di titik C dan D. Buat busur lingkaran di titik C dan D dengan panjang jari-jari sama, yaitu setengah sumbu AB. Busur lingkaran tersebut memotong lingkaran di titik E,F,G, dan H. Langkah terakhir hubungkan titik-titik tersebut sehingga membentuk segi enam.

Gambar 4.21. menunjukkan cara membuat segi enam yang berada di luar lingkaran dan salah satu sisi sudah diketahui. Sebagai langkah awal buat lingkaran dengan titik pusat O. Buat garis AB melalui pusat lingkaran, kemudian tarik garis OT tegak lurus garis AB melalui titik O. Buat garis yang membentuk sudut 30^0 di atas dan di bawah sumbu AB, garis sudut ini memotong lingkaran di titik P,R,S, dan V. Tarik garis tegak lurus OP memotong garis AB di titik A. Selanjutnya buat lingkaran dengan panjang jarijari AO di titik A hingga memotong perpanjangan AP di titik C. Lakukan langkah yang sama pada diagonal OR, OS, dan OV untuk memperoleh titik D,E, dan F. Apabila kita menghubungkan titik-titik tersebut maka terbentuk segi enam yang kita inginkan.



Gambar 4.20. Cara membuat sebuah segi enam di dalam lingkaran.



Gambar 4.21. Cara membuat sebuah segi enam di luar lingkaran.

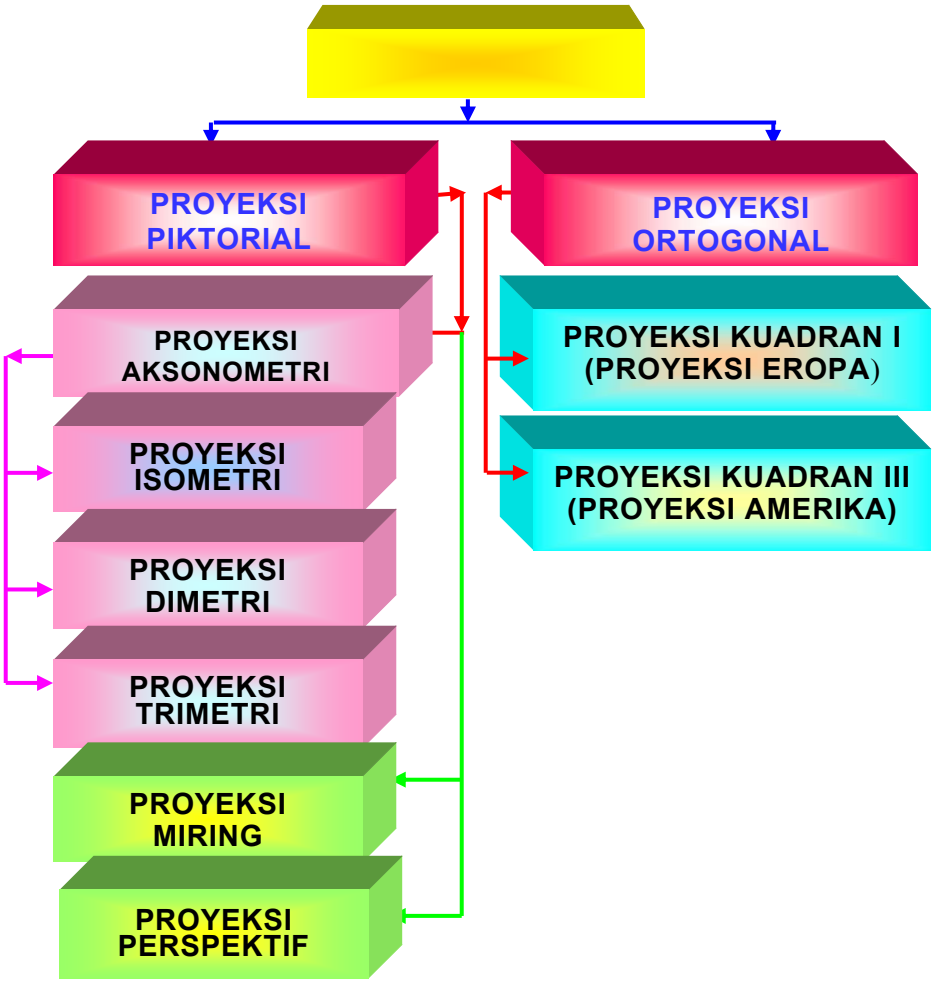
4.9. Proyeksi

Bidang yang penting dalam gambar proyeksi adalah bidang tegak dan bidang mendatar. Bidang-bidang tersebut mempunyai sudut siku-siku atau sudut 90^0 antara satu sisi dengan sisi yang lain.

Bukaan dari semua bidang tidak terbatas, tetapi untuk menggambar yang tepat dan mempermudah pengertian pembaca, dalam teori biasanya diberikan batasan-batasan tertentu. Bidang proyeksi dibuat sedemikian rupa terang atau jelas dan tipis. Untuk menyatakan wujud suatu benda dalam bentuk gambar diperlukan suatu cara yang disebut proyeksi.

Gambar proyeksi adalah gambar dari suatu benda nyata atau khayalan, yang dilukiskan menurut garis-garis pandengan pengamat pada suatu bidang datar (bidang gambar).

Ada beberapa macam cara menggambar proyeksi. Cara-cara tersebut di sini akan dikelompokkan menjadi dua kelompok, yaitu proyeksi *piktorial* dan *ortogonal,* seperti ditunjukkan diagram kotak pada gambar 4.22.

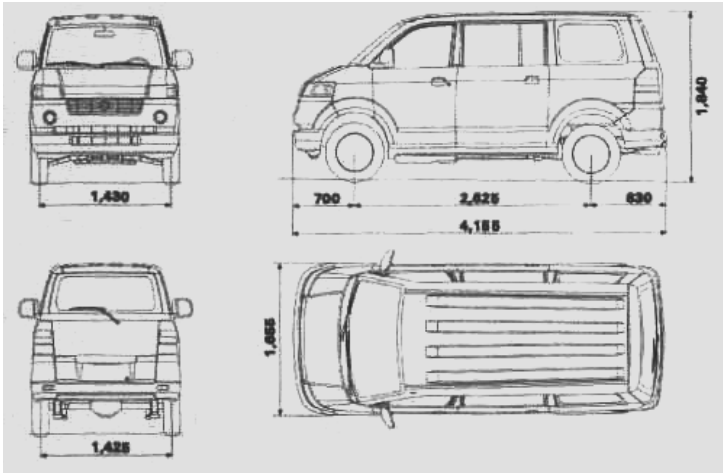


Gambar 4.22. Beberapa macam cara proyeksi

4.9.1. Proyeksi Piktorial (Proyeksi pandangan tunggal)

Proyeksi piktorial *(pictorial drawing)* adalah suatu cara menampilkan gambar benda yang mendekati bentuk dan ukuran sebenarnya secara tiga dimensi, dengan pandangan tunggal. Dulu dikenal dengan istilah *gambar bagan* atau *gambar satu pandangan.*

Gambar piktorial sering disebut juga gambar ilustrasi teknik, karena sering digunakan sebagai gambar ilustrasi pada buku-buku keteknikan atau pada katalog dari produk industri mesin, dan sebagainya. Tetapi perlu dibedakan, bahwa tidak setiap gambar ilustrasi teknik merupakan gambar piktorial. Gambar piktorial menampilkan wujud benda hanya dengan *goresan garis-garis,* sedangkan gambar ilustrasi teknik meliputi aneka ragam gambar, baik gambar hasil seni grafis atau pun fotografis. Gambar 4.23. memperlihatkan contoh gambar piktorial dan gambar ilustrasi teknik.



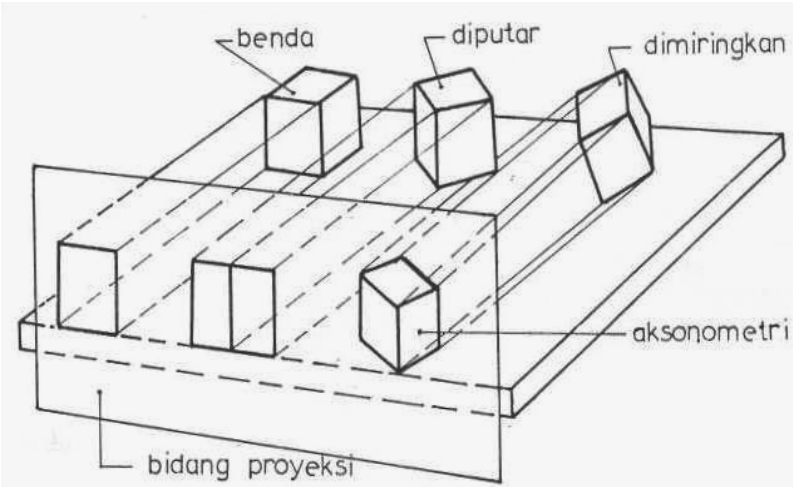
Gambar 4.23. Gambar ilustrasi teknik

Gambar 4.24. Gambar ilustrasi teknik (Bukan gambar piktorial)
(www.balibestrate.com)

Cara proyeksi yang termasuk ke dalam kelompok proyeksi piktorial terdiri atas proyeksi aksonometri, proyeksi miring, dan proyeksi perspektif.

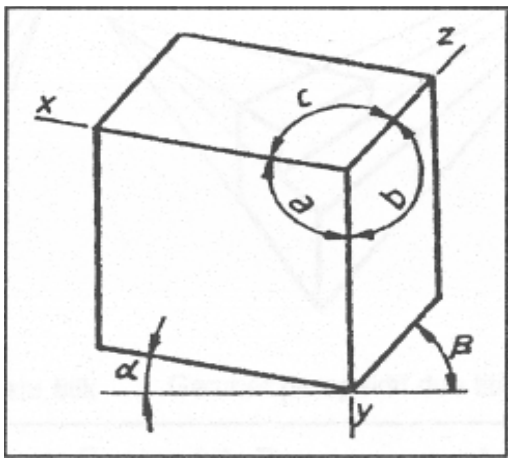
4.9.2. Proyeksi aksonometri

Keadaan garis-garis proyeksi yang terjadi pada proyeksi aksonometri ini tetap sejajar dan tegak lurus terhadap bidang proyeksi, hanya kedudukan dari bench yang akan diproyeksikan berubah. Bila sebuah benda kita proyeksikan secara proyeksi orthogonal, seperti terlihat apda gambar 4.25. maka proyeksi yang akan tampak pada bidang proyeksi hanya satu permukaan saja.



Gambar 4.25. Cara proyeksi aksonometri.

Proyeksi aksonometri ini dibagi lagi menjadi tiga cara, yaitu *isometri, dimetri,* dan *trimetri.* Ketiga cara ini dibedakan atas dasar besarnya sudut antara sumbu-sumbu (x, y, dan z) dan panjang garis pada sumbu-sumbu tersebut (gambar 4.26).



Gambar 4.26. Sudut proyeksi aksonometri.

Untuk keperluan praktis dalam menggambar, tabel 4.3 memberikan harga-harga *pendekatan* mengenai besarnya sudut sumbu terhadap horizontal dan skala perpendekan garis sumbu pada proyeksi isometri, dimetri, dan trimetri.

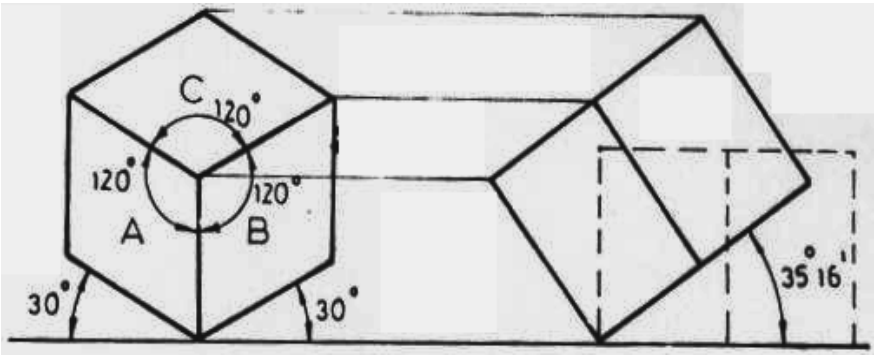
Tabel.4.3 Harga sudut-sudut proyeksi dan skala perpendekan dalam proyeksi aksonometri.

Cara proyeksi	Sudut proyeksi		Skala perpendekan		
	$(\alpha)^\circ$	$(\beta)^\circ$	Sumbu-X	Sumbu-Y	Sumbu-Z
Proyeksi isometri	30	30	1	1	1
Proyeksi dimetri	35	35	1	3/4	1
	15	15	3/4	1	3/4
	7	42	1	1	1/2
Proyeksi trimetri	20	30	7/8	1	3/4
	10	20	7/8	1	2/3

(G. Takeshi Sato dan N. Sugiarto H, 1999)

4.9.3. Proyeksi isometri

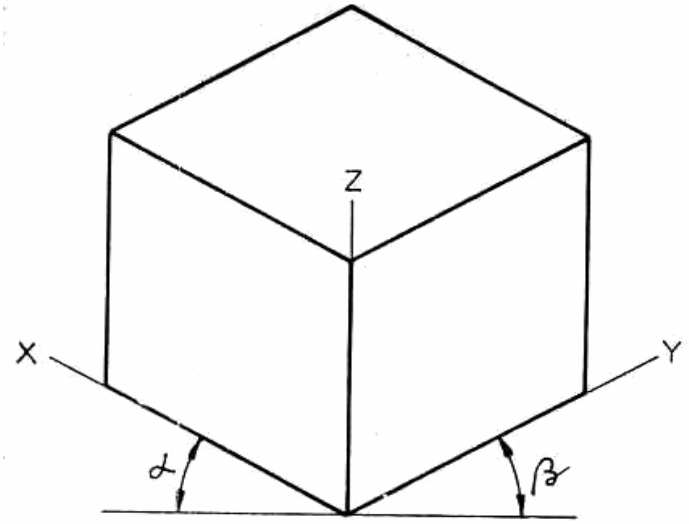
Apabila sebuah benda atau kubus kita letakkan pada sebuah bidang datar dengan diagonalnya tegak lurus terhadap bidang proyeksi, maka yang akan kelihatan hanyalah dua permukaan bidang saja yaitu bidang A dan B, seperti terlihat pada gambar 4.27.



Gambar 4.27. Sudut proyeksi isometri

Dan bila kubus tersebut kita miringkan, sehingga hagian bawah dari bidang kubus tersebut membentuk sudut 35°16' terhadap bidang datar. Maka proyeksi dari kubus yang berada pada bidang proyeksi akin tampak menjadi tiga buah bidang permukaan yaitu bidang A, B dan C serta sisi-sisinya menjadi sama panjang, sehingga dengan demikian sudut antara sisi dari kubus tersebut membentuk sudut 120" atau

dua buah sisi lainnya membentuk sudut 30° terhadap bidang datar tadi, hal semacam ini disebut proyeksi isometri. Cara menggambarkan proyeksi isometri ini dapat kita lihat pada gambar 4.28. Di mana sudut a dan Q sama besarnya yaitu 30" cara penggambaran terhadap sumbu X, Y dan Z digambarkan pada skala 0,82 akan tetapi untuk memudahkan dalam penggambaran, biasanya Sering diambil pada skala 1 : 1.

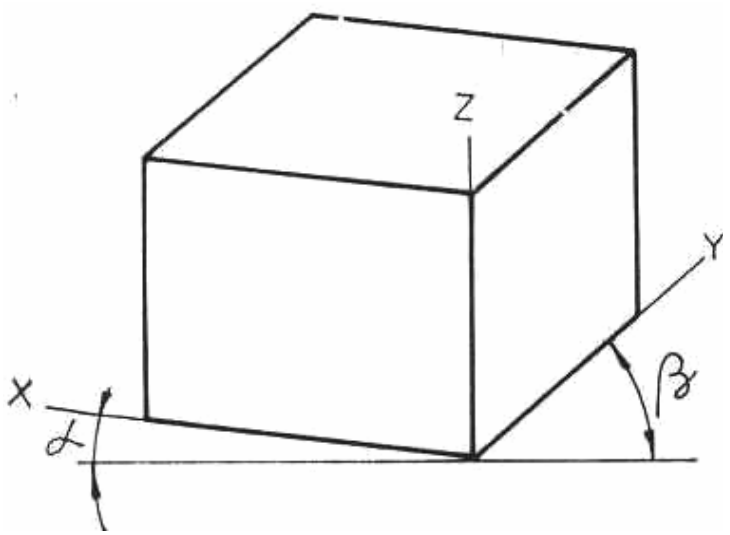


Gambar 4.28. Sudut proyeksi isometri

4.9.4. Proyeksi dimetri

Apabila sebuah benda digambarkan ke dalarn proyeksi isometri kadang-kadang sering didapatkan beberapa buah garis menjadi berimpit atau beberapa buah bidang sering diproyeksikan sebagai garis lurus, sehingga bentuk keseluruhan dari benda tersebut menjadi tidak jelas. Maka untuk mengatasi hal tersebut di atas benda tersebut bisa digambarkan ke dalam bentuk proyeksi dimetri, karena pada gambar proyeksi dimetri kejadian seperti di atas tidak ditemukan.

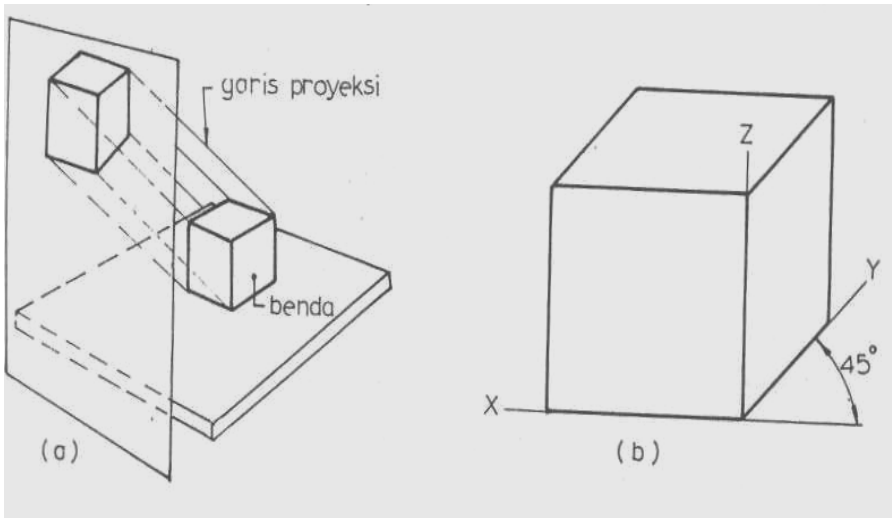
Cara penggambaran proyeksi dimetri ini seperti terlihat pada gambar 4.29. di mana pengggambaran ke arah sumbu X dan Y digambarkan pada skala 1:1, sedangkan ke arah sumbu Z digambarkan pada skala 1:2 dan sudut α = 7° sudut β = 42°.



Gambar 4.29. Sudut proyeksi dimetri

4.9.5. Proyeksi miring (Oblik)

Di dalam proyeksi miring, garis-garis proyeksi yang terjadi tidaklah tegak lurus terhadap bidang proyeksi, melainkan membentuk sudut terhadap bidang proyeksi. Proyeksi dari benda yang berada pada bidang proyeksi disebut proyeksi miring, seperti terlihat pada gambar 4.30a.



Gambar 4.30. Sudut proyeksi miring

Cara menggambar proyeksi miring ini, biasanya kemiringan dari benda yang akan digambar itu membentuk sudut 45° seperti terlihat pada gambar 4.30.

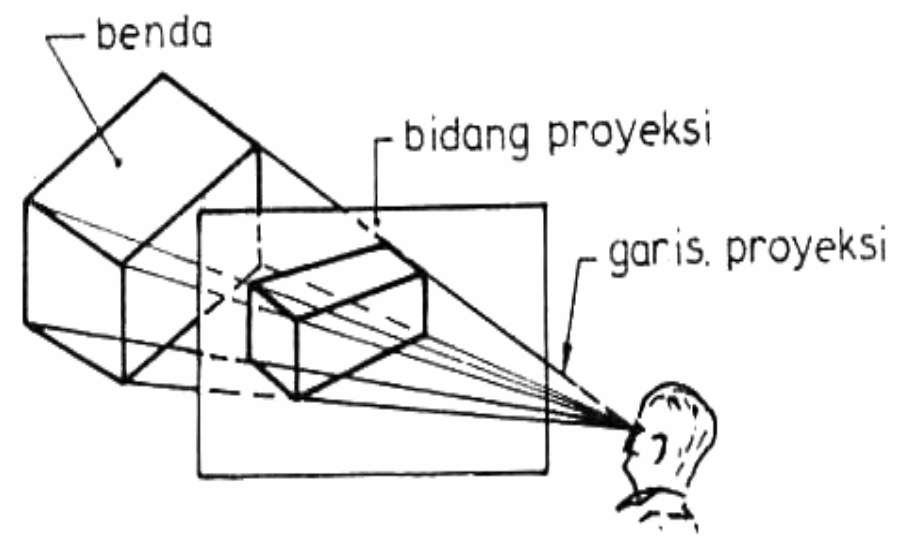
Cara memnggambarnya sebagai berikut:

1. Penggambaran terhadap sumbu Z digambarkan pada skala yang sebenarnya atau skala 1:1.
2. Demikian pula penggambaran terhadap sumbu X digambarkan pada skala 1:1.
3. Dan penggambaran terhadap sumbu Y digambarkan setengahnya atau pada skala 1:2.

4.9.6. Proyeksi perspektif

Di dalam proyeksi perspektif pada dasarnya garis-garis proyeksi yang terjadi tidaklah sejajar dengan garis proyeksi yang lainnya, mel'9inkan menuju sebuah titik. Di mana titik tersebut merupakan titik penglihatan dari mata pengamat. Jadi dengan demikian proyeksinya tidak akan menunjukkan bentuk yang sebenarnya dari benda yang dilihat. Apabila sebuah benda kita lihat dari satu titik penglihatan, maka proyeksi dari benda yang dilihat tersebut akan berada pada bidang proyeksi seperti terlihat pada gambar 4.31.

Hal semacam ini disebut proyeksi perspektif dan gambarnya dinamakan gambar perspektif.



Gambar 4.31. Proyeksi perspektif miring

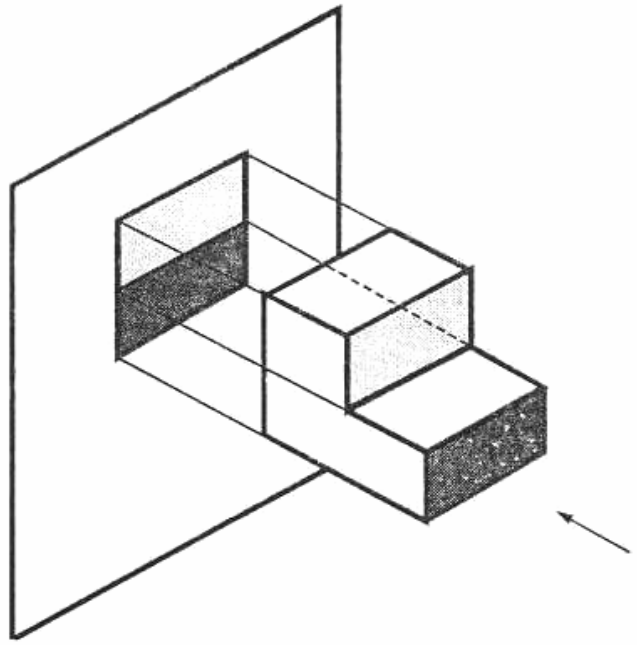
4.9.7. Proyeksi Eropa dan Amerika.

