



BUKU AJAR

GAMBAR TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN

Oleh:
Dr. Muhammad Khumaedi, M.Pd

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2015

KATA PENGANTAR

Buku ini ditulis sebagai bahan ajar mata kuliah Gambar Teknik dengan kode mata kuliah PTM 111 pada program studi Pendidikan Teknik Mesin (PTM) jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Sebagai alat komunikasi di Industri, gambar mempunyai peran yang penting sebagai bahasa diantara perancang dan pelaksana. Agar dapat terjadi komunikasi yang intensif tanpa kesalahan interpretasi diantara mereka yang ada di Industri dalam pembuatan produk, maka diperlukan penguasaan kemampuan dalam membaca dan membuat gambar teknik. Dalam buku ini dijelaskan bagaimana cara membaca dan membuat gambar teknik mesin menurut standar International Standatisation Organisation (ISO).

Buku ini sangat penting bagi mahasiswa PTM untuk bekal mengajar mereka di Sekolah Menengah Kejuruan atau untuk keperluan dasar perancangan. Pada buku ini dijelaskan bagaimana aturan gambar teknik mesin, bagaimana membaca pandangan gambar, dan bagaimana menyusun, menguraikan dan membentangkan gambar. Untuk dapat lebih meningkatkan kompetensi mahasiswa maka setiap beberapa pokok bahasan mahasiswa diberi tugas latihan untuk menerapkan apa yang dipelajari dengan cara mengerjakan tugas yang ada pada bagian akhir buku ini.

Akhirnya penulis berharap, semoga buku ini dapat menjadi acuan dalam mempelajari gambar teknik. Segala saran untuk perbaikan buku sangat diharapkan.

Semarang, Desember 2015

Penulis,

Muhammad Khumaedi

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	1
KATA PENGANTAR	2
DAFTAR ISI	3
BAB I. PENDAHULUAN	4
BAB II. GAMBAR PROYEKSI	22
BAB III. GAMBAR PERSPEKTIF	26
BAB IV. UKURAN GAMBAR	28
BAB V. GAMBAR POTONGAN	34
BAB VI. TANDA Pengerjaan	38
BAB VII. SIMBOL LAS	43
BAB VIII. GAMBAR MUR BAUT	47
BAB IX. GAMBAR RODA GIGI	50
BAB X. TOLERANSI	53
BAB XI. GAMBAR BAGIAN, SUSUNAN DAN BENTANGAN	58
TUGAS-TUGAS	61
DAFTAR PUSTAKA	70

BAB I

PENDAHULUAN

Tujuan

Setelah mempelajari bahan dalam bab ini, seharusnya Anda dapat:

1. Menjelaskan fungsi gambar di dalam teknik mesin.
2. Membedakan berbagai ukuran kertas gambar.
3. Membuat kertas gambar dengan berbagai ukuran.
4. Memodifikasi gambar dengan berbagai skala.
5. Menunjukkan penggunaan berbagai garis gambar.
6. Mempergunakan etiket standar dalam gambar kerja.
7. Menyusun etiket gambar untuk gambar lengkap.
8. Menunjukkan penggunaan huruf dan angka gambar.
9. Menggambar berbagai konstruksi geometris.

1.1 Gambar Teknik Mesin Sebagai “Bahasa Teknik”

Apabila akan dibuat suatu benda kerja di dalam industri permesinan, maka pemesan atau perencana cukup memberikan gambar kerja pada pelaksana atau teknisi, tidak perlu membawa contoh benda aslinya yang akan dibuat. Hal seperti ini dapat terjadi mengingat gambar dalam teknik dipakai sebagai sarana untuk mengemukakan gagasan tentang konstruksi pekerjaan jadi. Dengan demikian secara ringkas dapat dikatakan bahwa gambar berfungsi sebagai ‘bahasa teknik’ di industri permesinan.

Untuk dapat melakukan fungsinya sebagai bahasa di industri, maka gambar teknik mesin harus menjadi alat komunikasi utama di antara orang-orang di dalam membuat desain dan komponen industri, bangunan dan peralatan konstruksi, dan pelaksana proyek penghasil permesinan dengan manajemen atau staf ahli permesinan.