Ada dua cara yang dapat digunakan dalam menggambar proyeksi, yaitu proyeksi sistem Eropa dan proyeksi sistem Amerika. Biasanya proyeksi Eropa disebut dengan *First Angle Projection,* dann proyeksi sistem Amerika disebut *Third Angle Projection.*

4.9.8. Proyeksi sistem Eropa (First Angle Projection)

Untuk **Proyeksi sistem Eropa (First Angle Projection)** mempermudah ingatan tentang proyeksi Eropa, kuncinya adalah bahwa objek atau benda terletak di antara orang yang melihat dengan bidang proyeksi. Untuk memproyeksikan suatu benda, benda tersebut seolah-olah didorong menuju bidang proyeksi.

Sebagai contoh pada Gambar 4.32. suatu kubus yang dipotong seperempat terletak di antara pengamat dan bidang proyeksi. Dengan cara menarik garis-garis ke bidang proyeksi maka proyeksi dari kubus tersebut merupakan bidang segi empat sama sisi.

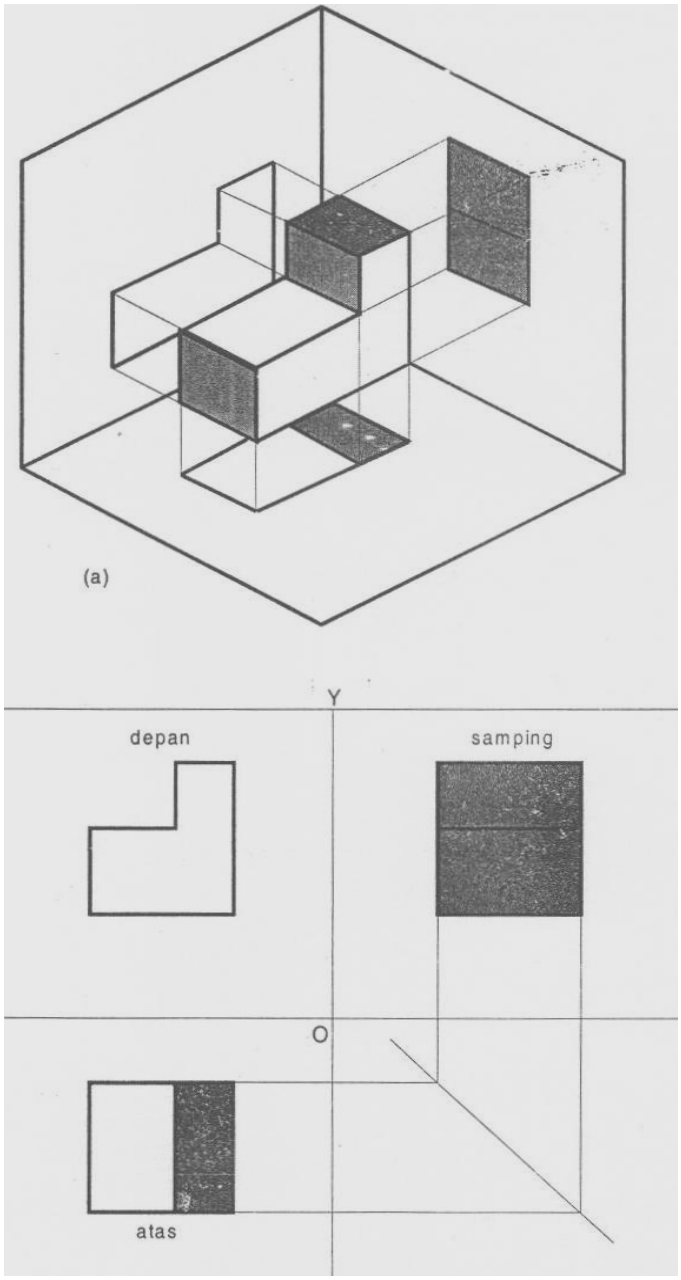


Gambar 4.32. Proyeksi sistem Eropa

Dalam peragaan menggunakan tiga bidang proyeksi, yaitu bidang depan, atas, dan samping, benda diletakkan di antara bidang proyeksi dan pengamat (Gambar 4.32). Artinya bidang proyeksi terletak di belakang benda. Dari gambar tampak dengan jelas bahwa proyeksi untuk pandengan atas terletak di bawah

benda, proyeksi pandengan depan terletak di belakang benda, dan proyeksi pandengan samping terletak di sebelah kanan benda.

Guna mempermudah pengamatan maka bidang-bidang proyeksi dibuka sehingga merupakan satu bidang datar yang dibatasi oleh sumbu mendatar x-x dan sumbu tegak y-y. Sekarang dapat dilihat dengan jelas bahwa letak pandengan samping adalah di sebelah kanan pandengan depan (lihat Gambar 4.33).

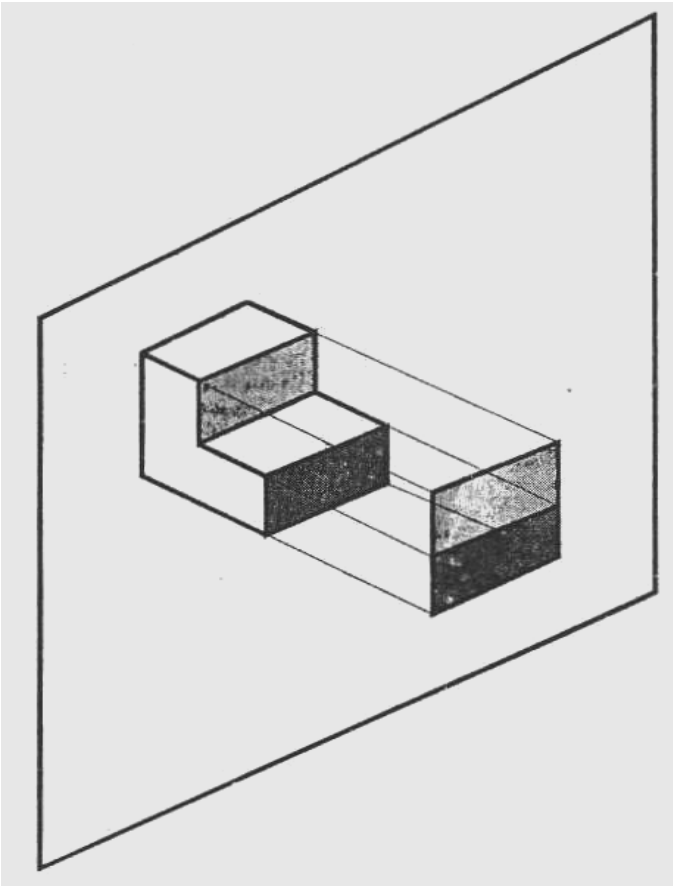


Gambar 4.33. Menggambar proyeksi sistem Eropa

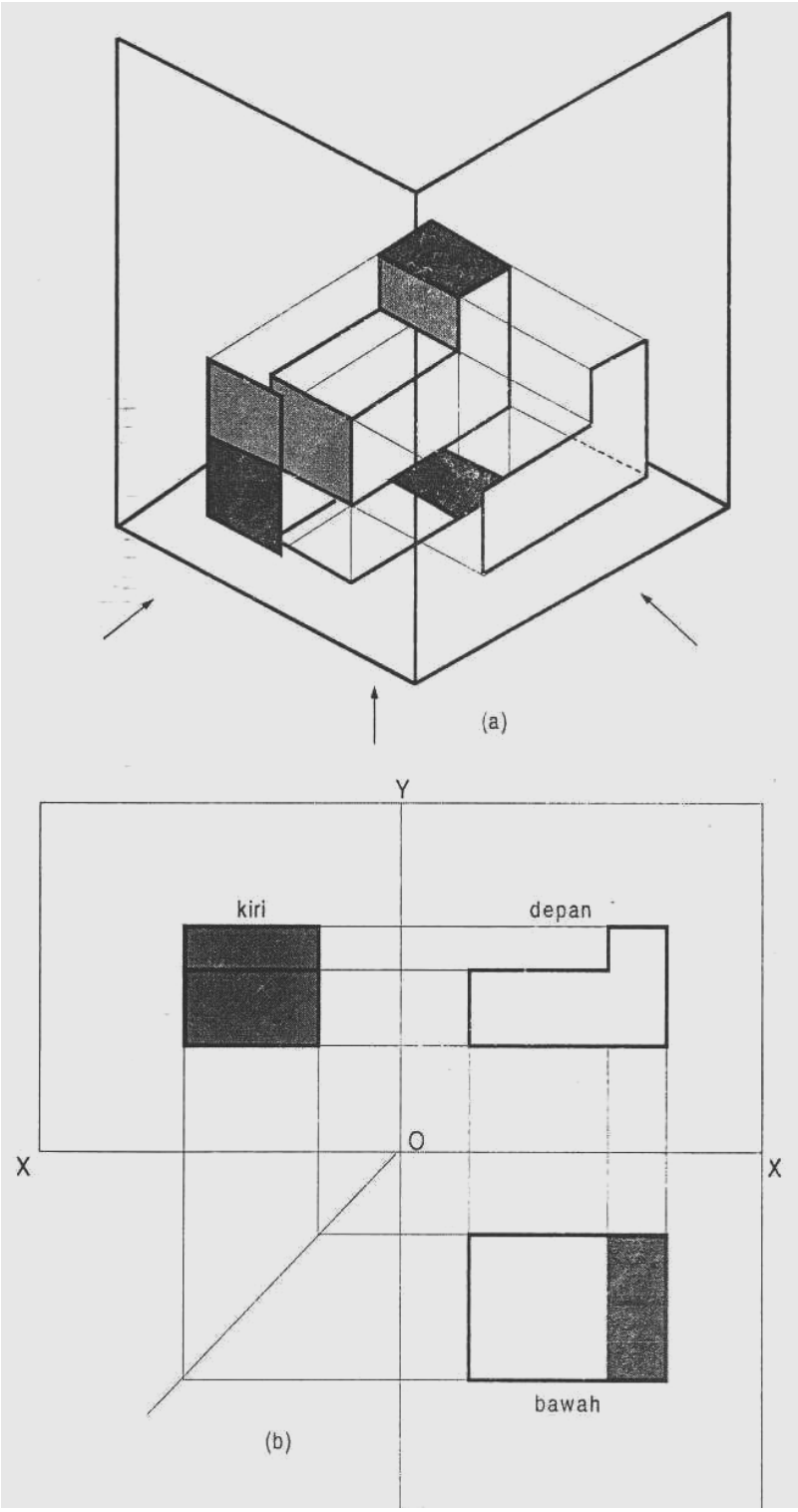
4.9.9. Proyeksi Sistem Amerika (Third Angle Projection)

Dalam proyeksi ini benda berada di depan bidang proyeksi. Jadi, bidang proyeksi ada di antara pengamat dengan benda. Untuk memproyeksikan benda pada bidang proyeksi, benda seolah-olah ditarik ke bidang proyeksi sehingga garis sinar proyeksi ditarik menuju ke bidang proyeksi. Sebagai contoh Gambar 4.34 dan 4.35a

Kalau bidang-bidang proyeksi yang merupakan bidang transparan tersebut dibuka maka pandengan bawah akan terletak di bawah pandengan depan, pandengan kiri terletak di sebelah kiri pandengan depan, demikian juga panda ngan-pandengan yang lain, akan terletak pada tempat yang semestinya. Jadi proyeksi sistem Amerika merupakan kebalikan dari sistem Eropa.



Gambar 4.34. Proyeksi sistem Amerika



Gambar 4.35. Menggambar proyeksi sistem Amerika

4.10. Bukaan

Dalam bengkel-bengkel kerja pelat atau pada pekerjaan yang terbuat dari pelat sering sekali memerlukan gambar-gambar bukaan. Dalam konstruksi biasanya digunakan gambar proyeksi ortogonal yang dilengkapi dengan ukuran-ukuran yang diperlukan. Sebelum juru gambar memutuskan cara untuk mempermudah pembacaan, terlebih dahulu ia harus bisa membayangkan bentuk bentuk benda yang akan direncanakan.

Gambar bentangan atau bukaan biasanya diperlukan dalam bengkel-bengkel kerja pelat atau pada pabrik-pabrik yang memproduksi suatu alat yang bahannya terbuat dari pelat. Maksud dari gambar bentangan atau bukaan ialah untuk mempermudah pamotongan bahan atau mempermudah mengetahui banyaknya bahan yang diperlukan. Untuk pengikatan ujung-ujungnya dapat dilakukan dengan dipatri, dikeling, ataupun dilas. Cara penyambungan tersebut tergantung dari macam bahan ataupun tebal-tipisnya bahan.

4.10.1. Pembentangan dan Potongan

Perpotongan dan pembentangan secara logis merupakan suatu bagian subjek ilmu ukur lukis. Tetapi sedikit dari banyak penerapan yang dapat dilakukan tanpa pelajaran lanjutan mengenai proyeksi, disajikan dalam bab ini. Garis pemotongan yang dikehendaki antara permukaan geometrik dapat diperoleh dengan menerapkan prinsip proyeksi. Sekalipun ganbar bentangan ditampakkan dan tidak digambar oleh proyeksi nyata dengan cara yang dipakai untuk tampang luar, namun konstruksi memerlukan penerapan proyeksi ortografik dalam menemukan panjang sejati elemen dan panjang sejati rusuk.

4.10.2. Permukaan geometrik

Permukaan geometrik dibangkitkan oleh gerakan garis geometrik, baik yang lurus maupun yang melengkung. Permukaan yang dibangkitkan oleh garis lurus yang bergerak dikenal sebagai permukaan garis yang bergerak dikenal sebagai permukaan garis (*ruled surface*) dan permukaan ynag dibangkitkan oleh garis melengkung dikenal sebagai permukaan lengkung berganda (*double curved surface*). Sembarang kedudukan garis yang membangkitkan, yang dikenal sebagai generatrik, disebut elemen permukaan. Permukaan garis mencakup bidang, bidang lengkung-tunggal dan permukaan baling (*warped surface*). Bidang dibangkitkan oleh garis lurus yang bergerak dengan cara demikian rupa sehingga satu titik menyentuh garis lurus lainnya, kalau garis itu bergerak sejajar dengan kedudukan aslinya.

Permukaan lengkung tunggal dibangkitkan oleh garis lurus yang bergerak demikian rupa sehingga dalam dua yang mana saja dari kedudukannya yang dekat, garis itu terletak dalam bidang yang sama. Permukaan baling dibangkitkan oleh garis lurus yang bergerak demikian rupa sehingga garis itu tidak terletak dalam bidang yang sama dalam dua kedudukan dekat yang mana saja. Permukaan lengkung berganda mencakup permukaan yang dibangkitkan oleh garis melengkung yang bergerak sesuai dengan hukum matematik.

4.10.3. Obyek Geometrik

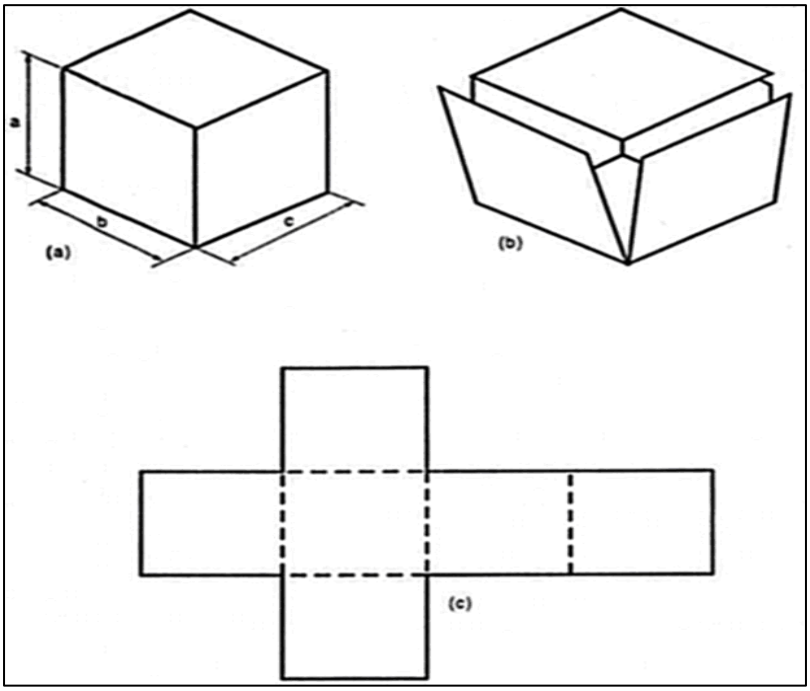
Benda padat geometrik dibatasi oleh permukaan geometrik dapat dogolongkan sebagai berikut: Benda padat yang dibatasi oleh permukaan bidang: tetrakedron, kubus, prisma, piramida dan lainnya. Benda padat yang dibatasi oleh permukaan lengkung tunggal: kerucut dan silinder (dibangkitkan oleh garis lurus yang bergerak). Benda padat yang dibatasi oleh permukaan baling: konoid silindroida, hiperboloida dengan nap (nappe) tunggal dan kerucut baling (warped cone). Benda padat yang dibatasi oleh permukaan lengkung berganda: bola, sferoida, torus, paboloida, hiperboloida dan sebaginya (permukaan putar yang dibangkitkan oleh garis melengkung).

4.10.4. Pembentangan

Bagan susunan permukaan lengkap suatu objek disebut gambar bentangan atau pola. Pembentagan obyek yang dibatasi oleh permukaan bidang dapat dianggap sebagai perolehan dengan memutar obyek. Pelaksanaan menggambar praktis terdiri dari menggambar permukaan secara berturut-turut dengan ukuran penuh dan dengan menyambungkan rusuk yang dimilikinya bersama.

Permukaan kerucut dan permukaan sillinder juga dapat dibuka pada sebuah bidang. Gambar bentangan silinder lurus adalah sebuah segi panjang yang lebarnya sama dengan keliling silinder yang dihitung (π d). Gambar bentangan kerucut bulat lurus adalah sebuah sektor lingkaran yang jari-jarinya sama tinggi miring kerucut dan yang panjang busurnya sama dengan keliling dasarnya.

Gambar 4.36a. menunjukkan sebuah kubus yang tertutup dan terbuat dari pelat. Sedangkan Gambar 4.36b menunjukkan suatu kubus yang belum disambung pada pertemuan sisi-sisinya. Gambar ini akan tampak dergan jelas bah'wa Kubus tersebut dapat dibentangkan dengan mudah. Gambar 4.36c adalah bukaan atau bentangan dari kubus Gambar 4.36a.



Gambar 4.36. Bentangan kubus

4.10.5. Metode menggambar bukaan

Teknik menggambar bentangan memerlukan metode-metode yang tepat untuk membuka sebuah benda sesusai dengan bangun benda yang akan dibuka ataupun bentuk benda yang akan dibuat dirancang. Karena banyak sekali bentuk bangun benda yang ada di dunia teknik, mulai dari bentuk yang sederhana sampai ke bentuk yang kompleks. Kontruksi bentuk yang kompleks seperti sebuah corong alas segi empat disambung dengan selinder kemudian ditembus dengan kerucut miring serta terpancung. Untuk menggambar gambar bukaan nya tidak cukup dengan sdatu metode. Adapun metode yang banyak terpakai dalam memnggambar bukaan adalah; Metode garis sejajar/paralel, metode radial/putar, metode segitiga, trianggulasi serta metode kombinasi.

4.10.6. Teknik menggambar bentangan

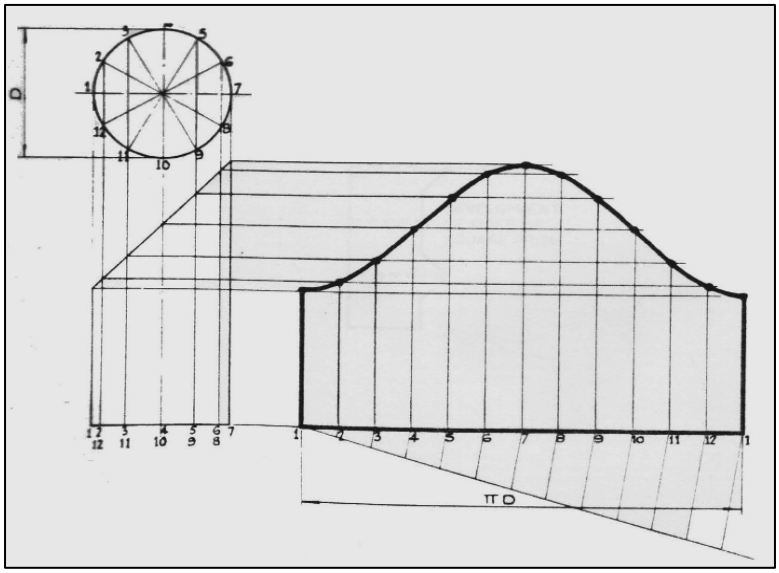
Teknik menggambar bentangan biasanya dilakukan dengan dua cara yakni secara grafis dan secara matematis. Kedua teknik ini mempunyai keuntungan yang berbeda-beda. Untuk proses penggambaran bentangan profil tertentu biasanya digunakan lukisan secara grafis. Tetapi untuk profil-profil

yang beraturan lebih menguntungkan dilakukan perhitungan-perhitungan secara matematis.

- Secara grafis

  Teknik secara grafis ini dilakukan dengan membagi lingkaran dalam 12 bagian yang sama besar, dimana angka 1 dan 12 saling berimpit. Selanjutnya tariklah garis lurus di sebelah lingkaran. Ukurlah jarak 1 ke 2 dengan menggunakan jangka. Lalu jarak ini dipindahkan pada garis lurus yang disediakan yakni 1 ke 2, begitulah seterusnya sampai menuju angka 12.

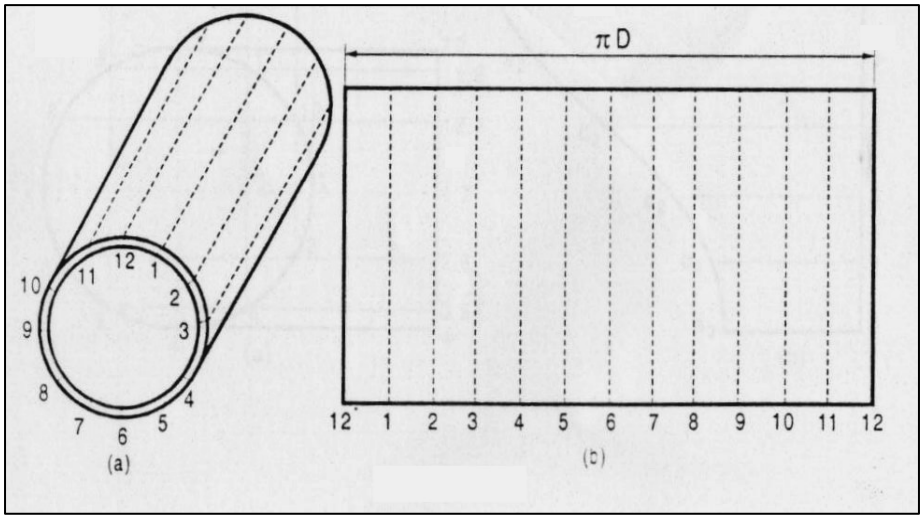
  Hasil pengukuran dengan pamindahan jangka ini dari 1 ke 12 merupakan keliling lingkaran yang terbentuk. Semakin banyak pembagi jumlah lingkaran ini maka hasil yang diperoleh juga semakin teliti.