Agar dapat melakukan fungsinya sebagai bahasa teknik, maka perlu penguasaan di dalam: (a) penggunaan perkakas gambar, (b) membuat gambar sendiri, dan (c) memahami atau membaca gambar yang dibuat oleh orang lain.

Dari tujuan-tujuan tersebut, maka kemampuan dalam gambar teknik mesin dapat dilihat dari bagaimana ia memahami atau membaca gambar yang dibuat oleh orang lain dan bagaimana kinerjanya dalam membuat gambar agar dapat dipahami oleh orang lain, sedangkan kemampuan penggunaan perkakas gambar sudah termasuk dalam kemampuan membuat gambar, sebab bagaimanapun hasil gambar yang standar pasti diperoleh dari seseorang yang sudah mempunyai keterampilan dalam penggunaan perkakas gambar.

Gambar teknik mesin harus cukup memberikan informasi untuk meneruskan maksud apa yang diinginkan oleh perencana kepada pelaksana, demikian juga pelaksana harus mampu mengimajinasikan apa yang terdapat dalam gambar kerja untuk dibuat menjadi benda kerja yang sebenarnya sesuai dengan keinginan perencana atau pemesan. Untuk itu standar-standar, sebagai tata bahasa teknik, diperlukan untuk menyediakan “ketentuan-ketentuan yang cukup”. Dengan adanya standar-standar yang telah baku ini akan lebih memudahkan suatu pekerjaan untuk dikerjakan di industri pada daerah atau negara lain yang kemudian hasil akhirnya akan dirakit pada industri di daerah atau negara yang berbeda hanya dengan menggunakan gambar kerja.

Agar dapat menggunakan standar-standar gambar yang ada sebagai bahasa, maka gambar teknik yang dibuat harus dapat memberikan pandangan pada bidang yang cukup dan aturan-aturan yang benar, sehingga menunjukkan gambar yang lebih jelas. Selain itu untuk dapat menggunakan gambar sebagai bahasa, orang perlu mempunyai kemampuan: memahami gambar teknik, membuat sketsa-sketsa yang digambar secara bebas atau diagram-diagram detail, penguasaan seluruh lingkup teknik menggambar yang khas bagi gambar kerja dalam lapangan kejuruan yang relevan, dan membuat gambar rancangan (*design*) lengkap.

Meskipun perkembangan teknologi komputer berkembang pesat, sehingga penggambaran yang dilakukan dalam teknik mesin saat sekarang sudah tidak menggunakan pensil, pena gambar (rapido), jangka dan sebagainya, melainkan menggunakan aplikasi program gambar seperti penggunaan AutoCad, Solid Work, Pro Engineering, dan program-program yang lain, namun aturan yang digunakan dalam penggunaan program-program tersebut tetap harus mengacu pada aturan gambar teknik mesin. Jadi dalam penggunaan garis, huruf, proyeksi dan sebagainya tetap berdasarkan aturan gambar teknik mesin.

Sebagai dasar agar nantinya mahasiswa dapat menggunakan gambar sebagai “bahasa teknik”, maka dalam mata kuliah ini tugas-tugas untuk mahasiswa gambarnya dilakukan dengan cara menggunakan pensil dan pena gambar (rapido).

1.2 Ukuran Kertas Gambar

Untuk membuat gambar teknik mesin, dilakukan dengan menggunakan ukuran kertas yang sudah standar. Ada beberapa macam ukuran kertas yang dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan dari gambar yang akan dibuat. Ukuran-ukuran kertas tersebut adalah seperti terlihat pada Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Ukuran kertas gambar

Standar	Lebar	Panjang	Tepi kiri	Tepi lain
A0	841	1189	20	10
A1	594	841	20	10
A2	420	594	20	10
A3	297	420	20	10
A4	210	297	20	5
A5	148	210	20	5
A6	105	148	20	5

Dalam penggunaan kertas gambar untuk membuat gambar kerja tidak bisa dilakukan secara sembarangan, harus dibuat sesuai dengan aturan yang telah ditetapkan, untuk ukuran kertas gambar A3, A2, A1, dan A0, kedudukan kertasnya adalah mendatar (lebar pada arah tegak, dan panjang pada arah datar) seperti terlihat pada Gambar 1. Sedangkan untuk ukuran kertas A4, A5, dan A6, kedudukan kertasnya adalah tegak (lebar pada arah datar, dan panjang pada arah tegak) seperti terlihat pada Gambar 2.

Ada kalanya karena sesuatu hal pada penggambaran teknik, tidak bisa digambar sesuai dengan ukuran yang sebenarnya, karena misalnya benda yang digambar terlalu kecil, sehingga bila digambar sesuai dengan kenyataan yang sebenarnya tukang yang mengerjakan tidak bisa melihat dengan jelas, dikhawatirkan rusak, atau sebaliknya benda yang digambar terlalu besar, sehingga akan terlalu banyak memakan kertas dan tidak efisien. Maka tukang gambar dapat memperbesar atau memperkecil gambar yang akan dibuat dengan menggunakan skala.

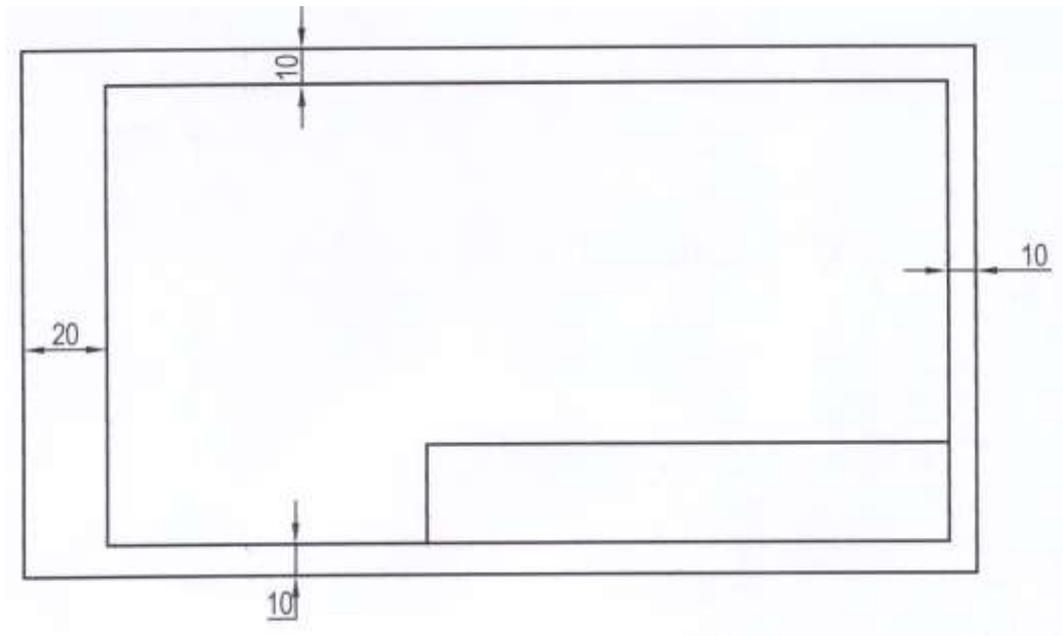
Besar kecilnya skala mempengaruhi efisiensi kerja dan faktor ekonomis. Semakin besar skala akan menyebabkan kertas untuk menggambar menjadi banyak, sehingga diperlukan biaya yang lebih mahal untuk membeli kertas, tinta, dan pengkopiannya, sebaliknya bila skala terlalu kecil dikhawatirkan tidak efisien kerja dan lama dalam penggambaran dan pengerjaan nantinya. Adapun skala untuk pengecilan dan pembesaran yang dinormalisasikan, artinya telah diakui secara internasional untuk gambar teknik mesin adalah sebagai berikut:

a. Untuk pengecilan

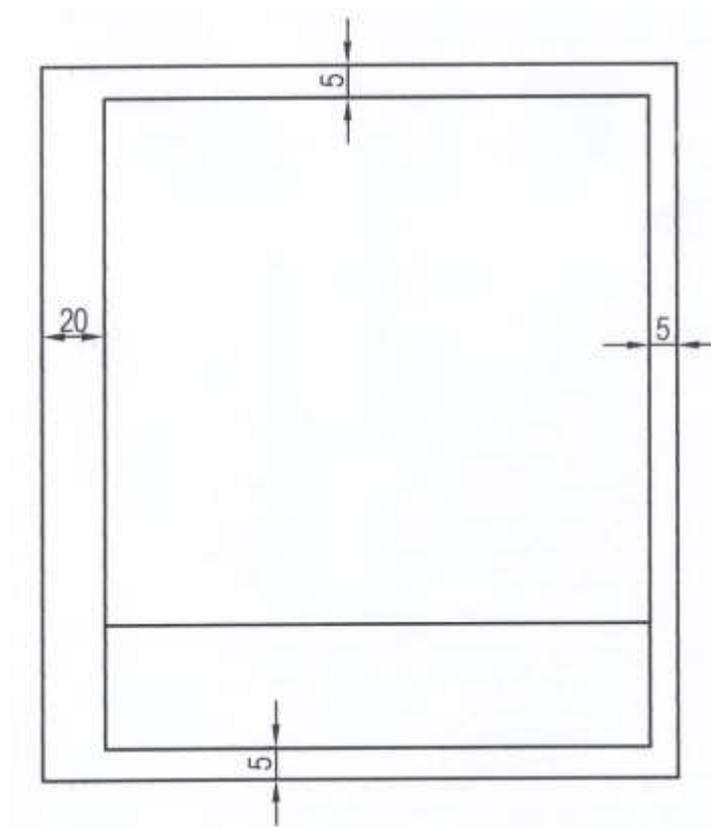
1 : 2	1 : 5	1 : 10
1 : 20	1 : 50	1 : 100
1 : 200	1 : 500	1 : 1000

b. Untuk pembesaran

2 : 1	5 : 1	10 : 1
-------	-------	--------



Gambar 1. Kedudukan kertas untuk A3 dan di atasnya

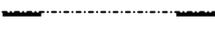
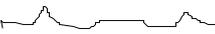
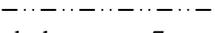


Gambar 2. Kedudukan kertas untuk ukuran A4 dan di bawahnya

1.3 Garis Gambar

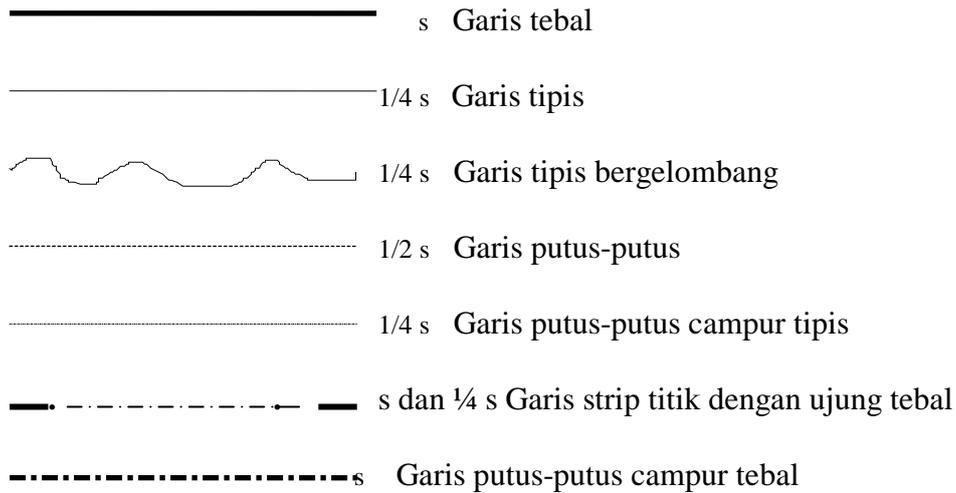
Dalam gambar teknik mesin dipergunakan beberapa macam garis yang mempunyai fungsi berbeda-beda sesuai dengan tujuannya. Masing-masing garis tersebut dibuat dengan fungsi, bentuk dan tebal yang berbeda sesuai dengan aturan yang ada. Adapun fungsi, bentuk dan tebal garis yang dipergunakan dalam gambar teknik mesin adalah seperti terlihat pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Jenis-jenis garis gambar