Gambar. 4.37. Bentangan Lingkaran secara grafis

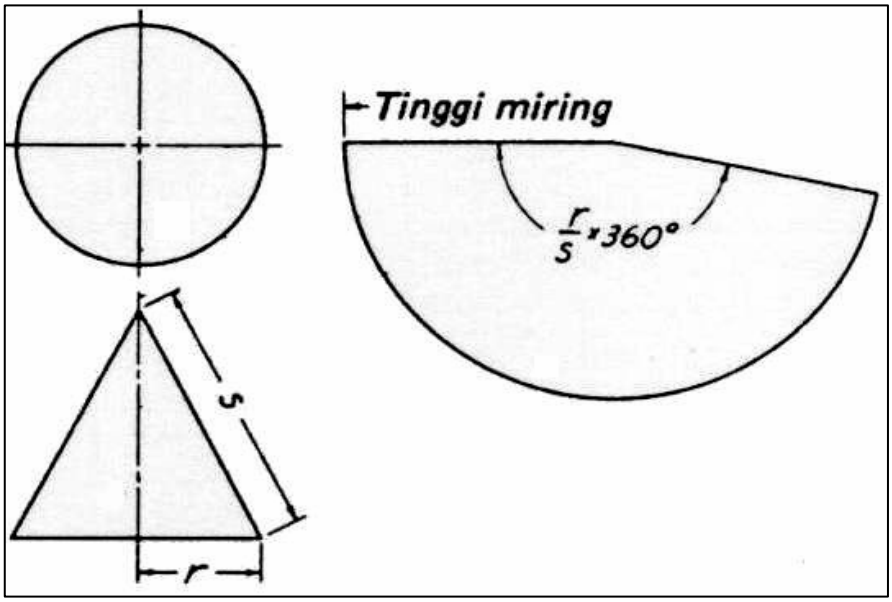
- Secara Matematis

  Lukisan bentangan dari sebuah lingkaran ini lebih mudah dilakukan secara matematis. Caranya adalah dengan menghitung keliling lingkaran tersebut. Yakni keliling lingkaran = Π. *D,* dimana D merupakan diameter lingkaran yang dilukis



Gambar 4.38. Bentangan lingkaran secara matematis

Lukislah bentangan secara matematis ini lebih teliti jika dibandingkan dengan cara grafis tetapi hal ini terbatas pada profil-profil bentuk yang beraturan.

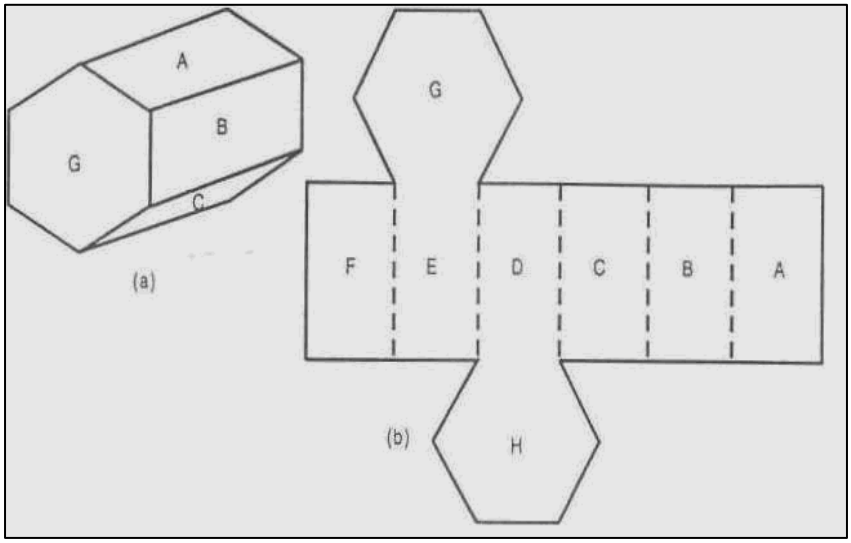


Gambar 4.39. Bentangan kerucut lurus/tegak secara matematis

4.10.7. Pemakaian metode garis sejajar

Selanjutnya Gambar 4.40a. menunjukkan sebuah prisma yang pada ujung kanan kirinya tertutup. Prisma tersebut juga terbuat dari pelat. Sebelum membentuk sebuah prisma harus diketahui lebih dahulu bahan yang diperlukan dan juga bagaimana cara pemotongan dan suatu bahan. Hal ini tergantung dari permintaan atau kebutuhan perencana.

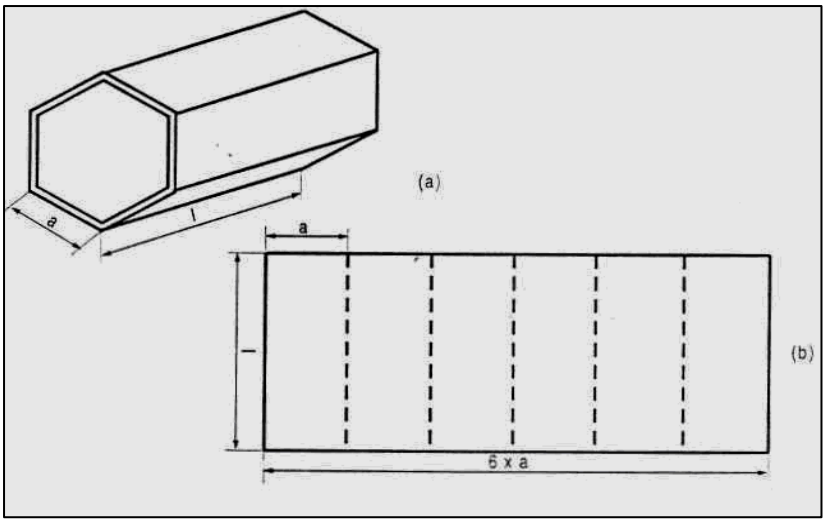
Gambar 4.40b menunjukkan suatu bentangan sebuah prisma. Bukaan tersebut merupakan empat persegi panjang. Panjang bukaan tersebut sama dengan keliling segi enam, dengan menggunakan metode garis sejajar/paralel. Sedangkan lebar dari segi empat sama dengan tinggi prisma.



Gambar 4.40. Bentangan prisma tertutup

4.10.8. Bukaan Pada Prisma

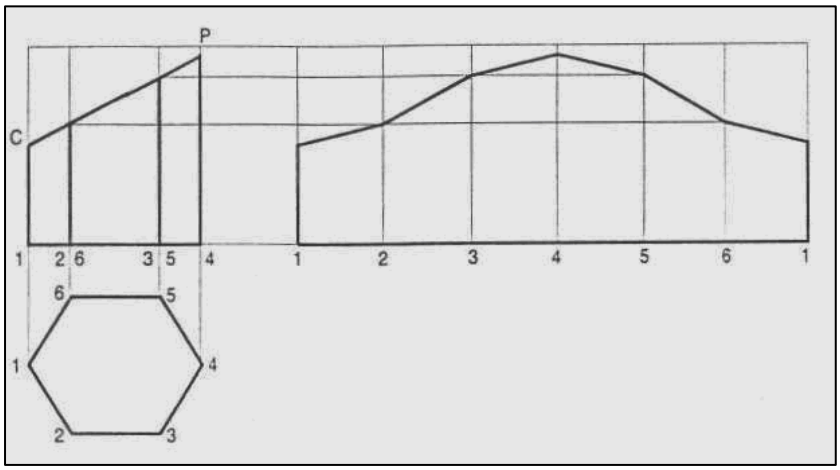
Gambar 4.41a menunjukkan gambar prisma seperti Gambar 4.40a, namun kanan kiri terbuka. Gambar 4.41a menunjukkan empat persegi panjang yang merupakan bukaan atau bentangan dari prisma. Panjang segi empat sama dengan 6 x a dan lebar adalah L.



Gambar 4.41. Bentangan prisma terbuka

Gambar 4.42. menunjukkan suatu prisma yang dipotong miring menurut bidang CP. Untuk merggambar bukaan atau bentangan dari prisma tersebut dapat dibayangkan bahwa prisma dibuka dari garis C1.

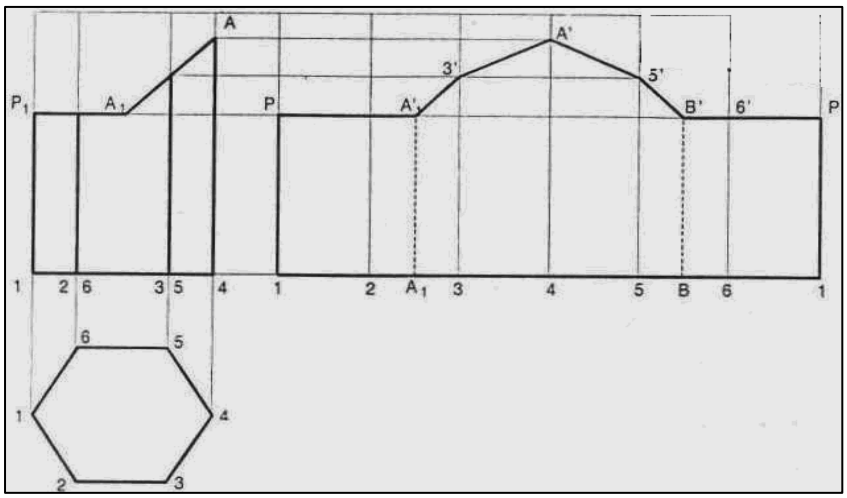
Langkah selanjutnya, buat garis mendatar yang panjangnya sama dengan keliling prisma segi enam tersebut. Kemudian empat persegi panjang tersebut dibagi menjadi enam bagian yang sama besar. Selanjutnya ukurkan tiap-tiap garis tinggi pada prisma, setelah itu dipindahkan ke dalam segi empat.



Gambar 4.42. Bentangan prisma terpancung
(dipotong miring)

Dalam Gambar 4.43. ditunjukkan sebuah prisma yang dipotong menurut garis AA_1 P_1. Prisma ini juga digambarkan pandengan atasnya agar mempermudah dalam membuat gambar bukaan. Cara membuat bukaan prisma tersebut adalah sebagai berikut. Buat sebuah segi empat pembantu yang lebarnya sama dengan tinggi prisma, sedangkan sisi panjang sama dengan keliling segi enam. Empat persegi panjang itu dibagi menjadi enam bagian sama besar. Anggap saja prisma tersebut dibuka pada garis P_1.

Langkah selanjutnya, ukurkan tinggi P_1 dalam prisma kemudian pindahkan ke empat persegi panjangya, demikian juga untuk sisi-sisi yang lain. Setelah itu, hubungkan titik P ke titik 2', dari titik 2' ke titik A'1, dari titik Al ke titik 3', dari 3' ke titik A, demikian seterusnya.



Gambar 4.43. Bentangan prisma dipotong miring

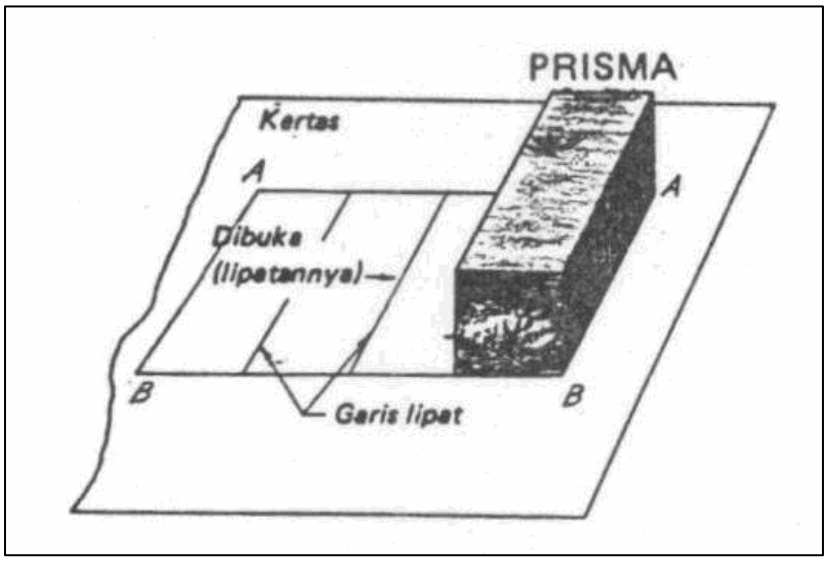
4.10.9. Profil Persegi

Permukaan baling dan permukaan lengkung berganda tidak dapat dibentangkan dengan cermat, tetapi permukaan ini dapat dibentangkan dengan sesuatu metode pendekatan. Biasanya, pola pendekatan akan cukup cermat untuk tujuan praktis, apabila bahan yang dipakai untuk membuat benda itu agak fleksibel.
Bidang dan permukaan lengkung tunggal (prisma, piramida, silinder dan kerucut) yang dapat dibentangkan dengan cermat, dikatakan mampu dibentangkan. Permukaan baling dan permukaan lengkung berganda yang dapat dibentangkan hanya dengan pendekatan, dikatakan tak mampu dibentangkan.

4.10.10. Pembentangan praktis

Dalam banyak gambar industri, gambar bentangan harus diperlihatkan untuk meyediakan informasi yang perlu guna membuat pola untuk memudahkan memotong bentuk yang diinginkan dari logam lembaran. Disebabkan oleh kemajuan cepat dalam keahlian mengolah benda kerja dengan melipat, menggilas atau menfreis bentuk logam yang dipotong dalam jumlah yang terus menerus meningkat, maka harus ada pengetahuan luas tentang metoda konstruksi banyak macam tipe pembentangan. Pola juga dipakai dalam pemotongan batu sebagai pedoman untuk membentuk muka yang tak teratur.

Gambar bentangan permukaan hendaknya digambar dengan muka dalam menengadah, sebagaimana menurut teori hal itu akan terjadi apabila permukaan dibuka gulungannya (unrolled) atau dibuka lipatannya (unfold), seperti dilukiskan dalam gambar 4.44. kebiasaan ini selanjutnya dibenarkan, sebab para pekarja logam lembaran harus membuat tanda pons untuk melipat pada permukaan dalam.



Gambar 4.44. Pembentangan prisma

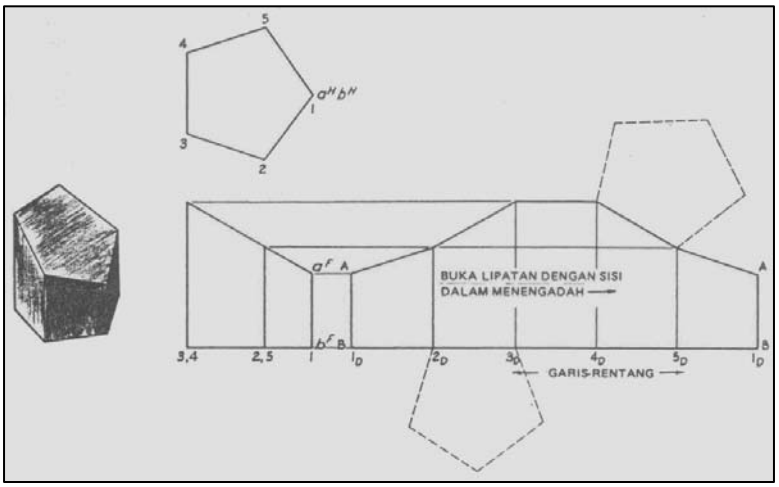
Sekalipun dalam pengolahannya nyata logam lembaran, ekstra logam harus disediakan untuk tumpangan (lap) pada kampuh, namun dalam bab ini tidak akan diperlihatkan tenggang (allowance) pada gambar bentangan. Juga banyak dipertimbangkan praktis lainnya telah diabaikan dengan sengaja, guna menghindari bingungnya mereka yang baru mulai.

4.10.11. Membentang prisma lurus terpancung

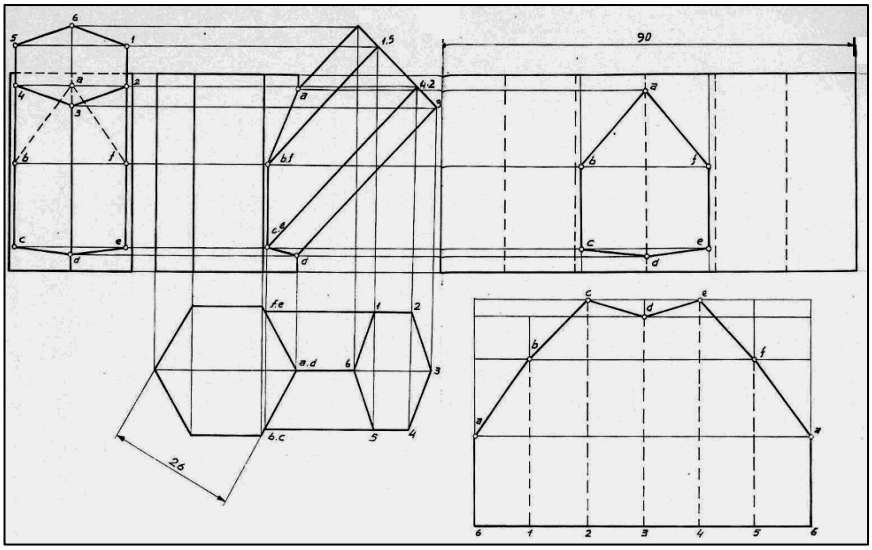
Sebelum gambar bentangan permukaan samping prisma dapat digambar, panjang sejati rusuk dan ukuran sejati suatu penampang lurus harus ditentukan. Pada prisma terpancung lurus yang terlihat dalam gambar 4.45, panjang sejati rusuk prisma diperlihatkan dalam tampang muka dan tampang sejati penampang lurus diperlihatkan dalam tampang di atas.

Permukaan samping “dibuka lipatannya” dengan lebih dahulu menggambar “garis yang direntangkan” dan mengukurkan lebar mukanya (jarak 1-2, 2-3, 3-4 dan seterusnya dari tampang atas) sepanjang garis rentang itu secara berturut-turut. Setelah itu ditark garis konstruksi tipis melalui titik-titik ini, tegak lurus pada garis 1_D 1_D, dan panjang rusuk yang bersangkutan diukirkan pada masing-masing garis konstruksi itu dengan memproyeksikan dai tampang muka. Ketika memproyeksikan panjang rusuk pada gambar bentangan, titik-titik hendaknya diambil dalam urutan menurut arah jarum jam sekeliling perimeter, seperti yang ditunjukkan oleh urutan nomor dalam tampang atas.

Garis bentuk gambar bentangan dilengkapi dengan menyambungkan titik-titik ini. Sebegitu jauh, dasar bawah atau muka atas yang dilandai belum disinggung sama sekali. Apabila dikehendaki, dasar bawah dan muka atas landai itu dapat disambungkan pada gambar bentangan samping permukaan. Dalam pekerjaan logam lembaran, kebiasaannya adalah untuk membuat kampuh pada elemen yang terpendek, agar dapat menghemat waktu serta untuk sara (conserve) soldir atau sara pakukeling.



Gambar 4.45. Metode baku unuk membentangkan permukaan samping prisma lurus

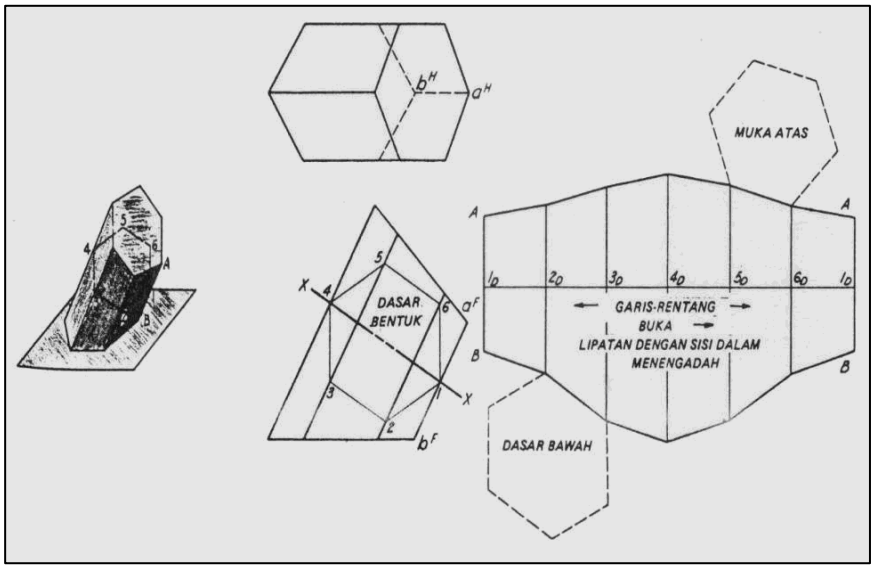


Gambar 4.46. Pembentangan prisma segi enam lurus dan miring

4.10.12. Membentangkan prisma miring

Permukaan samping prisma miring, seperti misalnya yang diperlihatkan dalam gambar 4.47. dibentangkan dengan metode umum yang sama seperti yang dipakai untuk prisma lurus. Dengan cara yang sama, panjang sejati rusuk yang diperlihatkan dalam tampang muka, tetapi ukuran sejati penampang yang lurus bantu, diukurkan sepanjang garis rentang, sedang garis konstruksi tegak lurus dengan yang menggambarkan rusuk, ditarik melalui tiik-titik bagi. Panjang bagian tiap-tiap rusuk yang bersangkutan, sebelah atas da sebelah bawah bidang X-X, dipindahkan ke garis yang sesuai dalam gambar bentangan. Jarak pada sebelah bidang atas bidang X-X diukurkan sebelah atas garis rentang dan jarak pada sebelah bawah bidang X-X diukurkan sebelah garis rentang. Kemudian, gambar bentangan permukaan samping dibuat lengkap dengan menyambungkan titik-titik ujung rusuk oleh garis lurus. Karena lipatan nyata akan dibuat pada tiap-tiap garis rusuk apabila prisma sudah terbentuk, menjadi kebiasaan untuk menebalkan garis rusuk (lipat) ini pada gambar bentangan.

Garis rentang sebenarnya sudah dapat ditarik dalam kedudukan tegak lurus pada rusuk dalam tampang muka, sehingga panjang tiap-tiap rusuk dapat diproyeksikan pada gambar bentangan (seperti halnya prisma lurus).



Gambar 4.47. Pembentangan prisma miring

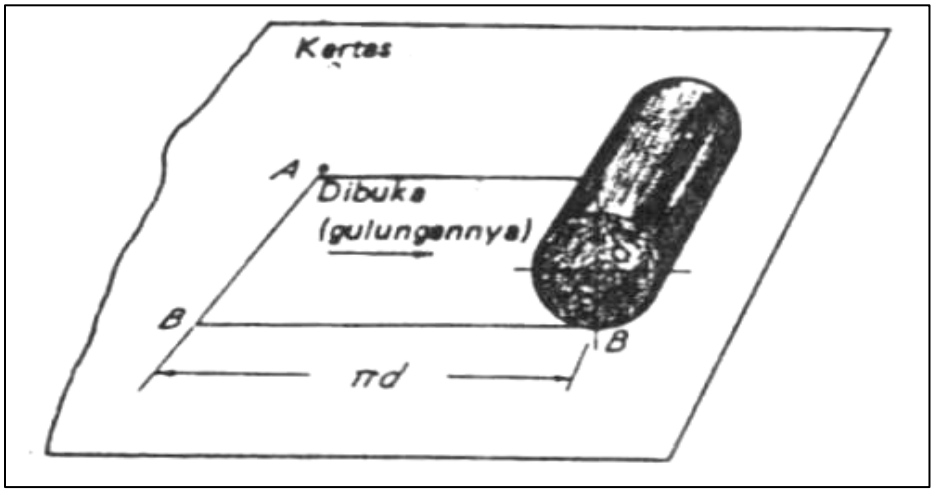
4.10.13. Membentangkan silinder lurus

Apabila permukaan samping silinder lurus dibuka gulugannya pada sebuah bidang, maka dasarnya membentang menjadi garis lurus. Panjang garis ini yang sama dengan keliling penampang lurus (π X garis tengah), dapat dihitung dan diukurkan sebagai garis rentang 1_D 1_D.
Karena silinder itu dapat dianggap sebagai prisma bersegi banyak, pembentangannya dapat dapat dibuat dengan cara yang serupa dengan metode yang dilukiskan dalam gambar 4.46 elemen yang digambar pada permukaan silinder berfungsi sebagai rusuk prisma segi banyak. Biasanya dipakai dua belas atau 24 elemen ini, banyaknya tergantung dari ukuran silinder.

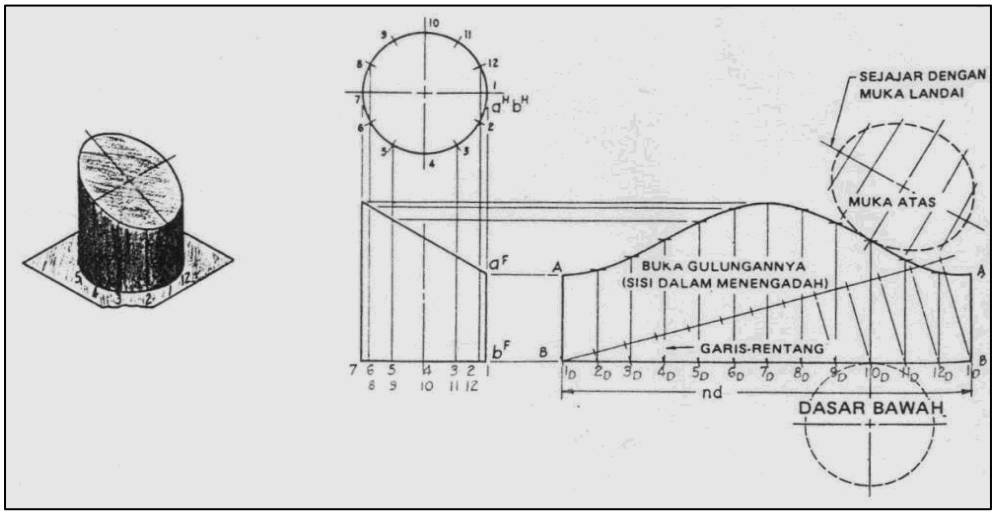
Biasanya elemen itu direnggangkan dengan membagi keliling dasar, seperti diperlihatkan oleh lingkaran dalam tampang atas, dalam bagian yang sama banyaknya. Garis rentang dibagi dalam bagaian yang sama banyaknya dan elemen tegak lurus ditarik melalui tiap-tiap titik bagi. Setelah itu panjang sejati tiap-tiap elemen diproyeksikan pada gambaran yang bersangkutan pada gambar bentangan, dan gambar bentangan gambar bentangan dilengkapkan dengan menyambungkan titik-titik dengan garis lengkung yang mulus. Ketika titik disambungkan dianjurkan untuk mensketsa tangan garis lengkung danngan tipis sebelum memakai alat mal gambar. Karena gambar permukaan yang sudah jadi merupakan garis lengkung yang menerus, elemen

dalam gambar bentangan tidak ditebalkan. Kalau gambar bentangan itu simetrik, seperti halnya disini, hanya setengahnyalah yag perlu digambar.

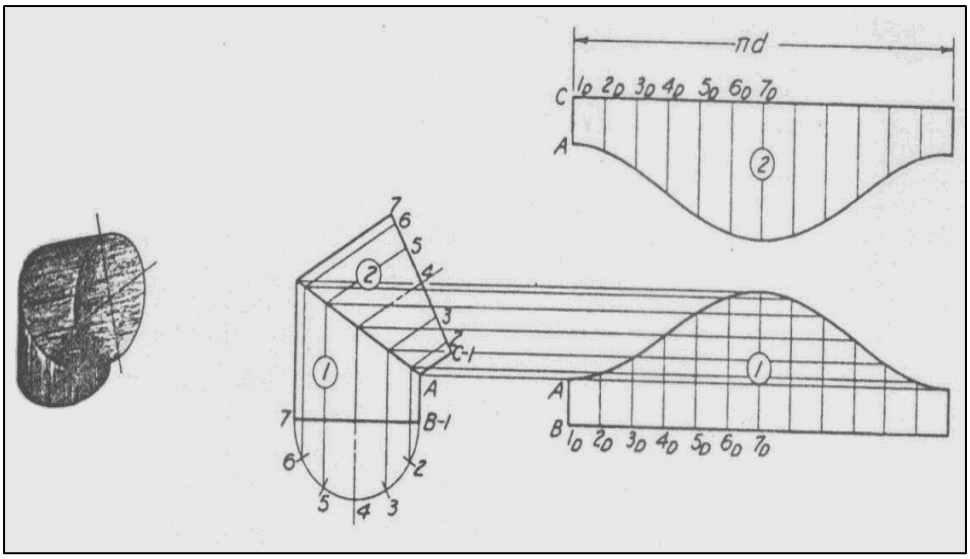
Sepotong dari tipe ini dapat merupakan sebagian siku yang dua potong, yang tiga potong atau yang empat potong. Potonngan itu biasanya dibentangkan seperti dilukiskan dalam gambar 4.48. Garis rentangan tiap-tiap potongan sama panjangnya dengan perimeter (keliling) penampang yang dihitung.



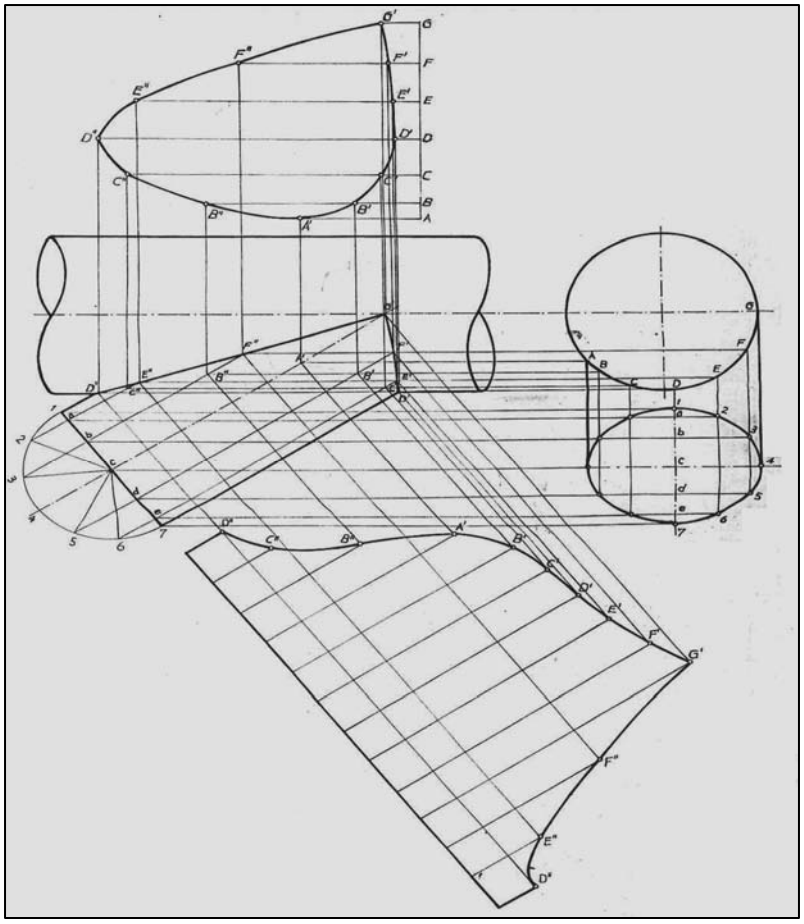
Gambar 4.48. Pembentangan silinder



Gambar 4.49. Pembentangan silinder lingkaran lurus dipotong miring



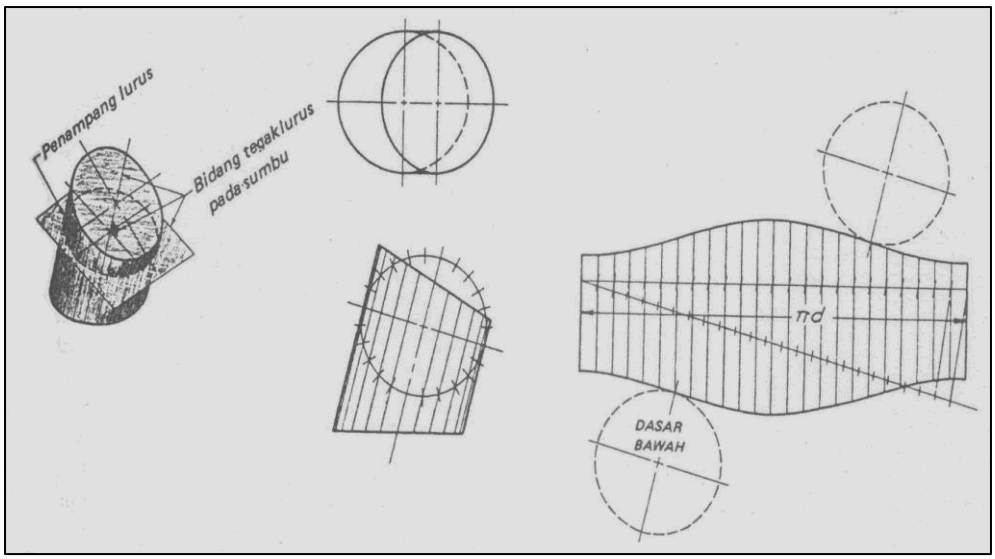
Gambar 4.50. Siku dua potong



Gambar 4.51. Bentangan silinder datar ditembus silinder miring

4.10.14. Membentangkan silinder miring

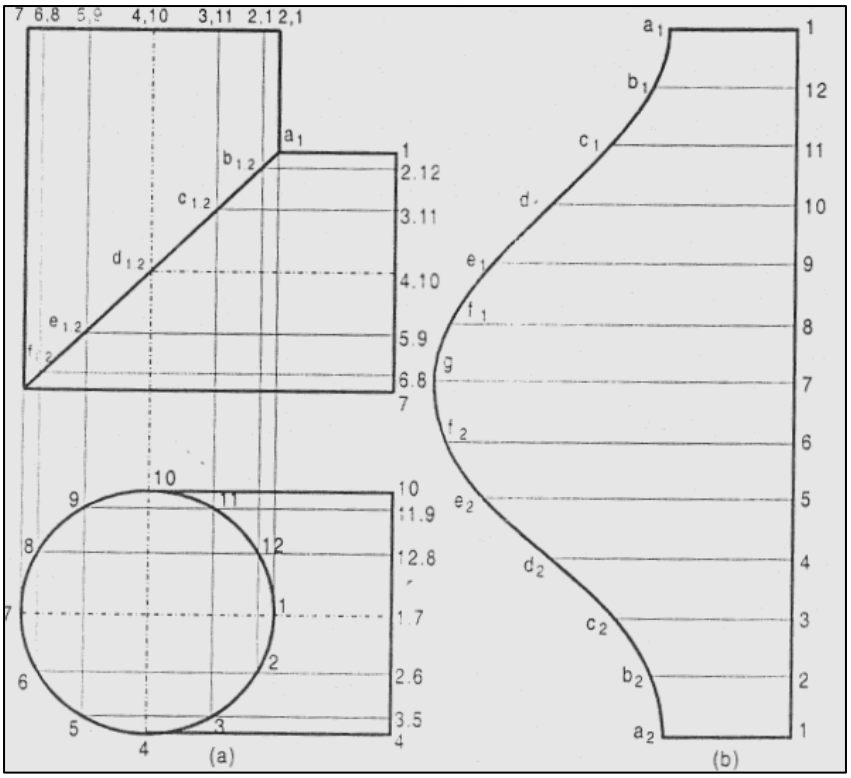
Karena menurut teori, silinder miring dapat dianggap sebagai merangkum (*Enclosing*) prisma miring teratur, yang mempunyai sisi dalam jumlah yang tak terhingga banyaknya, pembentangan permukaan samping silinder yang dapat dilihat dalam gambar 4.51. dapat dibuat dengan menggunakan metode yang dilukiskan dalam gambar 4.52. Keliling penampang lurus menjadi garis rentang 1_D1_D untuk gambar bentangan.



Gambar 4.52. Pembentangan bidang miring

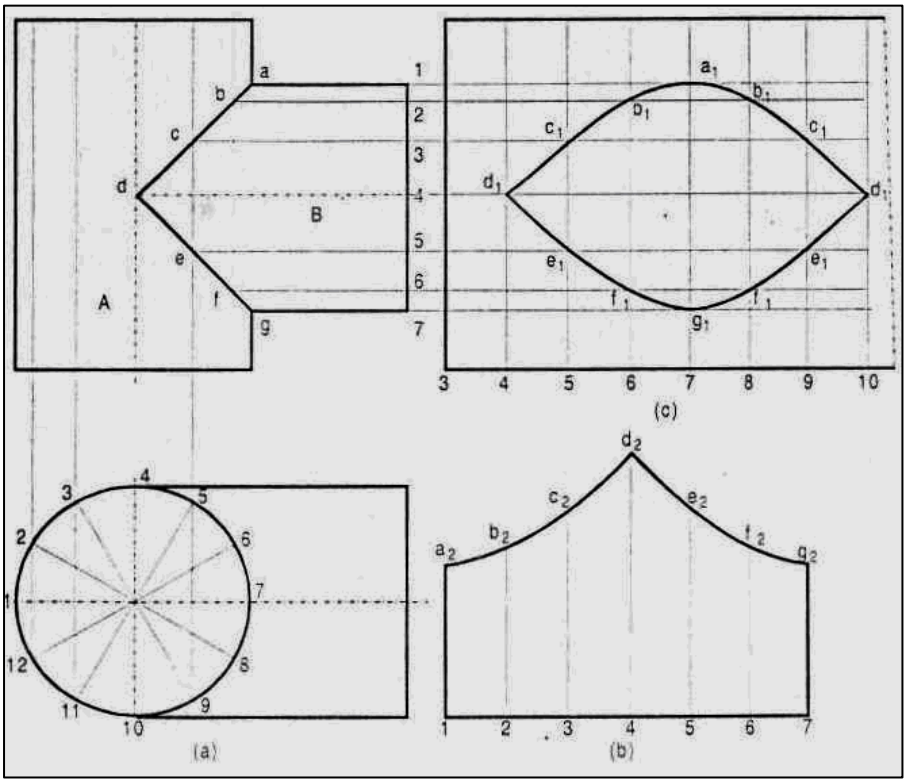
4.10.15. Bukaan dua buah tabung yang disambung

Gambar 4.53a menunjukkan sebuah sambungan siku-siku dari dua buah tabung. Bentuk lingkaran pada pandengan atas dibagi menjadi 12 bagian yang sama besar, kemudian dari titik-titik tersebut ditarik garis-garis vertikal dan horizontal. Selanjutnya tarik garis vertikal ke bidang pandengan depan sehingga berpotongan dengan garis pertemuan kedua tabung. Karena kedua tabung mempunyai garis tengah yang sama maka garis pertemuan tersebut merupakan garis lurus. Bukaan dari salah satu tabung ditunjukkan pada Gambar 4.53b, misalkan tabung tersebut dibelah dari titik 1 memanjang. Dengan menggunakan jangka ukurkan panjang garis-garis a,1 sama panjang dengan $a_2$1, garis b,12 sama dengan $b_2$2, garis c_1, 11 sama panjang $c_2$3, demikian seterusnya hingga semua garis tergambar. Kemudian titik-titik a_1, b_1, c_1, sampai titik a_2 dihubungkan sehingga merupakan garis lengkung.



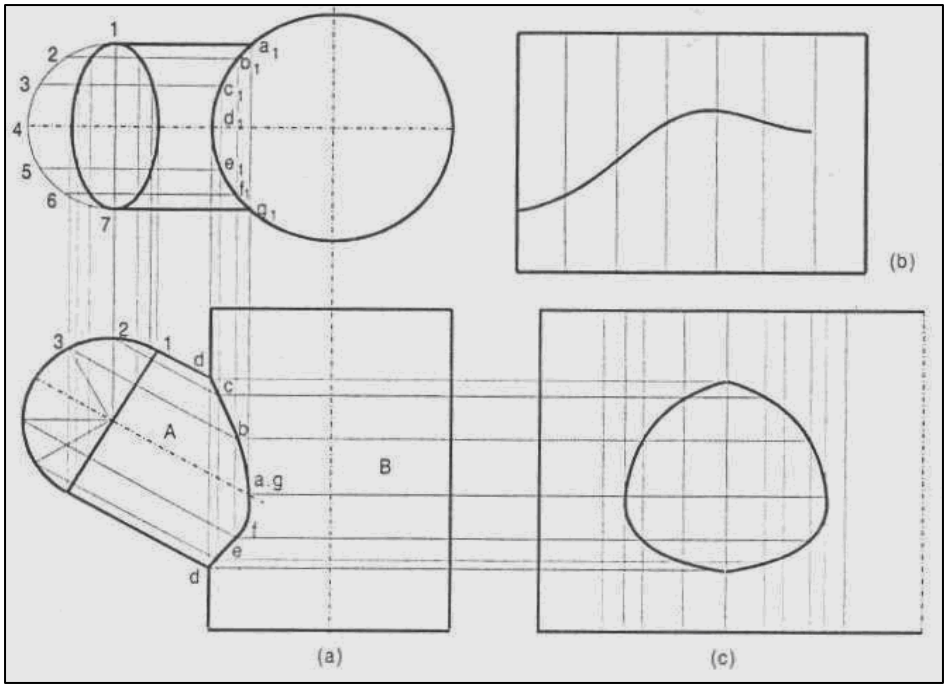
Gambar 4.53. Bukaan dua buah tabung yang disambung

- Gambar 4.54. adalah sebuah sambungan berbentuk T dari dua buah tabung yang garis tengahnya sama. Lingkaran tersebut dibagi menjadi 12 bagian yang sama besar. Dari titik tersebut ditarik garis-garis ke bidang depan. Karena kedua tabung tersebut mempunyai garis tengah yang sama maka garis pertemuan kedua tabung adalah garis lurus. Pada penyambungan ini, garis sambungan berbentuk V. Guna menggambar bukaan dari bagian A, buat sebuah empat persegi panjang, bagi menjadi 12 bagian yang sama. tabung dibuka dari titik 3 memanjang. Tarik garis-garis a, b, c, d, e, f, dan g ke empat persegi panjang sehingga memperoleh titik-titik a_1, b_1, c_1, d_1, e_1, f_1, dan g_1. Hubungkan titik-titik tersebut. Untuk menggambar bukaan bagian B, buat sebuah empat persegi panjang pembantu dan bagi menjadi 12 bagian yang sama. Bila dibuka dari titik 1 memanjang, maka garis 1a sama dengan garis 1a2, garis 2b sama dengan garis 2b2, garis 3c sama panjang dengan garis 3c2, garis 4d sama panjang dengan garis 4d2, garis 5e sama panjang dengan garis 5e2, garis 6f sama panjang dengan garis 6f2, dan garis 7g sama panjang dengan garis 7g2. Kemudian titik-titik a_2, b_2, c_2, d_2, e_2, f_2, dan g_2, dihubungkan.



Gambar 4.54. Bentangan sambungan T dua buah tabung/silinder

- Gambar 4.55. menunjukkan sebuah sambungan tabung. Tabung-tabung tersebut garis tengahnya tidak sama. Tabung yang kecil disambung miring terhadap tabung yang besar. Cara menggambarnya, buat lingkaran pada ujung tabung yang kecil, kemudian bagi menjadi 12 bagian yang sama. Tarik garis-garis lurus terhadap garis x-x sehingga diperoleh titik-titik potong 1', 2', 3', 4', 5', dan 6'.
  Tarik garis-garis dari titik-titik a_1, b_1, c_1, d_1, e_1, f_1, dan g_1 ke bidang pandengan depan sehingga memperoleh titik-titik a, b, c, d, e, f, dan g. Titik-titik tersebut dihubungkan, garis ini adalah garis pertemuan kedua tabung yang disambungkan. Gambar 8.11 b adalah bukaan dari tabung A, sedang Gambar 8.11 c adalah bukaan dari tabung B.

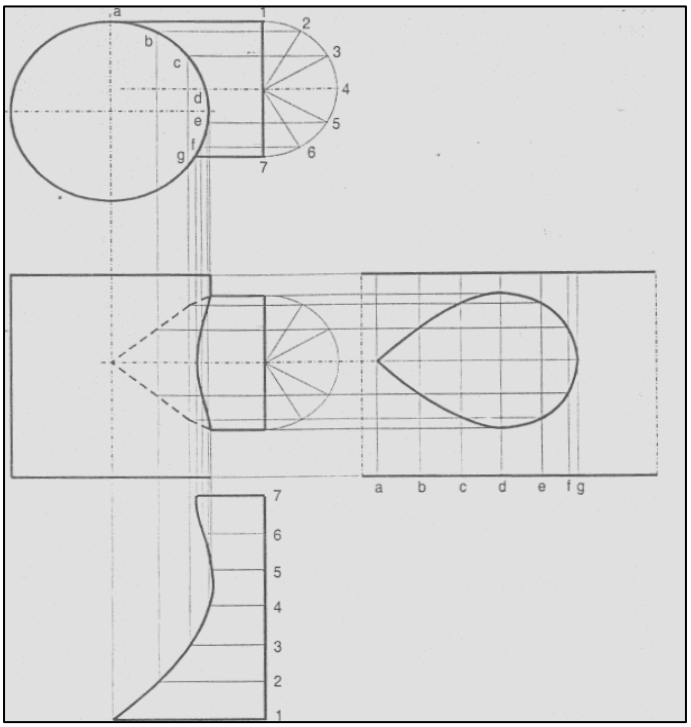


Gambar 4.55. Bentangan sambungan dua buah tabung dengan diameter yang berbeda

- Gambar 4.56. adalah sambungan dari dua tabung, tetapi kedudukan tabung yang kecil digeser sehingga tidak simetris.

  Buat lingkaran pada ujung tabung yang kecil, lingkaran tersebut dibagi dalam 12 bagian yang sama besar. Tarik garis-garis mendatar dan vertikal sehingga memperoleh titik-titik potong a, b, c, d, e, f, dan g.

  Bukaan tabung bagian A tampak pada Gambar 4.55b. Sedang Gambar 4.55c menunjukkan bukaan tabung B, namun hanya ditunjukkan separonya.



Gambar 4.56. Sambungan dua buah tabung
yang tidak simetris

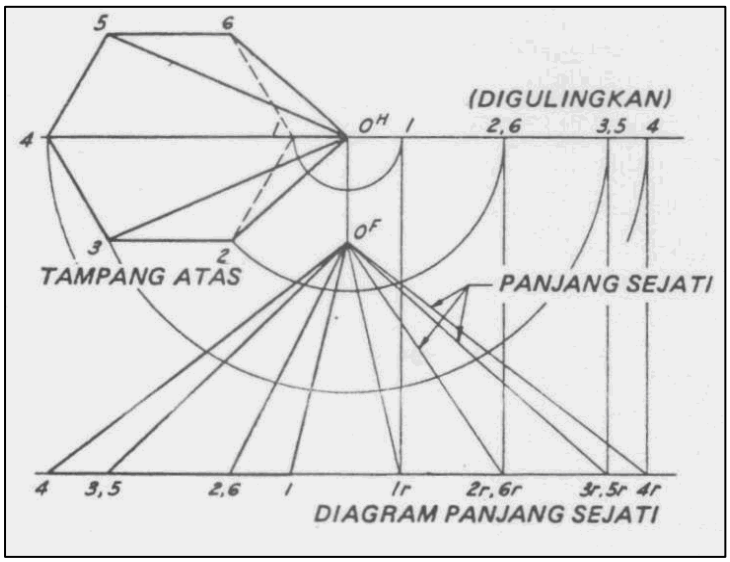
4.11. Menentukan panjang sejati garis (true length)

Guna membuat pembentangan permukaan samping obyek, seringkali diperlukan penentuan panjang sejati garis miring yang menggambarkan rusuknya. Metode umum untuk menentukan panjang sejati garis landai pada semua koordinat bidang proyeksi telah dijelaskan teperinci sebelumnya.