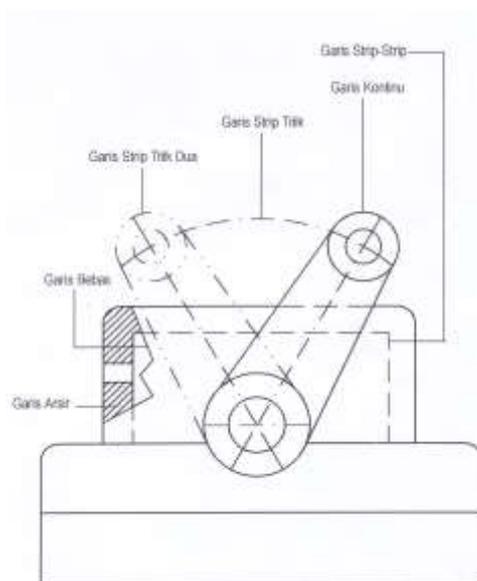
Bentuk Garis	Nama Garis	Tebal Garis	Penggunaan
	Garis kontinu (tebal)	0,50 - 0,70	Garis benda, Garis nyata
	Garis kontinu (tipis)	0,25 - 0,35	Garis ukuran, Garis bantu, Garis ulir, Garis arsir, dll.
 dash : approx. 4 mm gap : 1 mm	Garis putus-putus (tebal sedang)	0,35 - 0,50	Garis bayang- bayang
 dash : approx. 7 mm gap : 1 mm	Garis titik garis (tebal)	0,50 - 0,70 0,25 - 0,35	Garis potong
 dash: approx. 7 mm gap : 1 mm	Garis titik garis (tipis)	0,25 - 0,35	Garis sumbu, Garis lipatan
	Garis bebas (tipis)	0,25 - 0,35	Garis potong
 dash: approx. 7 mm gap : 1 mm	Garis titik dua garis (tipis)	0,25 - 0,35	Garis bagian ber- gerak, Garis di depan bidang potong, Garis bentuk awal, dll.

Ketebalan garis gambar di atas sudah standar, tetapi bisa juga di dalam pemakaiannya tukang gambar hanya menggunakan perkiraan di dalam menetapkan garis gambar yang digunakan, keadaan seperti ini dapat timbul jika gambar-gambar yang dibuat terlalu kecil atau komponen-komponen yang

digambar terlalu banyak, sehingga apabila dibuat garis sesuai aturan, mungkin timbul kesan gambarnya menjadi kurang sesuai atau mungkin menjadi sempit. Untuk menghindari kesan-kesan tersebut maka tebal garis, dibuat dengan menggunakan perbandingan seperti di bawah ini.



Untuk memperjelas penggunaan dari masing-masing jenis garis tersebut, dapat dilihat Gambar 3. Pada gambar tersebut nampak bahwa masing-masing jenis garis digunakan sesuai dengan fungsinya seperti yang telah dijelaskan.



Gambar 3. Penggunaan macam-macam jenis garis

1.4 Etiket Gambar

Untuk menjelaskan apa yang digambar, di dalam gambar teknik dibuat etiket gambar yang letaknya disebelah bawah atau bawah bagian kanan. Bentuk dari etiket gambar ini bermacam-macam, namun bentuk yang umum digunakan adalah model vsm (*verein schweizerischer maschinen* = sekolah teknik mesin) dan model penunjukkan proyeksi.

Bentuk standar etiket gambar model vsm (sekolah teknik) adalah seperti terlihat pada Gambar 4. Ukuran dan tebal garis serta bentuk tulisan dari etiket ini seperti terlihat pada Gambar 4 tersebut. Untuk gambar lengkap yang berupa susunan, etiket model vsm seperti terlihat pada Gambar 5. Pada etiket model vsm susunan ini selain keterangan seperti pada etiket standar juga ditambahi keterangan-keterangan yang berhubungan dengan bagian-bagian (detailnya). Bentuk etiket yang lain adalah model penunjukkan proyeksi seperti terlihat pada Gambar 6. Ukuran dan garis-garisnya serta tulisannya seperti terlihat pada gambar tersebut.

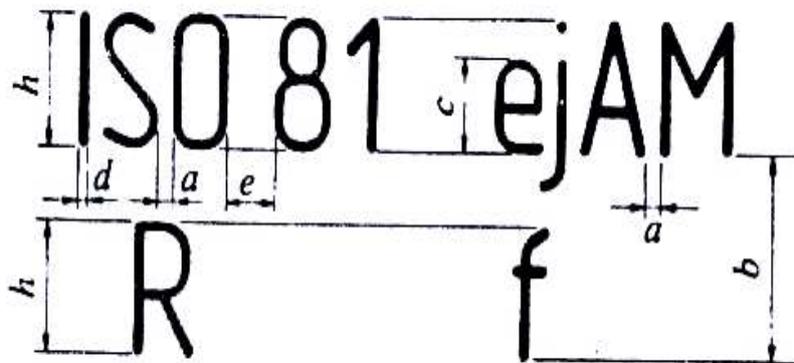
1.5 Huruf dan Angka Pada Gambar Teknik

Huruf dan angka dipergunakan untuk memperjelas maksud informasi yang disajikan gambar. Penggunaan huruf dan angka dalam gambar biasanya untuk menunjukkan besarnya ukuran, keterangan bagian gambar dan catatan kolom etiket gambar. Untuk itu semua ukuran, keterangan dan catatan hendaknya ditulis tangan dengan gaya yang terang, dapat dibaca dan dapat dibuat dengan cepat.

Ada beberapa ciri yang perlu diperhatikan dalam penulisan huruf dan angka pada gambar teknik agar dapat berfungsi sebagaimana mestinya, yaitu: jelas, seragam, dapat dibuat microfilm, atau lain cara reproduksi.

tinggi huruf dan angka tidak boleh terlalu kecil, sebab akan menyebabkan sukar dibaca di dalam ruangan.

Selain tidak boleh terlalu kecil, huruf yang digunakan dalam gambar teknik mesin juga perbandingan tinggi, tebal, jarak diantara huruf dan angka serta kata yang ada harus proportional. Gambar 7 memperlihatkan keterangan tinggi huruf/angka besar (h), tinggi huruf kecil (c), jarak huruf (a), jarak garis (b), jarak kata (e), dan tebal huruf (d).



Gambar 7. Keterangan pada huruf dan angka gambar teknik

Pada Tabel 3 dan 4 berikut ini disajikan mengenai perbandingan tinggi huruf/angka besar, tinggi huruf kecil, jarak huruf, jarak garis, dan tebal garis untuk tipe A dan B.

Tabel 3. Perbandingan huruf dan angka tipe A ($d = h/14$)

Pergunaan		Ukuran						
Tinggi huruf besar (h)	14/14 h	2,5	3,5	5	7	10	14	20
Tinggi huruf kecil (c)	10/14 h	-	2,5	3,5	5	7	10	14
Jarak huruf (a)	2/14 h	0,35	0,5	0,7	1	1,4	2	2,8
Jarak garis (b)	20/14 h	3,5	5	7	10	14	20	28
Jarak kata (e)	6/14 h	1,05	1,5	2,1	3	4,2	6	8,4
Tebal huruf (d)	1/14 h	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1	1,4

 Tabel 4. Perbandingan huruf dan angka tipe B ($d = h/10$)

Pergunaan		Ukuran						
Tinggi huruf besar (h)	10/10 h	2,5	3,5	5	7	10	14	20
Tinggi huruf kecil (c)	7/10 h	-	2,5	3,5	5	7	10	14
Jarak huruf (a)	2/10 h	0,5	0,7	1	1,4	2	2,8	4
Jarak garis (b)	14/10 h	3,5	5	7	10	14	20	28
Jarak kata (e)	6/10 h	1,5	2,1	3	4,2	6	8,4	12
Tebal huruf (d)	1/10 h	0,25	0,35	0,5	0,7	1	1,4	2

Bentuk huruf dan angka yang dipergunakan dalam gambar teknik sudah standar, ada yang tegak dan juga ada yang miring (15^0). Adapun bentuk dari huruf dan angka adalah seperti terlihat pada Gambar 8 untuk huruf dan angka tegak, sedangkan untuk huruf dan angka miring adalah seperti terlihat pada gambar 9.