4.11.1. Diagram panjang sejati (true length)

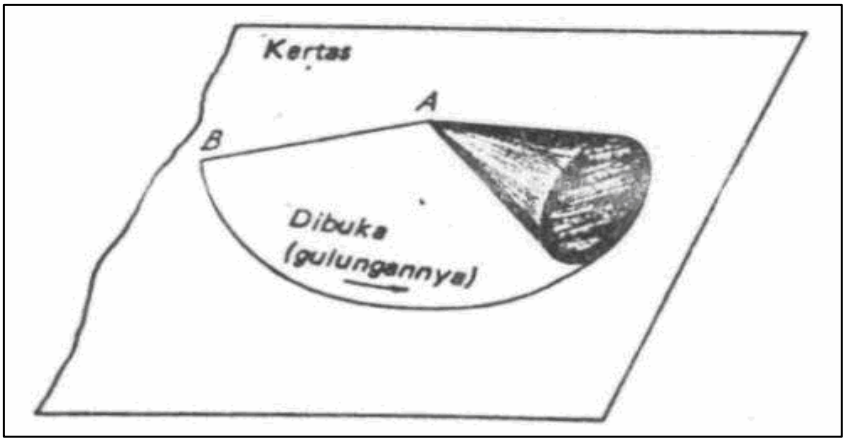
Apabila perlu membentangkan permukaan untuk menemukan panjang sejati sejumlah rusuk atau sejumlah elemen, sesuatu kekacauan dapat dihindarkan dengan membuat diagram panjang sejati, berbatasan dengan panjang ortografik seperti yang terlihat dalam gambar 4.57. elemen digulingkan dalam kedudukan sejajar dengan bidang *F* (depan) sehingga panjang sejatinya terlihat dalam diagram. Pelaksanaan ini mencegah tampang muka dalam ilustrasi menjadi kusut oleh garis, beberapa diantaranya menggambarkan elemen dan yang lain akan menggambarkan panjang sejatinya.
Gambar 4.54. memperlihatkan diagram yang memberikan panjang sejati rusuk piramida. Setiap garis yang

menggambarkan panjang sejati rusuk merupakan hipotenusa segitiga lurus, yang tingginya adalah tinggi rusuk dalam tampang muka dan yang dasarnya sama dengan panjangproyeksi rusuk dalam tampang atas. Panjang proyeksi atas rusuk piramida diukurkan mendatar dari garis vertikal, yang sebenarnya dapat ditarik dalam sembarang jarak dari tampang muka. Karena semua rusuk yang mempunyai tinggi yanng sama, maka garis ini merupakan kaki vertikal bersama bagi semua segitiga siku dalam diagram. Diagram sejati yang terlihat dalam gambar 4.46. sebenarnya dapat dibuat dengan sangat baiknya dengan memakai metode ini.



Gambar 4.57. Diagram panjang sejati (metode putar)

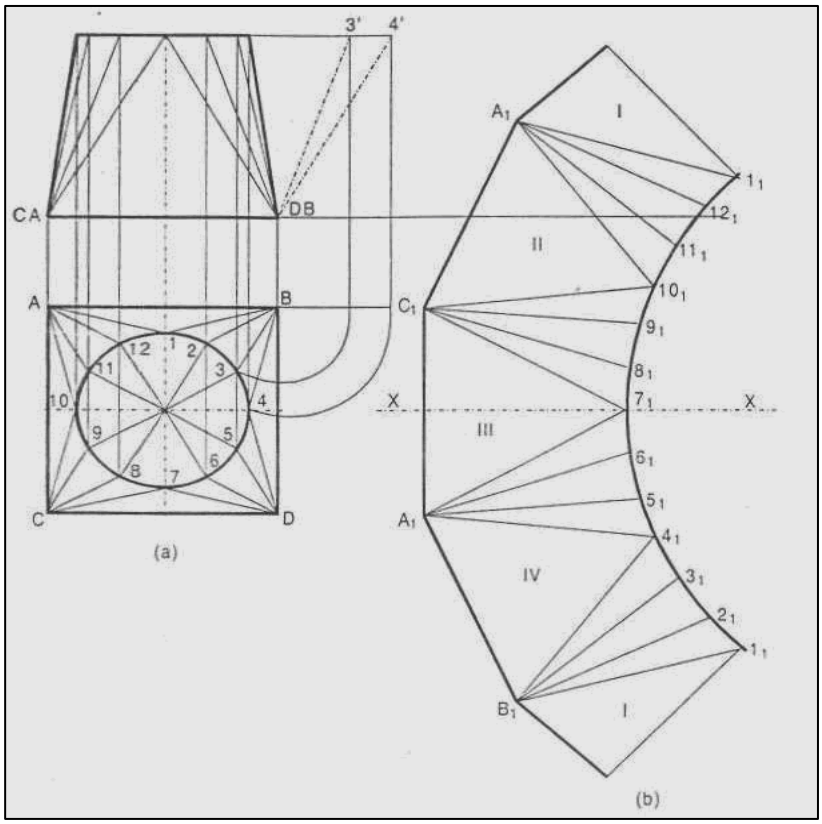
4.11.2. Pemakaian metode radial



Gambar 4.58. Pembentangan kerucut

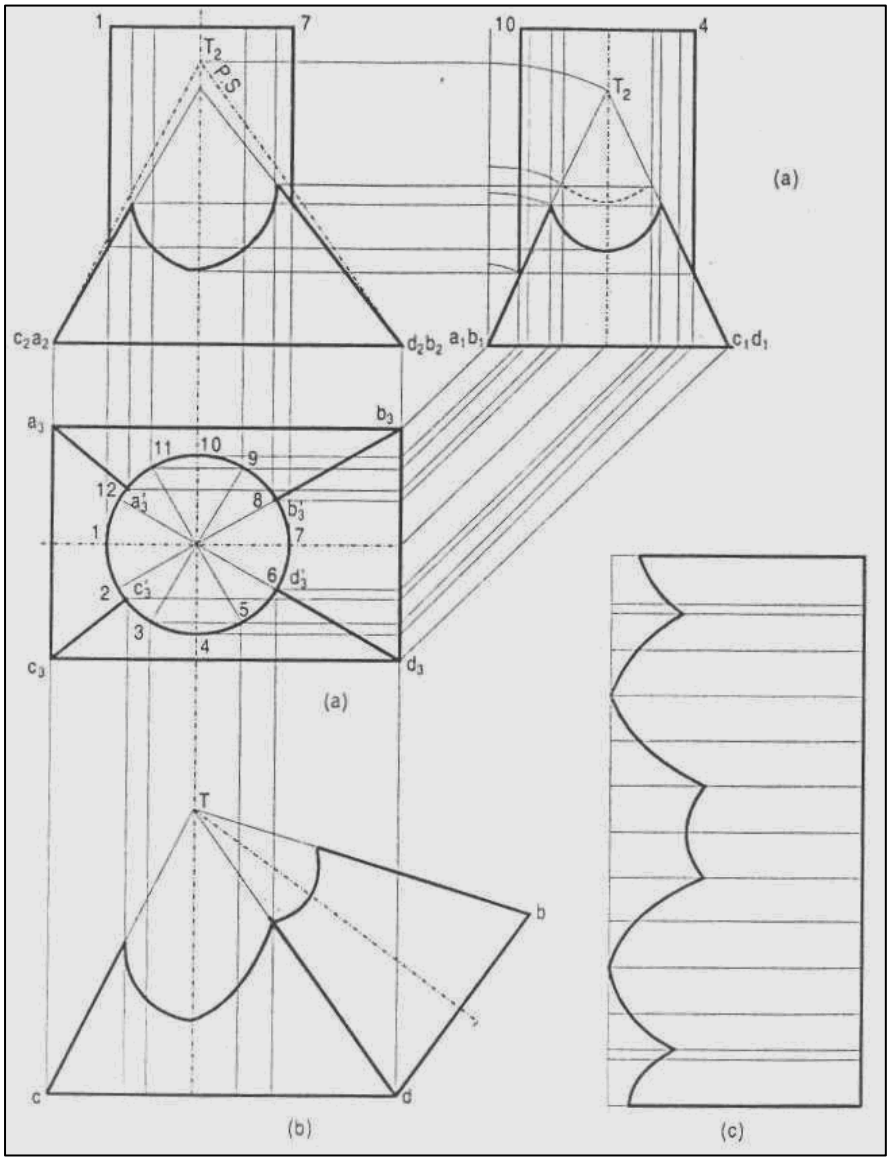
- **Bukaan bentuk benda berbeda ujungnya.**

Gambar 4.59b adalah sebuah bukaan dan suatu corong dengan alas segi empat dan ujungnya berbentuk lingkaran. Lingkaran pada Gambar 4.59a dibagi menjadi 12 bagian yang sama besar. Dengan pusat lingkaran di titik B, buat lingkaran di titik 3 dan titik 4, kemudian tarik garis tegak lurus, maka diperoleh titik 3' dan titik 4'. Panjang garis B_3 dan B_4, adalah panjang yang sebenarnya. Buat garis sumbu x-x dan buat CD tegak lurus x-x. Buat garis D_17_1 dan C_17_1, garis tersebut sama panjang dengan garis B_4'. Buat lingkaran di titik 7, dengan jari-jari 1-2, dan buat lingkaran di titik D_1, dengan jari-jari B_3, hingga diperoleh titik 6_1. Buat lingkaran di titik 6_1. dengan jari-jari 1-2 dan buat lingkaran di titik D_1, jari-jari B_3, hingga diperoleh titik 5_1. Dengan pusat di titik D_1 buat lingkaran dengan jari-jari B_4, dan di titik 5_1 dibuat lingkaran dengan jari-jari 1-2 diperoleh titik 4_1. Demikian seterusnya sehingga garis 1_1-1_1 sama dengan keliling lingkaran.



Gambar 4.59. Bukaan dan suatu corong dengan alas segi empat dan ujungnya berbentuk lingkaran

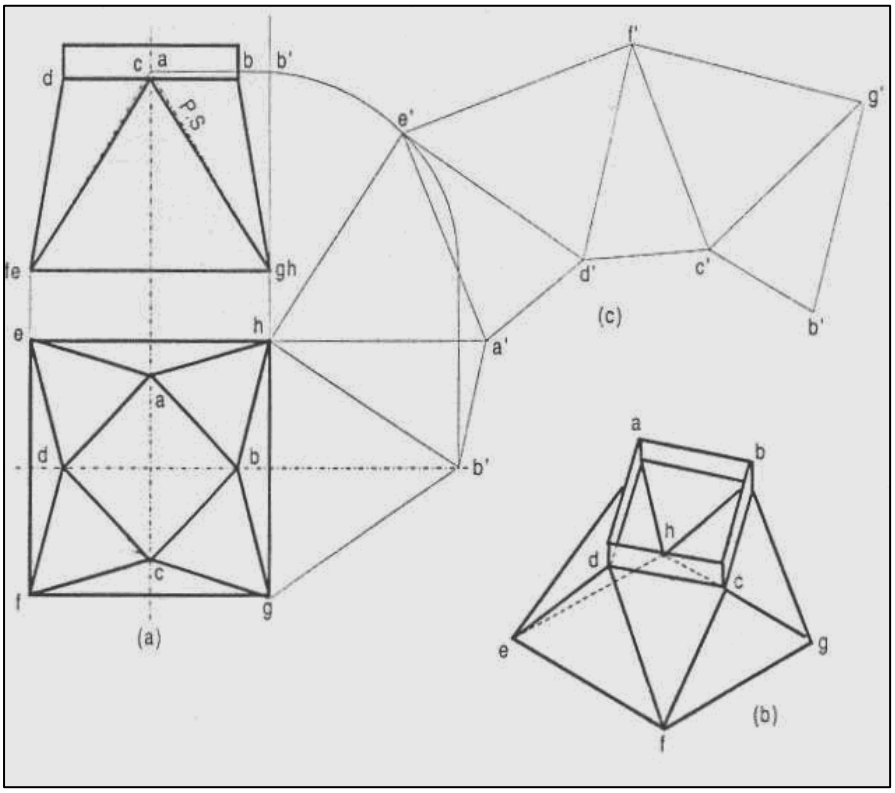
Gambar 4.60a adalah sebuah piramida yang disambung dengan silinder. Dengan pusat di titik b_1, lingkarkan titik T_1 dan tarik garis mendatar sehingga diperoleh titik T_2. Garis b_2T_2 adalah panjang sisi yang sebenarnya. Bukaan dari piramida ditujukan pada gambar 4.60b yang hanya ditunjukkan separo. Sedangkan Gambar 4.60c adalah bukaan dari sebuah silinder yang disambungkan.



Gambar 4.60. Bukaan dan sebuah piramida yang disambung dengan silinder

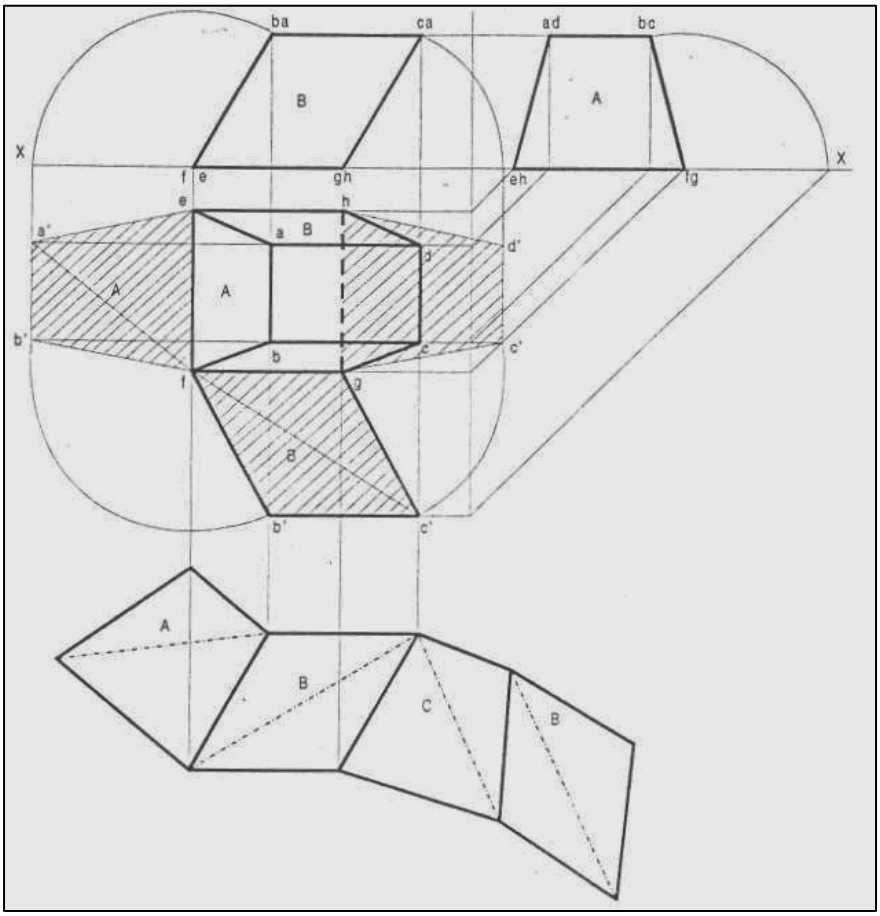
Gambar 4.61. adalah bukaan sebuah corong segi empat. Gambarlah beberapa contoh pandengan dalam proyeksi dari corong tersebut, kemudian cari panjang sisi yang sebenarnya. Caranya, buat busur lingkaran di titik g dengan jari-jari gb sehingga diperoleh titik b'. Dari titik b' tersebut ditarik garis mendatar ke sumbu tegak sehingga diperoleh titik b". Hubungkan titik b" dengan titik g maka panjang garis tersebut adalah panjang sisi yang sebenarnya.

Cara menggambar bukaan corong tersebut adalah dengan membuat garis tegak maupun mendatar. Dengan menggunakan jangka ukurkan panjang garis gh ke garis tersebut. Buat garis tegak lurus melalui pertengahan garis gh, kemudian ukurkan garis tinggi corong tersebut sehingga diperoleh titik b' pada garis tinggi. Hubungkan titik b' dengan titik g dan h, segi tiga tersebut adalah salah satu bidang dari corong. Dengan menggunakan jangka, ukurkan panjang ab. Buat busur lingkaran di titik b' dengan jarijari ab, kemudian buat busur lingkaran di titik h dengan jari-jari hb", maka diperoleh titik a'. Buat busur lingkaran di titik h dan a' dengan jari-jari hb" hingga diperoleh titik e'. Lakukan dengan cara yang sama hingga diperoleh bentuk bukaan corong tersebut.



Gambar 4.61. Bukaan sebuah corong segi empat

Gambar 4.62. menunjukkan bukaan corong segi empat dari bahan pelat dengan proyeksi Eropa *(*first *angle projection).* Sebagai dasar adalah segi empat yang mendatar. Corong tersebut kemudian digambar pada bidang proyeksi masing-masing. Untuk memperoleh sisi yang sebenarnya dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut. Buat garis e-a' dengan cara membuat busur lingkaran dengan pusat di titik e dengan jari-jari e-a. Kemudian tarik garis tegak lurus dari sumbu x-x. Perpanjangan garis d-a akan berpotongan dengan garis tersebut di titik a'.

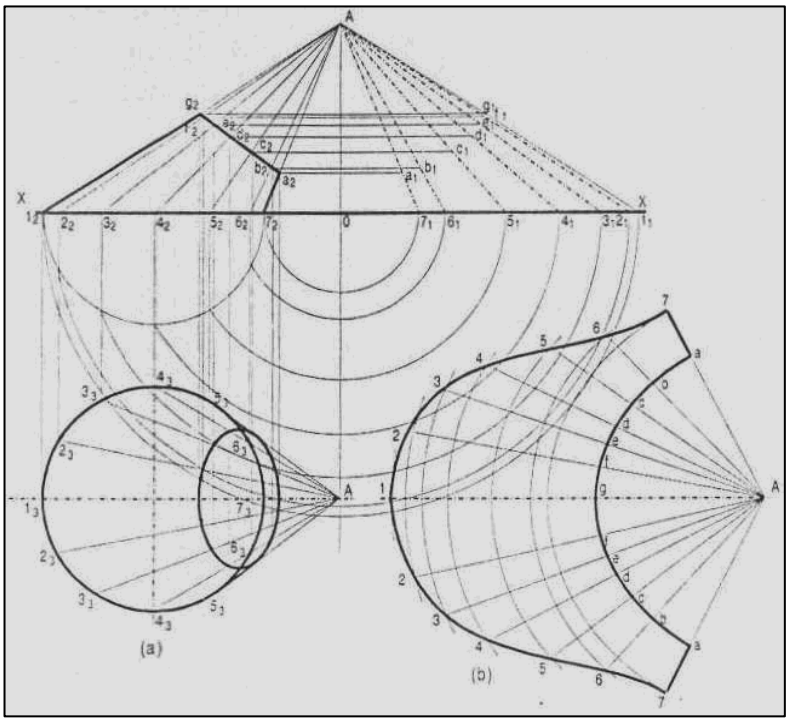


Gambar 4.62. Bukaan corong segi empat dari bahan pelat

Selain itu perpanjangan garis c-b berpotongan dengan garis tersebut di titik b'. Hubungkan titik a' dengan a serta b' dengan b maka segi empat ea'b'f adalah bidang A yang sebenarnya. Cara yang sama dapat dilakukan untuk memperoleh bidang B yang sebenarnya. Buat busur lingkaran dengan jari-jari g-c dengan pusat lingkaran di titik g.

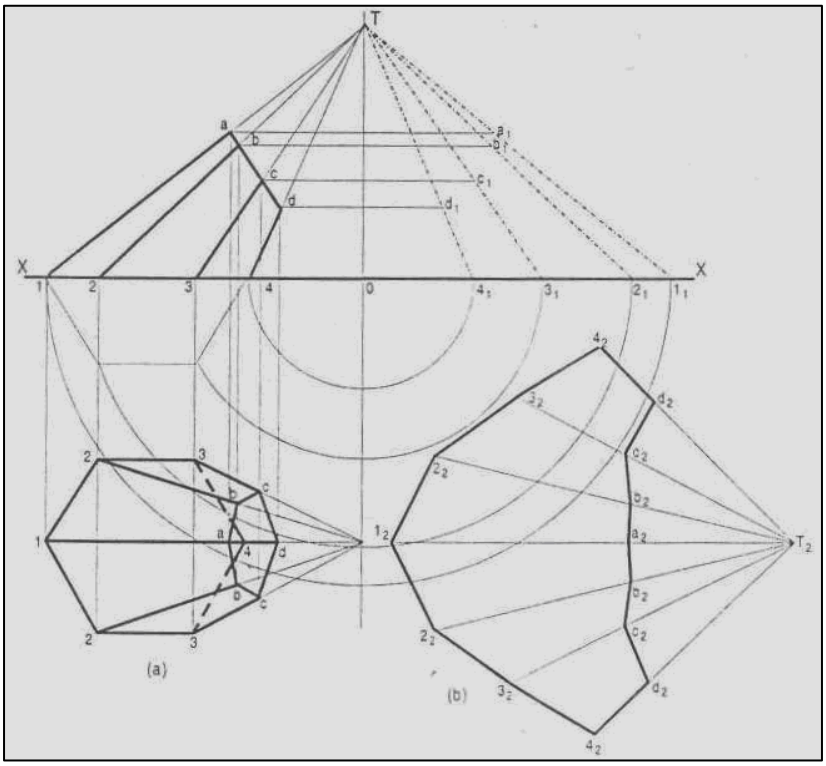
Busur tersebut berpotongan dengan x-x. Dari titik ini tariklah garis dengan sudut 45^0 dengan sumbu rraendatar sehingga berpotongan dengan sumbu tegak. Kemudian tarik garis mendatar dari titik tersebut sehingga berpotongan dengan garis dc di titik c'. Selain itu juga berpotongan dengan perpanjangan garis a-b' di titik b'. Tarik garis dari titik c' ke c dan dari titik b' ice b sehingga segi empat b'c'gf adalah bidang B yang sebenarnya.

Gambar 4.63. adalah kerucut yang miring dan dipotong miring. Cara menggambarnya, buat lingkaran perpotongan pada pandengan atas, kemudian bagi dalam 12 bagian yang sama besar. Dengan pusat di titik 0, buat busur lingkaran di titik-titik bagi tersebut ke sumbu x-x, dan tarik garis-garis ke titik A. Maka garis-garis 7_1A, 6_1A, 5_1A, 4_1A, 3_1A, 2_1A, dan garis 1_1A adalah panjang yang sebenarnya. Bukaan dari kerucut tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.34. Dengan pusat di titik A, buat lingkaran 1 dengan jari-jari 1_1A, lingkaran 2 dengan jari-jari 2_1A, lingkaran 3 dengan jari-jari 3_1A, hingga lingkaran 7 dengan jari-jari 7_1A. Dari titik 1, 2, 3, 4, 5, 6 dibuat lingkaran dengan jari-jari $1_2$2'. Ukurkan panjang sisi yang sebenarnya pada garisgaris 71, 6b, 5c, hingga 1g. Titik-titik 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 dihubungkan, demikian juga titik-titik a, b, c, dan seterusnya dihubungkan.



Gambar 4.63. Bukaan kerucut miring dan dipotong Miring

Gambar 4.64a. menunjukkan gambar sebuah piramida dengan alas berbentuk segi enam. Piramida tersebut dipotong oleh sebuah bidang yang miring terhadap sumbu x-x. Untuk menggambar bukaan dari piramida tersebut, kita harus tahu panjang sisi yang sebenarnya. Panjang sisi 1_1T dan 4_1T adalah panjang yang sebenarnya, tetapi belum mengetahui panjang 2T dan 3T yang sebenarnya. Untuk menggambar diperlukan juga panjang 2_1T dan 3_1T yang sebenarnya. Untuk memperoleh panjang sebenarnya, caranya adalah sebagai berikut. Lingkarkan titik-titik 1, 2, 3, dan 4 dengan pusat lingkaran di titik o ke sumbu x-x. Diperoleh titik 1_1, 2_1, 3_1, dan 4_1 Titik 4_1, 3_1, 2_1, dan 1_1 dihubungkan dengan titik T maka panjang 4_1T, 3_1T, 2_1T dan 1_1T adalah panjang yang sebenarnya.



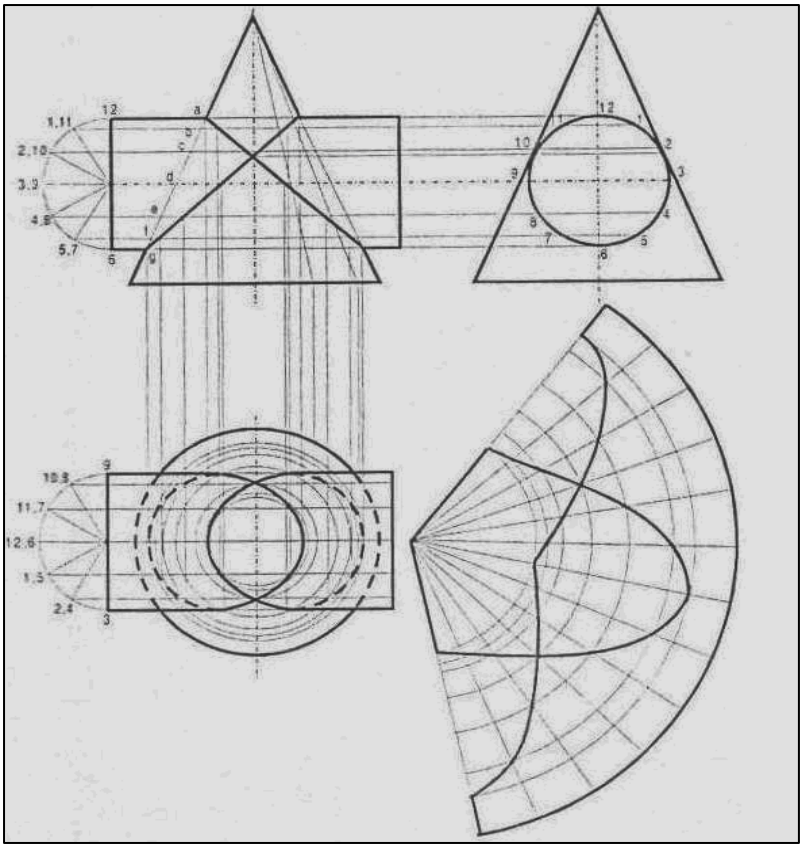
Gambar 4.64. Bukaan sebuah piramida dengan alas berbentuk segi enam

Gambar 4.64b adalah bukaan dari piramida. Cara menggambarnya adalah sebagai berikut. Buat garis 1_2T_2 sepanjang 1_1T, kemudian buat lingkaran di titik 1_2 dengan panjang jari-jari sama dengan panjang dari salah satu sisi segi enam. Buat lingkaran di titik T_2 dengan jari-jari 2_1T sehingga berpotongan di titik 2_2.

Buat lingkaran di titik 2_2 dengan jari-jari 1-2, kemudian buat lingkaran dengan jari-jari 3_1T dengan pusat lingkaran di titik T dan berpotongan di titik 3_2. Buat lingkaran di titik 3_2 dengan jari-jari 1-2, kemudian buat lingkaran di Mik T dengan jari-jari 4_1T sehingga berpotongan di titik 4_2. Bila titik-titik tersebut dihubungkan satu sama lain merupakan bukaan dari alasnya. Sekarang ukurkan panjang sisi-sisi 4_2d_2 sama dengan 4_1d_1, 3_2c_2 sama dengan 3_1c_1, 2_2b_2 sama dengan 2_1b_1, dan panjang 1_2a_2 sama dengan i_1a_1. Kemudian titik-titik a_2, b_2, c_2, dan seterusnya dihubungkan.

4.11.3. Menggambar kerucut dengan selinder

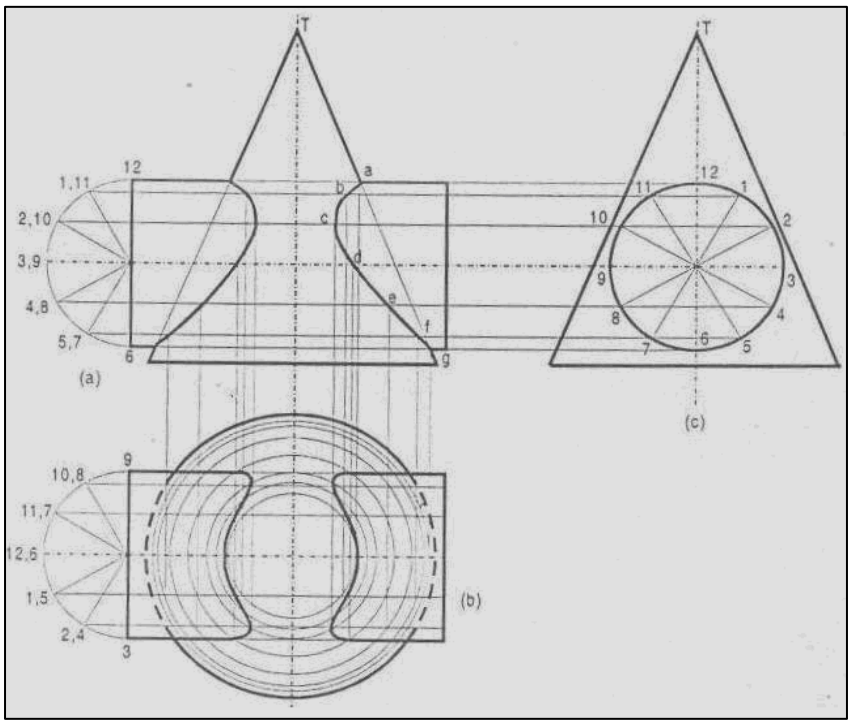
Buat ketiga pandengan dari kerucut yang ditembus silinder. Silinder tersebut dibagi menjadi 12 bagian yang sama besar. Kemudian tarik garis-garis mendatar ke pandengan depan sehingga terdapat beberapa bagian yang sama (lingkaran dibagi 12 bagian yang sama besar).



Gambar 4.65. Bukaan kerucut dengan silinder

Guna membuka kerucut tersebut, buat lingkaran dengan jari-jari salah satu sisi dari kerucut tersebut. Bagi busur tersebut menjadi 12 bagian yang sama besar dengan pembagian pada alas kerucut. Anggap kerucut berada di sebelah 01. Hubungkan titik pembagi tersebut ke titik 0. Kemudian buat busur-busur lingkaran dengan jari-jari titik 0 ke masing-masing titik perpotongan. Titik perpotongan tersebut dihubungkan satu sama lain, seperti tampak pada Gambar 4.65.

Untuk mengetahui bentuk dari garis pertemuan silinder menembus kerucut dapat dilihat pada Gambar 4.66. Cara memperoleh gambar tersebut adalah sebagai berikut. Setelah menggambar ketiga buah pandengan, lingkaran yang terdapat dalam pandengan samping dibagi dalam 12 bagian yang sama (Gambar 4.65). Kemudian beri nomor mulai dari 1, 2, 3, dan seterusnya. Setelah itu buat lingkaran pertolongan pada penampang silinder yang terdapat pada pandengan depan. Busur tersebut dibagi menjadi 6 bagian yang sama. Buat garis horizontal dari titik 12 dihubungkan dengan 12. Kemudian titik 1-11 dengan 11 dan 1, titik 2-10 dengan 10 dan 2, titik 3-9 dengan 9 dan 3, demikian seterusnya. Garis-garis tersebut berpotongan dengan kerucut di a, b, c, d, e, f, dan g.



Gambar 4.66. Bukaan kerucut dengan silinder

Dalam pandengan atas dibuat busur lingkaran pada silinder, kemudian dibagi 6 bagian yang sama pula. Buat lingkaran-lingkaran dengan jari-jari dari sumbu tegak ke titik-titik potong, sehingga akan diperoleh lingkaran 12, 1-11, 2-10, 3-9, 4-8, 5-7, dan lingkaran 6. Titik yang terdapat pada busur lingkaran dihubungkan dengan lingkaran-lingkaran (Gambar 4.63b). Titik 9 harus dihubungkan dengan lingkaran 9, titik 10 dihubungkan dengan lingkaran 10, titik 11 dihubungkan dengan lingkaran 11, dan seterusnya.

Apabila titik potong tersebut dihubungkan maka garis tersebut adalah garis pertemuan dari silinder dengan lingkaran. Dengan cara yang sama kita rriendapatkan garis pertemuan yang terdapat pada pandengan depan.

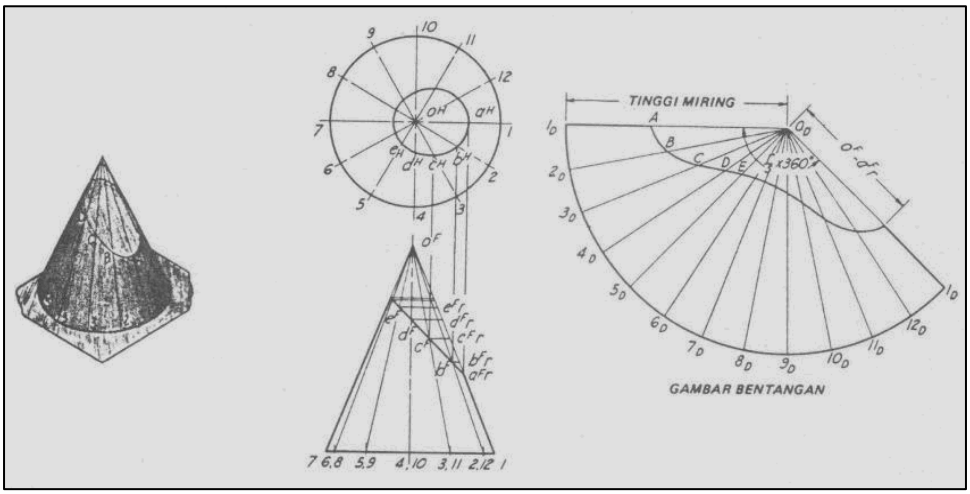
4.11.4. Membentangkan kerucut terpancung

Gambar bentangan kerucut lurus terpancung harus dibuat dengan mengunakan metode triangulasi yang diubah, agar dapat membentangkan garis bentuk permukaan eliptik yang landai. Metode yang biasa digunakan didasarkan atas pemisalan menurut teori bahwa kerucut itu merupakan piramida yang mempunyai sisi dalam jumlah tak terhingga. Pembentangan kerucut tak lengkap yang terlihat dalam gambar 4.65.

Elemen digambar pada permukaan kerucut untuk berfungsi sebagai rusuk piramida berisi banyak. Dipakai 12 atau 24 elemen, tergantung dari ukuran kerucut. Tempatnya ditetapkan pada sektor yang dibentangkan dengan membagi busur yang menggambarkan dasar yang dibuka gulungannya, dalam pembagian yang sama banyaknnya dengan banyaknya pembagian tampang atas.

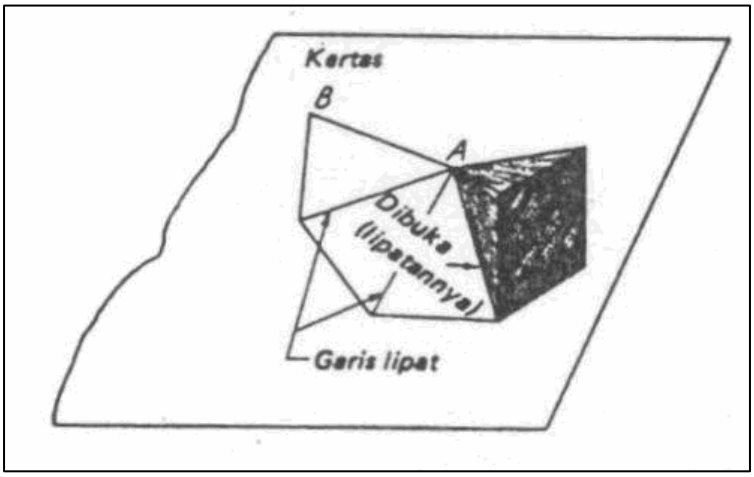
Pada titik ini dalam prosedur, perlulah untuk menentukan panjang sejati elemen benda terpancung dengan cara yang sama dengan cara memperoleh panjang sejati piramida terpancung.

Dengan informasi ini, gambar bentangan yang dikehendaki dapat dibuat lengkap dengan mengukurkan panjang sejati pada garis yang sesuai dalam gambar dan menyambung titik-titik yang diperoleh dengan demikian itu dengan garis lengkung yang mulus.



Gambar 4.67. Pembentangan kerucut terpancung

4.11.5. Pemakaian metode segitiga



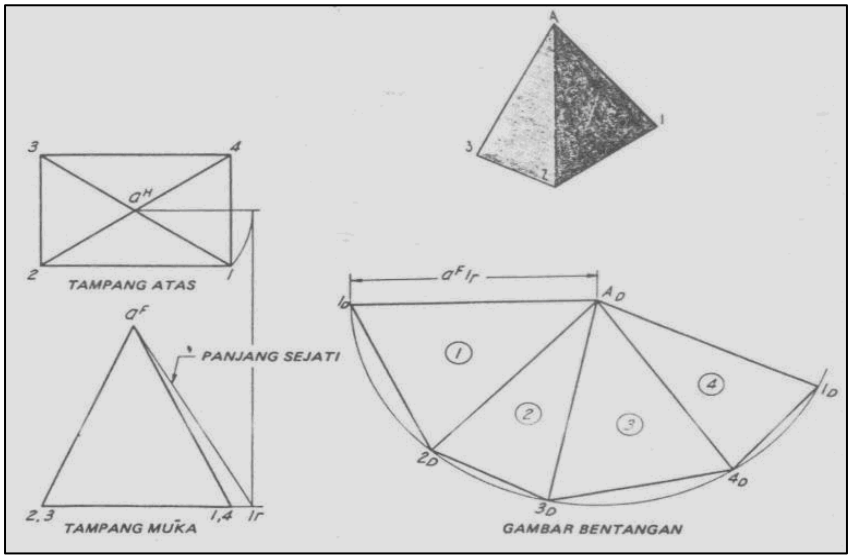
Gambar 4.68. Pembentangan piramida

- **Membentangkan piramida lurus**

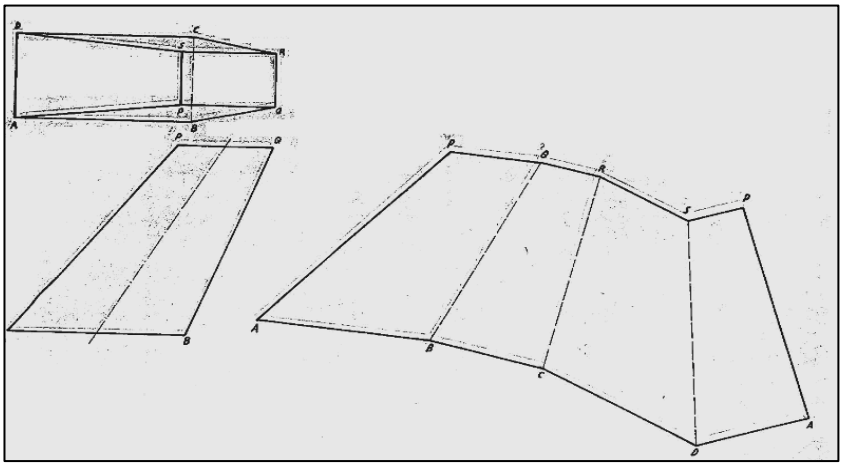
  Untuk membentangkan permukaan (membuka lipatan) permukaan samping piramida lurus, perlulah untuk lebih dahulu menentukan panjang sejati rusuk dan ukuran sejati dasar. Dengan informasi ini, pembentangan dapat dibuat dengan menampakkan muka dalam urutan berturut-berturut dengan rusuk bersama disambungkan. Apabila permukaan dibayangkan dibuka lipatannya dengan memutar piramida, seperti terlihat dalam gambar 4.69. maka tiap-tiap muka

segitiga digulingkan kedalaman bidang sekeliling rusuk yang menjadi miliknya bersama dengan sekelilingmuka sebelumnya.

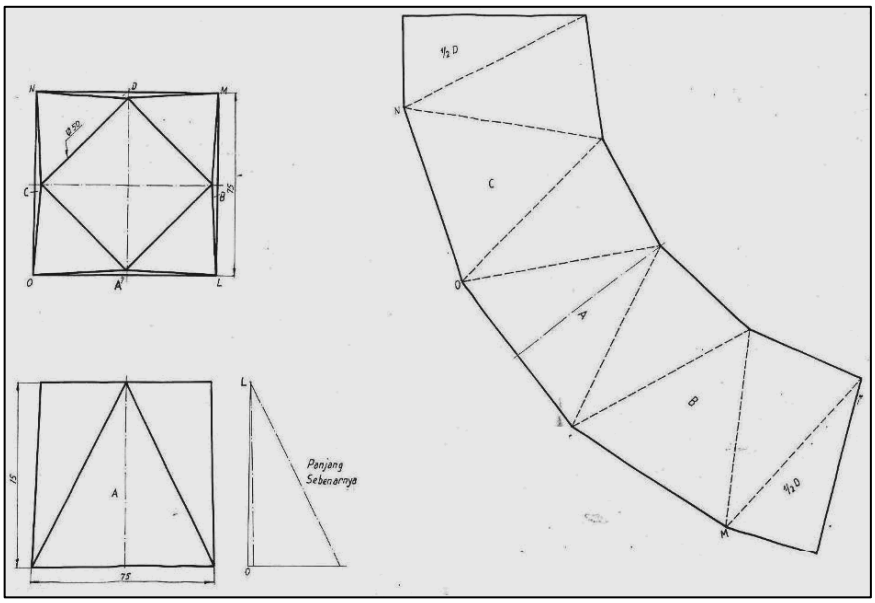
Karena semua rusuk piramida yang terlihat dalam gambar 4.70. sama panjangnya, maka hanyalah perlu untuk menemukan panjang satu rusuk *A*1 dengan mengulingkannya dalam kedudukan $_a^f$. Rusuk dasar, 1-2, 2-3 dan seterusnya adalah sejajar dengan bidang proyeksi mendatar dan sebagai akibatnya kelihatan dalam panjang sejatinya dalam tampang atas. Dengan informasi ini, gambar bentangan dapat dibuat lengkap dengan mudah dengan membuat keempat permukaan segitiga.



Gambar 4.69. Pembentangan piramida segitiga

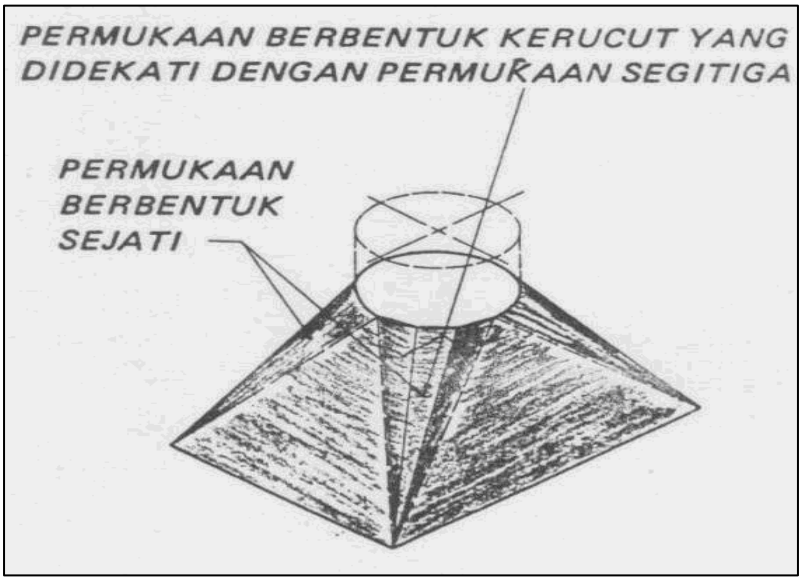


Gambar 4.70. Pembentangan prisma segi empat miring



Gambar 4.71. Pembentangan triangulasi segi tiga dan segi empat

4.11.6. Pemakaian metode trianggulasi

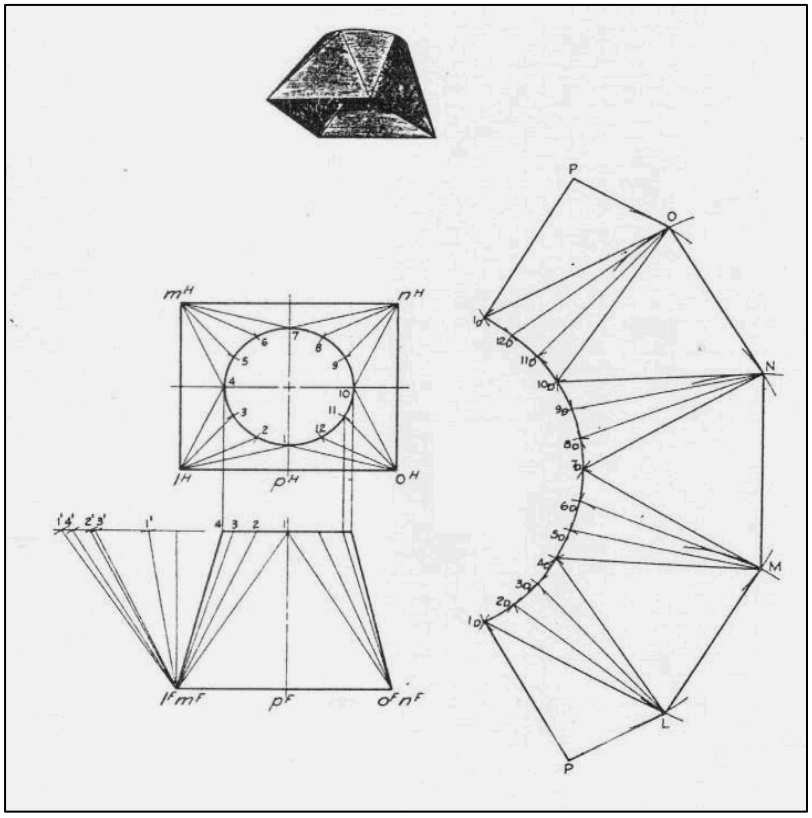


Gambar 4.72. Triangulasi permukaan.

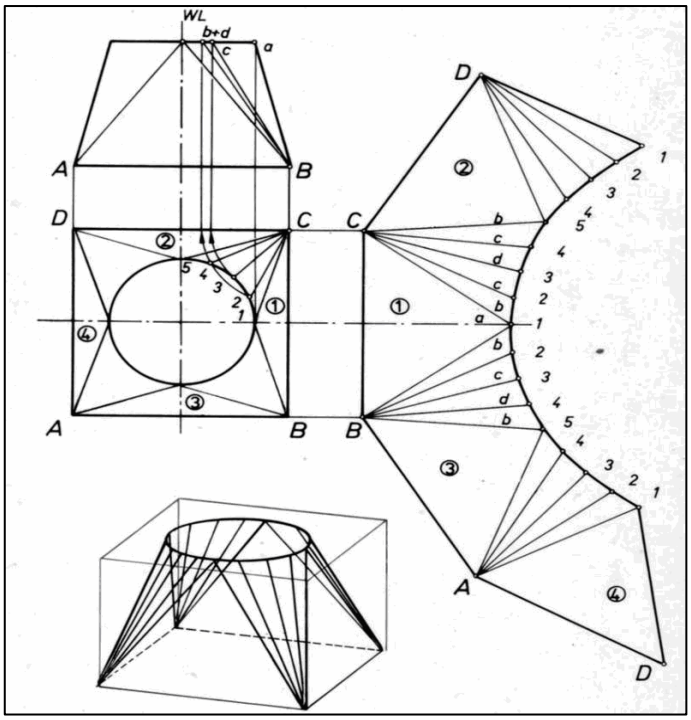
- **Metoda trianggulasi pembentangan dengan pendekatan permukaan yang mampu dibentangkan.**

  Permukaan yang tak mampu dibentangkan dapat dibentangkan dengan pendekatan apabila permukaannya dimisalkan tersusun dari sejumlah permukaan kecil yang dapat dibentangkan. Metode khusus yang biasanya dipakai untuk permukaan baling (*warped surface*) dan permukaan kerucut miring dikenal dengan metode triangulasi.

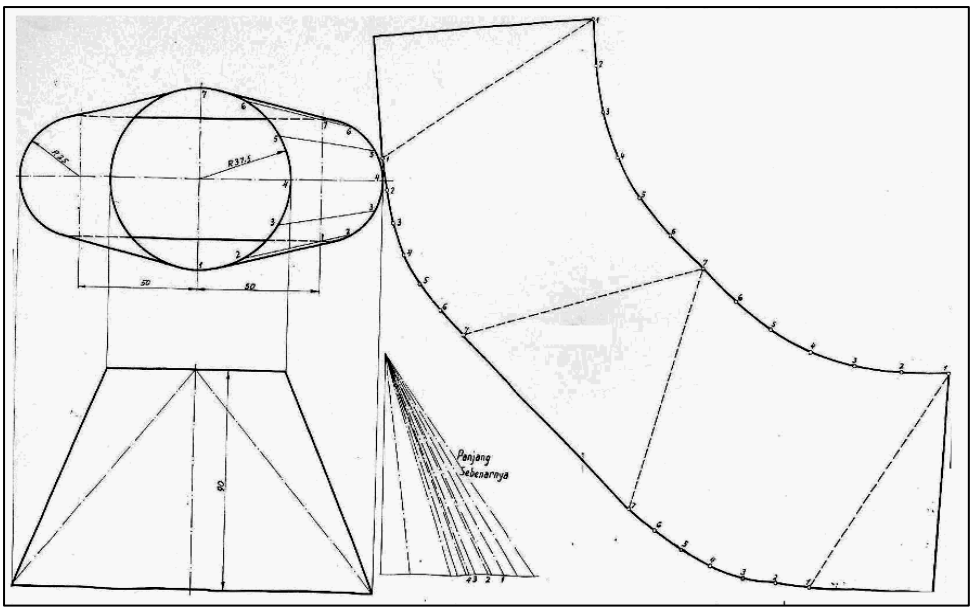
  Prosedurnya terdiri dari sama sekali menutupi permukaan samping dengan segitiga kecil dengan jumlah banyak, yang akan terletak degan pendekatan pada permukaan. Segitiga ini, apabila disusun dalam uluran sejati dengan rusuk milik bersama disambungkan, menghasilkan gambar bentangan dengan pendekatan yang cukup cermat untuk kebanyakan tujuan praktis. Gambar (4.73)



Gambar 4.73. Bagian peralihan pipa yang menyambung pipa bulat dan pipa bujur sangkar



Gambar 4.74. Bagian peralihan pipa bulat dan pipa pipa bujur sangkar

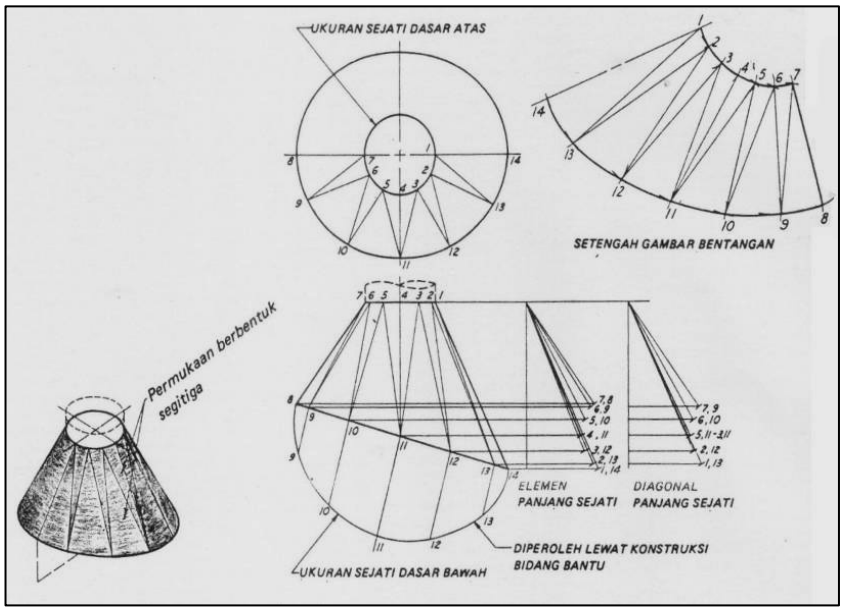


Gambar 4.75. Bagian peralihan pipa bulat dan pipa lonjong

- **Membentangkan bagian peralihan pipa yang mempunyai permukaan mampu dibentangkan dengan pendekatan lewat metode tringulasi.**

  Gambar 4.76. memperlihatkan separoh gambar bentangan suatu bagian peralihan pipa yang bukan mempunyai permukaan berbentuk kerucut sebagian, melainkan mempunyai permukaan baling. Metode membangun gambar bentangan agak serupa, tetapi gambar bentangan itu terbentuk oleh sejumlah segitiga kecil, dengan ukuran sejati, yang disusun untuk mendekati permukaan. Ukuran sejati perpotongan berbentuk lingkaran dapat dilihat dalam tampang atas, dan ukuran sejati perpotongan berbentuk elips diperlihatkan dalam tampang bantu yang dibangun untuk keperluan itu.

  Paroh muka lingkaran dalam tampang atas hendaknnya dibagi dalam bagian sama dalm jumlah yang sama seperti parohan tampang bantu. Dengan menyambung titik bagi, permukaan dapat dibagi pada awalnya dalam bentu besisi empat. Sebaiknya bentuk bersisi empat (*quadrilaterals*) ini dapat dibagi lagi dalam segitiga dengan menarik diagonal yang sekalipun menurut teori berupa garis melengkung, dianggap sebagai garis lurus. Panjang sejati elemen dan panjang sejati diagonal diketemukan dengan membuat dua diagram panjang sejati secara terpisah dengan memakai metode yang dilukiskan dalam gambar 4.76.



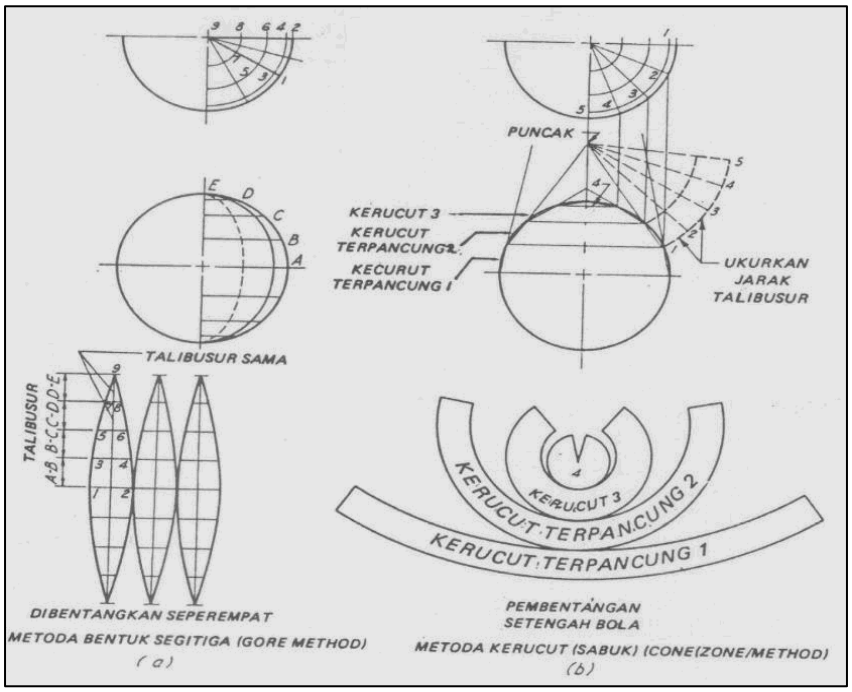
Gambar 4.76. Pembentangan Bagian peralihan pipa lewat triangulasi

4.12. Profil Bola/Membentangkan bola

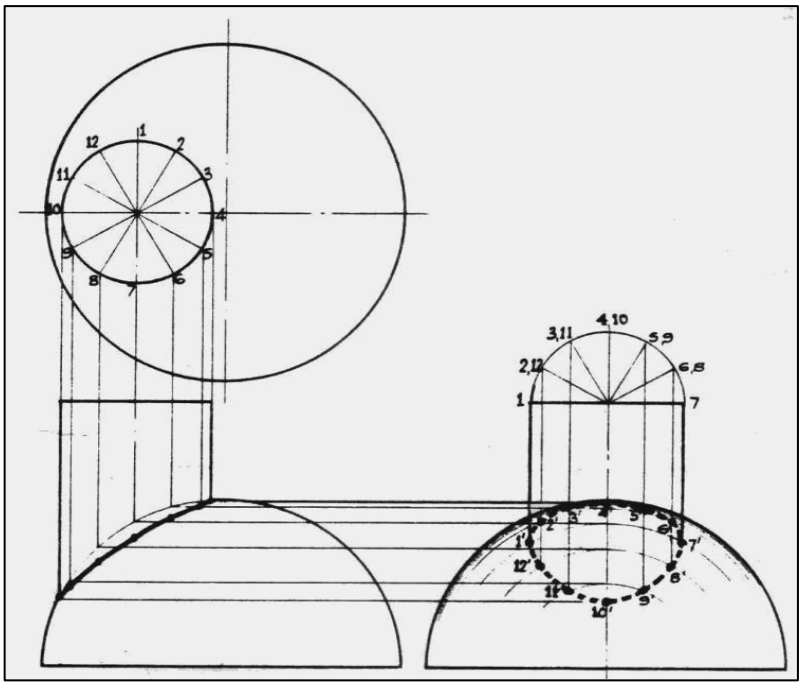
Permukaan bola merupakan permukaan lengkung berganda yang dapat dibentangkan hanya lewat waktu metode pendekatan. Metode pendekatan yang lazim dipakai dilukiskan dalam gambar 4.77.

Di (*a*) penampang dibagi dalam dua bagian meridian silinder yang sama dalam jumlah yang sama. Permukaannya yang dibentangkan merupakan gambar bentangan pendekatan untuk bola. Ketika membuat gambar bentangan perlulah untuk membentangkan permukaan satu bagian (seksi) saja, sebab satu bagian ini dapat dipakai sebagai pola untuk permukaan bentangan untuk masing-masing bagian lainnya.

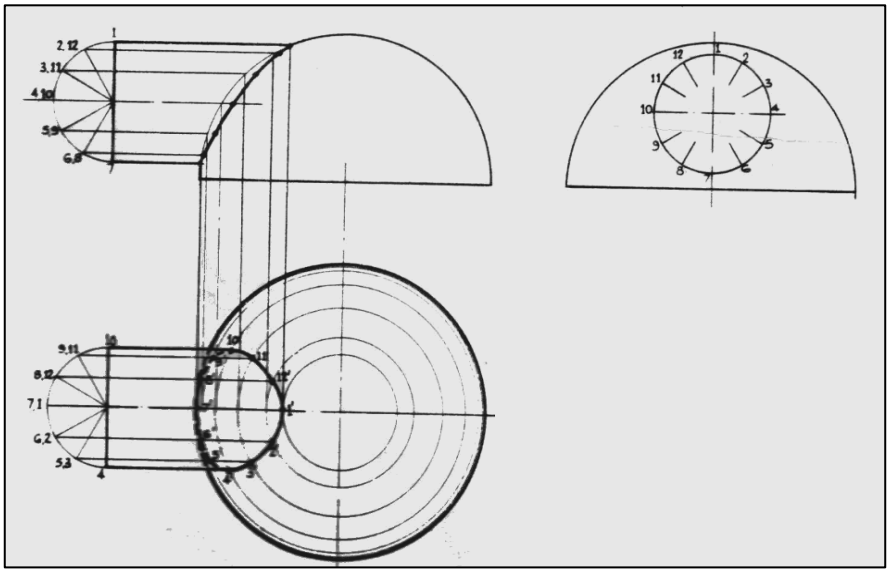
Di (*b*) bola dipotong oleh bidang sejajar yang membaginya dalam sejumlah bagian mendatar; permukaannya mendekati permukaan bola. Masing-masing bagian ini dapat dianggap sebagai kerucut lurus terpancung yang puncaknya bertempat pada perpotongan tali busur yang dipanjangkan.



Gambar 4.77. Pembentangan bola dengan pendekatan



Gambar 4.78. Pembentangan bola dengan sambungan pipa tegak



Gambar 4.79. Pembentangan bola dengan sambungan pipa datar

4.13. Perpotongan

4.13.1. Garis perpotongan permukaan geometric

Garis perpotongan dua permukaan adalah garis yang dimiliki bersama oleh kedua bidang itu. Garis ini dapat dianggap sebagai garis yang akan ditempati oleh titik-titik diamana elemen suatu permukaan akan menembus permukaan lainnya. Hampir semua garis pada gambaran ortografik praktis merupakan garis perpotongan; karena itu, pembicaraan berikut ini dapat dianggap studi yang diperluas menganai subjek itu juga. Metode yang disajikan dalam bab ini adalah prosedur yang dikenali dengan mudah untuk menemukan garis perpotongan yang lebih rumit, yang diciptakan oleh perpotongan permukaan giometrik.

Guna membuat lengkap suatu tampang gambar kerja atau suatu tampang yang perlu untuk membentangkan permukaan bentuk geometrik yang berpotongan, serengkali harus diketemukan garis perpotongan antara permukaan. Pada gambar kerja biasa, garis permotongan dapat “dipalsukan” (*faked in*) melalui beberapa titik kritis. Tetapi pada gambar logam lembaran harus ditempatkan titik dalam jumlah yang cukup untuk memperoleh garis perpotongan yang cermat dan gambar bentangan yang pada akhirnya harus cermat.

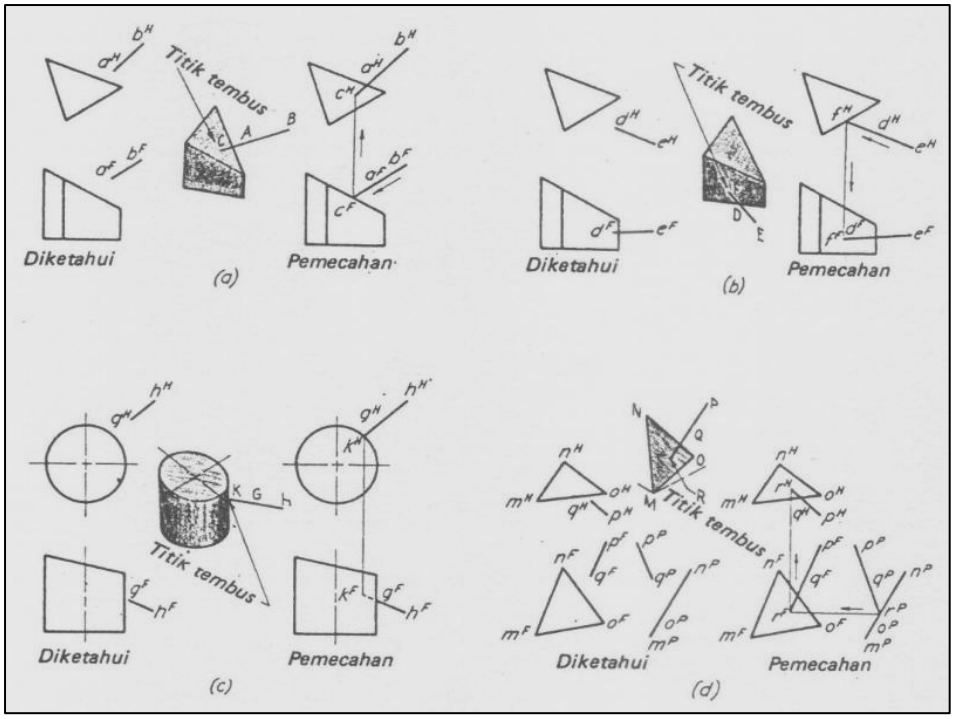
Garis perpotongan dua permukaan diketemukan dengan menentukan sejumlah titik yang dimilliki bersama oleh kedua permukaan itu melalui titik ini menarik garis atau garis-garis dalam urutan yang tepat. Garis perpotongan yang dihasilkan dapat lurus, melengkung atau lurus dan melengkung. Soal menemukan gais yang serupa itu dapat dipecahkan dengan salh satu metode umum, tergantung dari tipe permukaan yanng bersangkutan. Dengan maksud menyederhanakan pembicaraan tentang perpotongan ini hendaknya dimisalkan bahwa semua soal dibagi dalam dua kelompok umum ini:
Kelompok 1: soal yang melibatkan dua bentuk geometri, yang kedua-duanya tersusun dari permukaan bidang.
Kelompok 2: soal yang melibatkan bentuk geometrik yang atau mempunyai permukaan lengkung tunggal atau mempunyai permukaan lengkung berganda.

Menentukan titik tembus lewat pemeriksaan (Gambar 4.80) adalah mudah untuk menentukan di mana garis yang diketahui menembus permukaan, apabila permukaan itu tampak sebagai tampang tepi (garis) dalam salah satu tampang yang diketahui. Misalnya, apabila garis *AB* yang diketahui diperpanjang seperti

diperlihatkan di (*a*) tampang *F* untuk titik tembus *C* didapati C^F, dimana tampang depan garis *AB* yag diperpanjang itu berpotongan dengan tampang garis permukaan. Kalau kedudukan C^F dikenal, tampang *H* untuk titik *C* dapat diketemukan dengan cepat dengan meproyeksikan ke atas pada tampang *H* untuk *AB* yang diperpanjang.

Di (*b*) tampang *H* (f^H) untuk titik tembus *F* diketemukan lebih dahulu dengan memperpanjang $d^H e^H$ samapai berpotongan dengan tampang tepi untuk permukaan yang ditembus oleh garis. Dengan memproyeksikan ke bawah, f^F ditempatkan pada $d^F e^F$ yang diperpanjang. Di (*c*) tampang untuk titik tembus *K* diketemukan dengan cara yang sama seperti di (*b*), yang membedakan adalah bahwa tampang tepi untuk bidang yang ditembus oleh garis tampak sebagai bususr lingkaran dalam tampang *H* dan bukan sebagi garis lurus. Harus diperhatikan bahwa sebagian dari garis dapat dilihat pada tampang *F*, sebab titik tembusnya berada pada sisi belakang silinder.

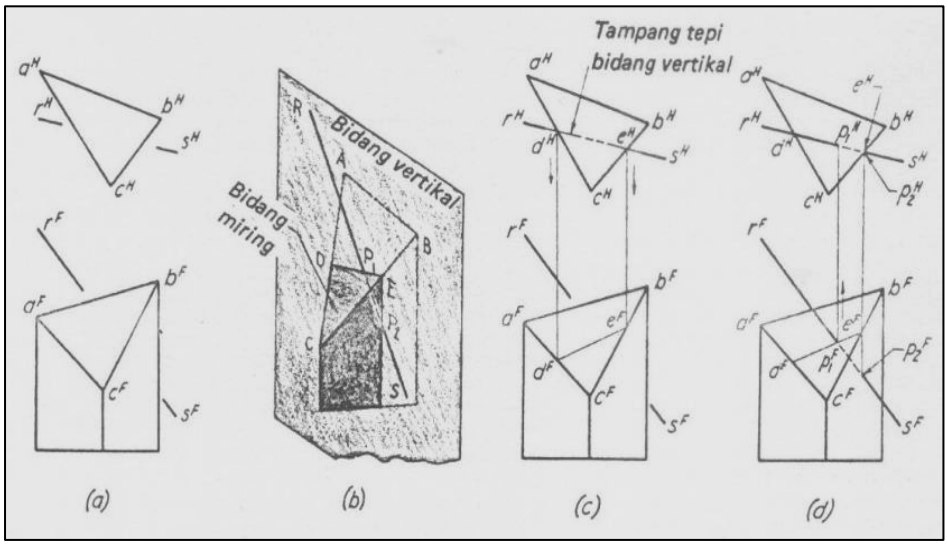
Tampang *F* dan tampang *H* untuk titik *R* di (*d*) dapat diketemukan dengan mudah dengan memproyeksikan setelah tampang *P* di (r^P) untuk *R* sekali ditetapkan dengan memperpanjang $p^P q^P$ untuk perpotongan dengan tampang garis permukaan.



Gambar 4.80. Menentukan titik tembus lewat pemeriksaan

4.13.2. Menentukan titik tembus dengan memakai bidang proyektor garis (*line proyekting plane*)

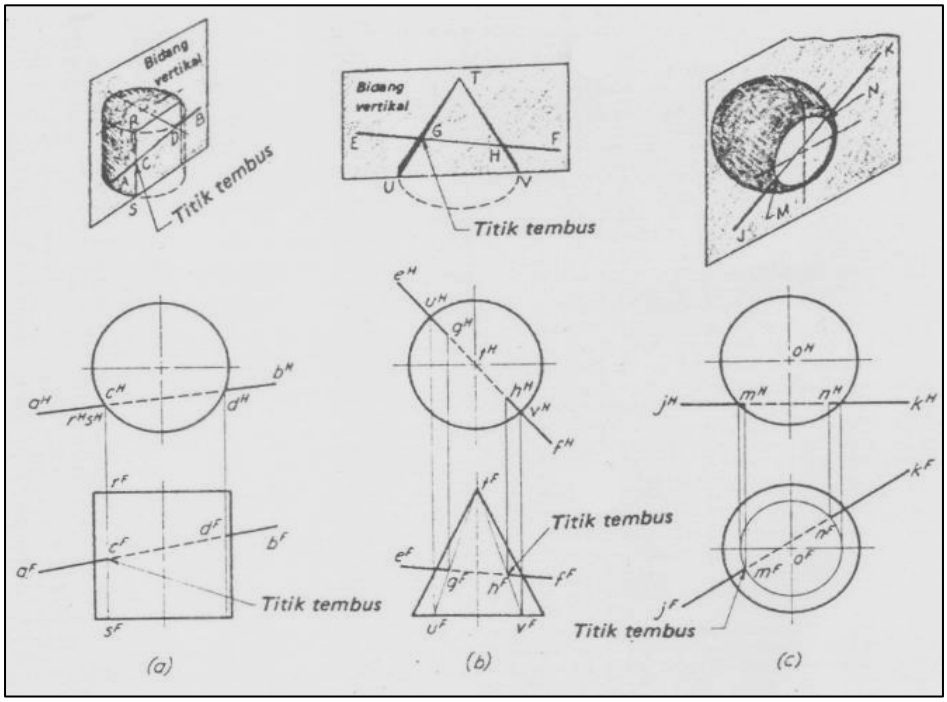
Apabila garis menembus bidang miring yang diketahui dan tampang tepi tidak diketahui, seperti dalam gambar 4.81, bidang proyektor garis (bidang potong) dapat dipakai untuk menetapkan garis perpotongan yang akan ditempati garis tembus. Dalam lukisan, dipilih bidang proyeksi vertikal yang akan ditempati garis *RS* yang diketahui dan yang memotong bidang *ABC* yang diketahui sepanjang garis *DE*, seperti yang dilukiskan oleh gambar pelukisan.



Gambar 4.81. Pemakaian bidang yang memproyeksikan garis

4.13.3. Menemukan tempat dimana garis menembus benda Padat geometrik-silinder-kerucut-bola dengan memakai bidang proyeksi (gambar 4.79).

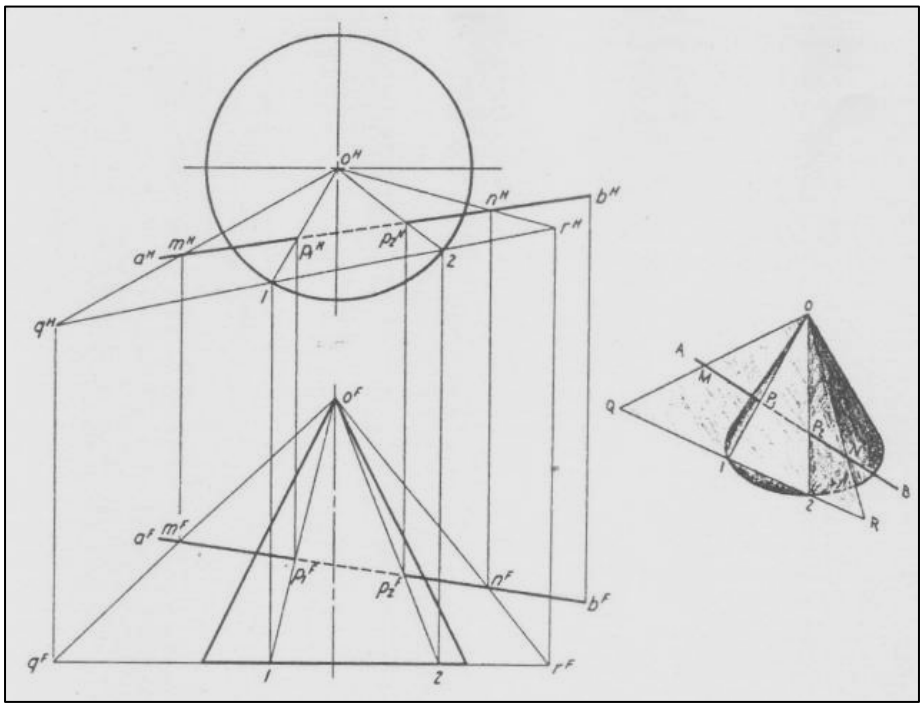
Titik dimana garis menembus silinder, kerucut atau bola dapat diketemukan dengan mudah melalui pemakaian bidang proyekor (proyektor plane) (bidang potong) yang ditempati oleh garis yang diketahui seperti dilukiskan di (*a*), (*b*) dan (*c*).



Gambar 4.82. Menentukan tempat dimana garis menembus benda pada geometrik

4.13.4. Menentukan titik di mana garis menembus kerucut-hal umum.

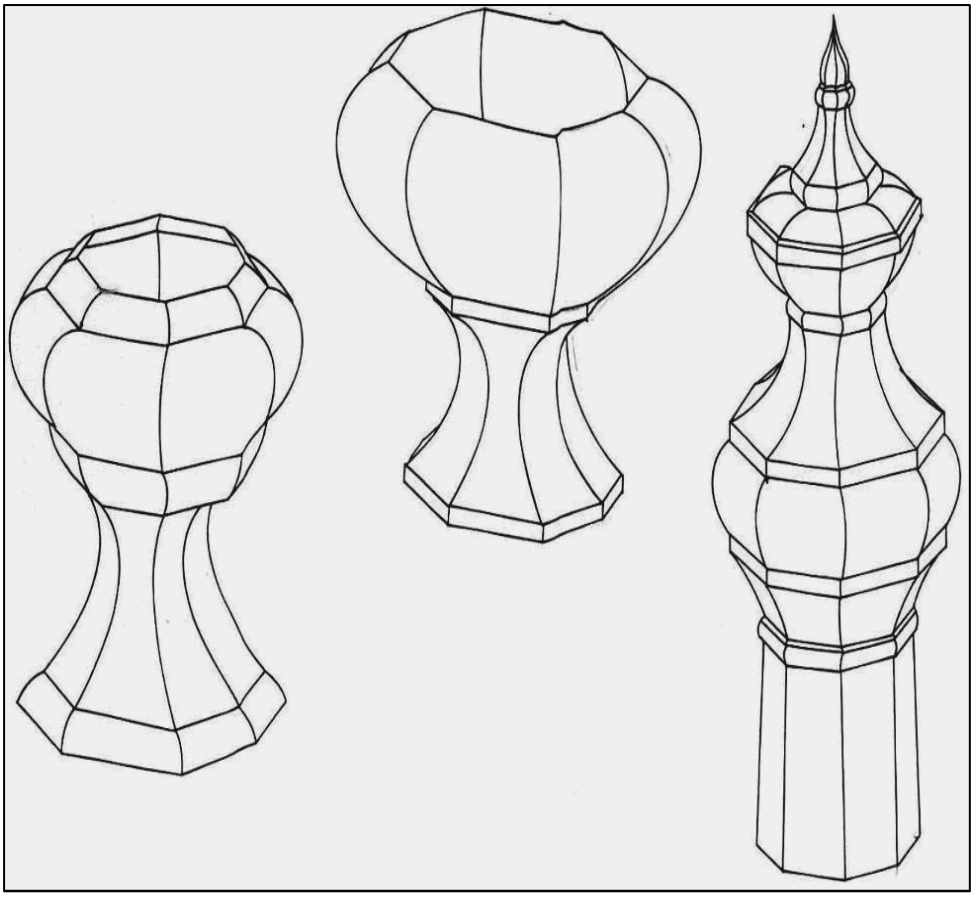
Titik tembus untuk garis dan kerucut merupakan titik perpotongan antara garis dan kedua elemen spsifik pada kerucut yang terletak dalam bidang proyektor yang ditempati oleh garis dan oleh titik puncak kerucut. Ini menyingung suatu kondidsi istimewa yang unuk keperluan itu dapat dipakai bidang proyektor garis. Untuk hal ini, berlaku pernyataan sebagi berikut: titi tembus antara garis dan sembarang permukaan harus terletak pada garis perpotongan antara permukaan yang diketahui dan bidang potong yang ditempati oleh garis. Teranglah bahwa bidang potong yang tak terhigga banyaknya dapat diambil untuk dapat ditempati oleh gari *AB* dalam gambar 4.80, tetapi kesemuanya itu akan menghasilkan garis perpotongan melengkug, kecuali dalam hal satu bidang yang dipilih untuk lewat melalui titik puncak *O* kerucut



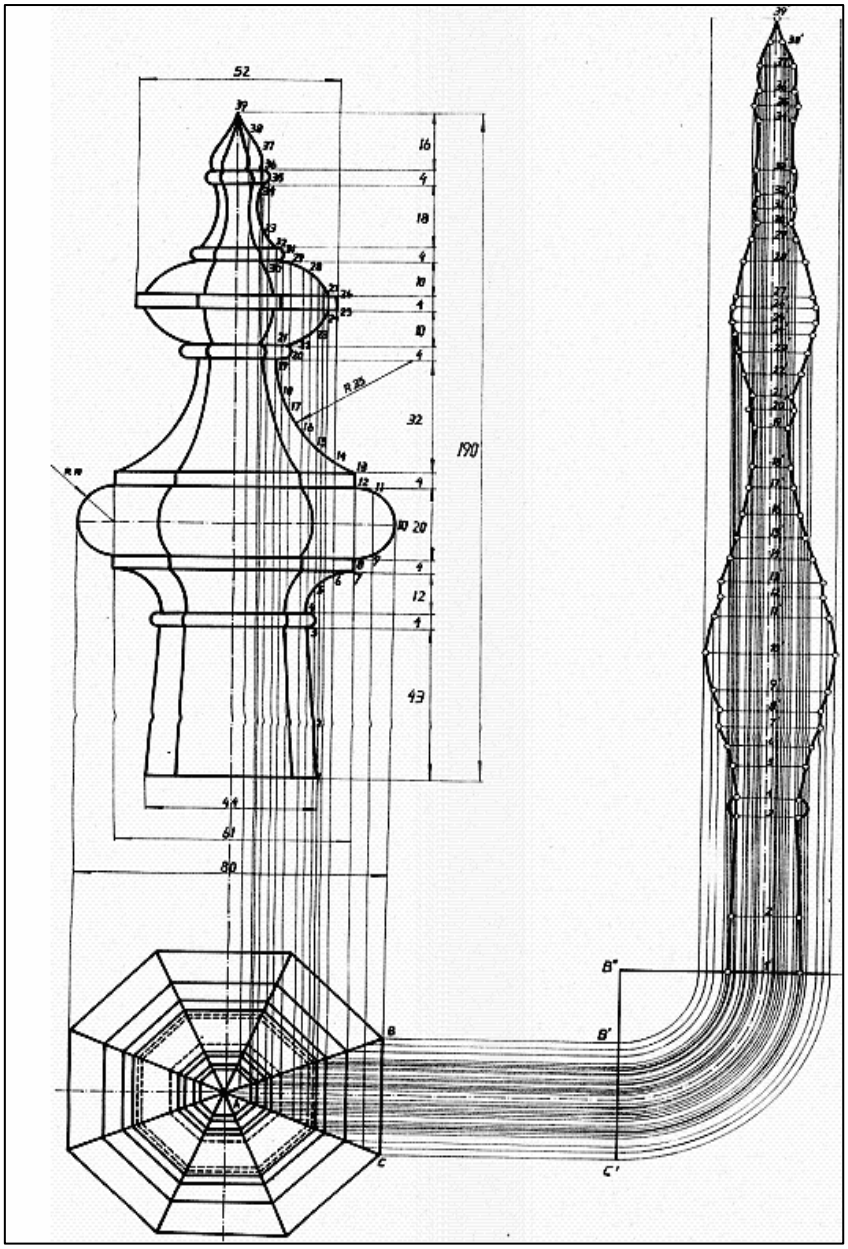
Gambar 4.83. Menentukan titik dimana garis menembus kerucut – hal umum.

4.14. Contoh Aplikasi Gambar Teknik

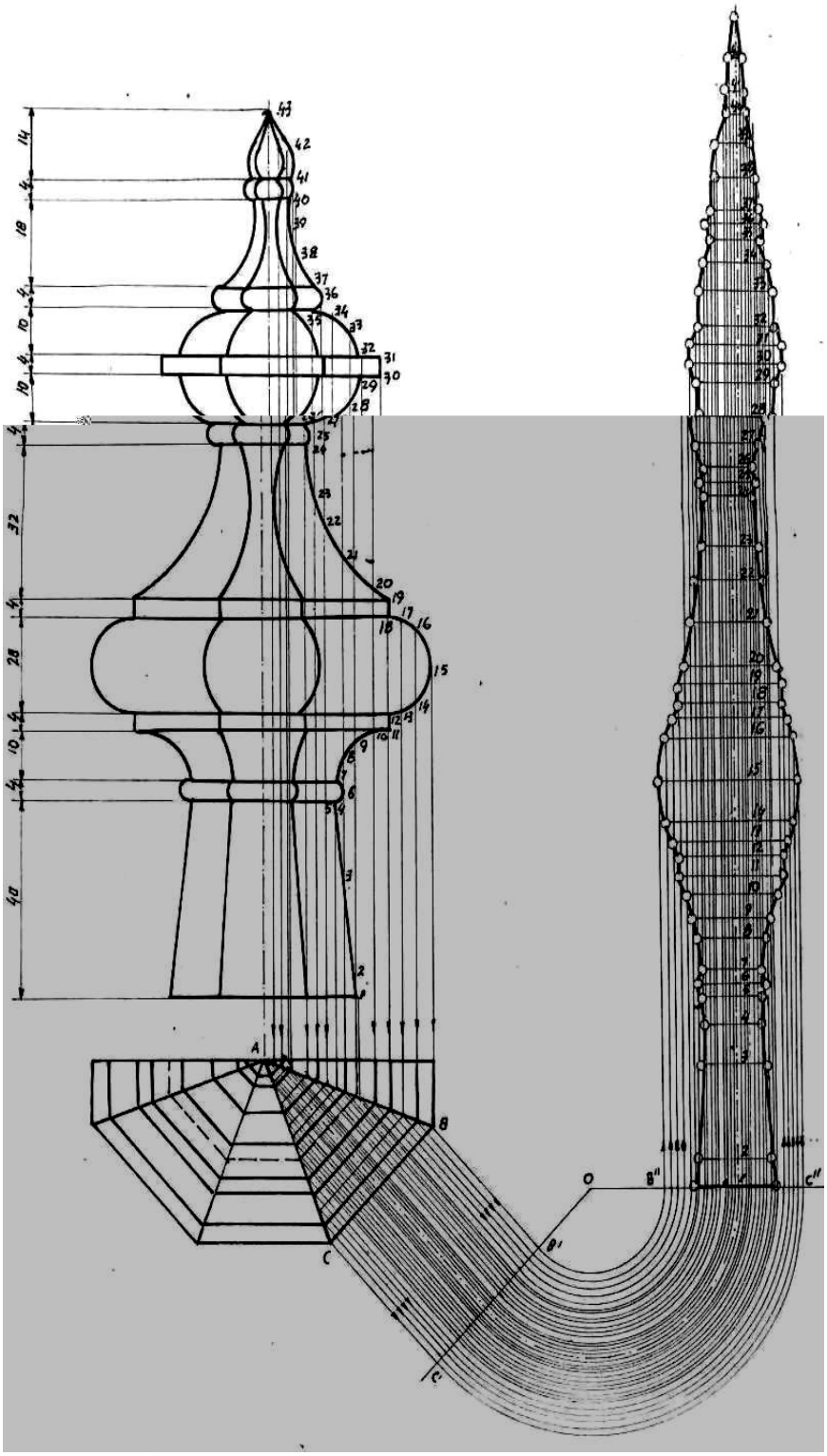
Berikut ini diberikan contoh-contoh aplikasi hasil teknik gambar bentangan untuk membuat *ornament* (hiasan) mesjid. Pada gambar 4.84. adalah gambar pictorialnya. Kemudian pada gambar 4.85 contoh gambar bentangan yang cukup rumit dengan menggunakan sistem proyeksi siku. Pada gambar 4.86. adalah contoh gambar bentangan *ornament* mesjid dengan sistem proyeksi 45^0 . Kedua sistem proyeksi ini dapat dipakai untuk membuat gambar bentangan. Dengan melihat contoh-contoh tersebut akan mendorong semangat dan menambah wawasan dalam menguasai teknik menggambar bentangan. Dan sesungguhnya masih banyak contoh-contoh gambar bentangan yang *complicated* (rumit) untuk dipelajari dan dikembangkan agar mendapatkan hasil yang optimal sesuai dengan desain yang diinginkan.



Gambar 4.84. Piktorial piala



Gambar 4.85. Pembentangan kubah mesjid dengan proyeksi siku



Gambar 4.86. Pembentangan kubah mesjid dengan proyeksi 45^0

4.15. Rangkuman

Gambar merupakan sebuah alat komunikasi untuk menyatakan maksud dan tujuan seseorang. Gambar sering juga disebut sebagai ”bahasa teknik” atau ”bahasa untuk sarjana teknik”. Keterangan dalam gambar, yang tidak dapat dinyatakan dalam bahasa verbal, harus diberikan secukupnya sebagai lambang-lambang.

Fungsi gambar adalah sebagai berikut:

- Penyampaian informasi
- Tugas gambar adalah meneruskan maksud dari perancang dengan tepat kepada orang-orang yang bersangkutan, kepada perencanaan proses, pembuatan, pemeriksaan, perakitan dsb.
- Pengawetan, penyimpanan, dan pengunaan keterangan.
- Cara-cara pemikiran dalam penyampaian informasi

Fungsi gambar sebagai sumber informasi, yang menghubungkan perancang dengan orang-orang yang mempergunakannya, harus berisi keterangan-keterangan yang cukup dan pasti dan tidak boleh menimbulkan keragu-raguan. Dalam hal kerja sama internasional, kepastian internasional diinginkan oleh gambar. Pengejaran kepastian menjadi sangat rumit. Pertama, kemajuan pesat dari gambar yang sederhana dan penyederhanaannya saling berlawanan. Kedua, suatu keinginan untuk menyajikan isinya dengan tepat, dalam mengejar kepastian mungkin adalah penyebab dari pengertian yang tidak meragukan. ISO/TC 10 (gambar teknik) telah memegang peranan aktif untuk menstandarkan gambar-gambar teknik, agar dapat memberi ciri internasional kepada gambar-gambar teknik, sebagai “bahasa teknik internsional”.

Peralatan yang dipergunakan dalam menggambar teknik adalah sebagi berikut:

11. Apan/meja gambar
12. Kertas gambar
13. Penggaris – T
14. Penggaris segitiga 90º ,60º ,30º
15. Penggaris segitiga 90º ,45º ,45º
16. Kotak jangka
17. Pensil mekanik
18. Rapido
19. Tinta isi rapido
20. Isi mata pensil mekanik
21. Penghapus tinta
22. Penghapus pensil
23. Pita perekat
24. Mal bentuk lengkung
25. Mistar skala
26. Busur derajat
27. Mal bentuk linqkaran.
28. Pelindung penghapus
29. Sablon huruf huruf
30. Mal bentuk baut atau mur

Gambar bentangan atau bukaan dimaksudkan untuk mempermudah pamotongan bahan atau mempermudah mengetahui banyaknya bahan yang diperlukan. penerapan gambar bentangan ini

dapat dilakukan dengan dua sistem yakni sistem langsung pada obyek yang dikerjakan dan sistem tidak langsung.

Pada saat menggambar suatu komponen mesin, juru gambar sering menggunakan konstruksi yang didasarkan atas unsur-unsur geometri. Unsur-unsur geometri yang dimaksud di sini adalah busur-busur, lingkaran, garis, atau sudut. Konstruksi geometri digunakan agar lukisan atau gambar yang dibuat memberikan bentuk yang baik. Dalam konstruksi geometri ini, ketepatan dan ketelitian sangat diperlukan sekali. Oleh karena itu, pensil yang digunakan adalah pensil H, 2H, atau 3H.

Gambar proyeksi adalah gambar dari suatu benda nyata atau khayalan, yang dilukiskan menurut garis-garis pandangan pengamat pada suatu bidang datar (bidang gambar). Cara menggambar proyeksi dikelompokkan menjadi dua kelompok, yaitu proyeksi *piktorial* dan *ortogonal.* Proyeksi piktorial *(pictorial drawing)* adalah suatu cara menampilkan gambar benda yang mendekati bentuk dan ukuran sebenarnya secara tiga dimensi, dengan pandengan tunggal. Dulu dikenal dengan istilah *gambar bagan* atau *gambar satu pandengan.* Proyeksi ortogonal dibagi dua yaitu proyeksi sistem Eropa dan proyeksi sistem Amerika. Biasanya proyeksi Eropa disebut dengan *First Angle Projection,* dann proyeksi sistem Amerika disebut *Third Angle Projection.*

Garis perpotongan dua permukaan adalah garis yang dimiliki bersama oleh kedua bidang itu. Garis perpotongan dua permukaan diketemukan dengan menentukan sejumlah titik yang dimilliki bersama oleh kedua permukaan itu melalui titik ini menarik garis atau garis-garis dalam urutan yang tepat. Garis perpotongan yang dihasilkan dapat lurus, melengkung atau lurus dan melengkung.

4.16. Soal Latihan

1. Tuliskan daftar peralatan gambar secara lengkap yang dibutuhkan untuk menggambar, kemudian jelaskan fungsi masing-masing!

2. Jelaskan penggunaan Gambar Bentangan di Industri!

3. Apa yang dimaksud dengan konstruksi geometri?

4. Lihat gambar disamping, kemudian bagilah tiga buah sudut yang sama besar dengan menggunakan jangka.

5. Lukislah sebuah segi lima beraturan (Pentagon) dengan menggunakan dua cara/metoda, panjang sisinya 25 mm!

6. Lukislah sebuah segi enam beraturan (Hexagon) dengan menggunakan dua cara/metoda, panjang sisinya 30 mm!

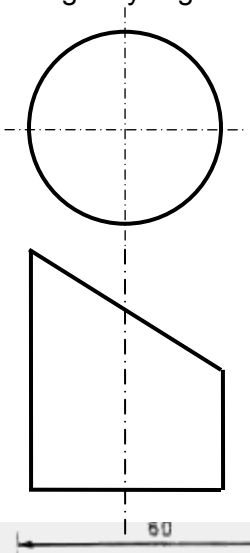
7. Lukislah sebuah segi tujuh beraturan (Heptagon) dengan jari-jari lingkaran 30 mm!

8. Jelaskan pengertian proyeksi Ortogonal dan proyeksi Piktorial!

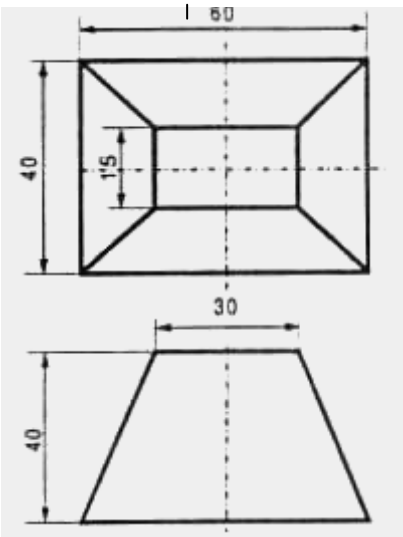
9. Apa beda antara proyeksi Aksonometri Dimetri dan Trimetri uraikan?

10. Berikan contoh Proyeksi Amerika (Third Angle Projection) dan Proyeksi Eropa (First Angle Projection)!

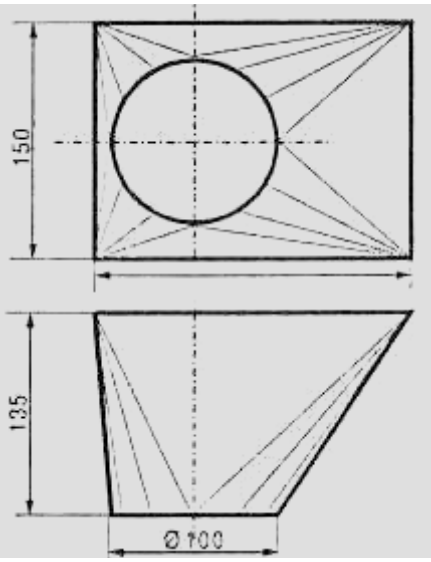
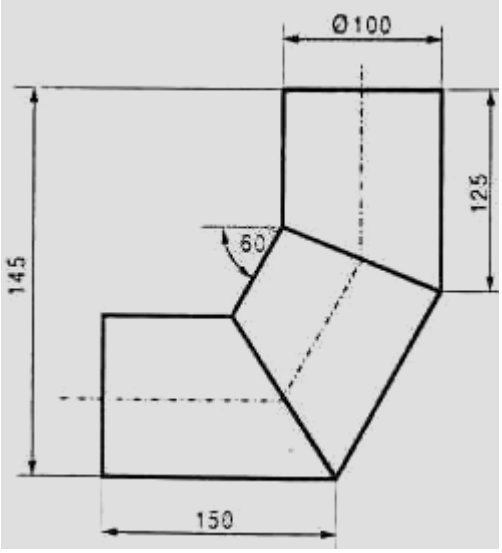
11. Lukislah gambar bukaan/bentangannya gambar di bawah ini.! dengan skala 1:1.



12. Lukislah gambar bukaan/bentangannya gambar di samping ini!



13. Buatlah gambar bukaan/bentangannya gambar di bawah ini!



14. Buatlah gambar bukaan/bentangannya gambar di bawah ini!