Gambar 8. Bentuk huruf dan angka tegak



Gambar 9. Bentuk huruf dan angka miring

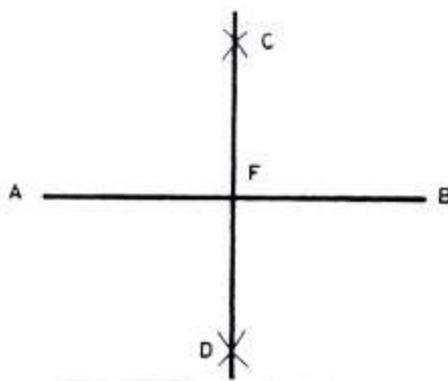
1.6 Konstruksi Geometris

Dalam menggambar suatu mesin atau komponennya, tukang gambar sering menggunakan konstruksi geometris untuk membantu dalam menyelesaikannya. Konstruksi geometris yang sering digunakan antara lain: garis, sudut, lingkaran, busur, ellips, segi banyak, dan lain-lain.

Penggunaan konstruksi geometris dalam gambar teknik mesin dengan maksud agar hasil gambar yang didapat lebih baik. Pembuatan ellips yang dibuat dengan bantuan lingkaran hasilnya akan lebih akurat dan pantas dari pada yang dibuat dengan perkiraan saja. Untuk itulah seorang juru gambar harus menguasai cara pembuatan konstruksi geometris ini.

a. Garis tegak lurus

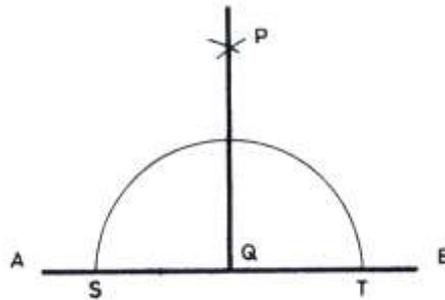
Gambar 10 di bawah ini, memperlihatkan cara membagi garis lurus menjadi dua sama panjang. Caranya adalah buat garis lurus AB, kemudian dari titik A lingkarkan jari-jari sembarang di atas dan di bawah garis AB. Dengan cara yang sama juga dari titik B dilingkarkan jari-jari yang sama sehingga memotong di titik C dan D. Hubungkan kedua titik itu sehingga memotong garis AB di titik F. Panjang garis AF dan FB sama panjang.



Gambar 10. Membagi garis lurus menjadi dua sama panjang

Gambar 11 di bawah ini, memperlihatkan cara membuat garis tegak (siku) pada sebuah garis lurus. Caranya pada sebuah garis lurus AB dari titik Q buat busur ST, kemudian dari titik S lingkarkan jari-jari sembarangan ke atas.

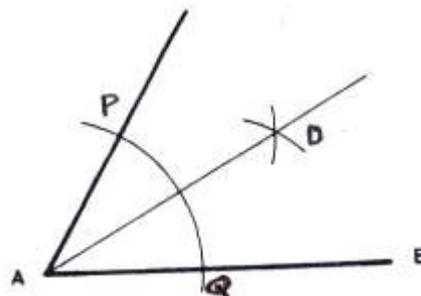
Dengan cara yang sama lingkarkan jari-jari tersebut dari titik T sehingga memotong di titik P. Hubungkan titik P dan Q. Garis PQ tegak lurus AB.



Gambar 11. Garis tegak pada garis lurus

b. Membagi Sudut

Gambar 12 di bawah ini, memperlihatkan cara membagi sebuah sudut menjadi sama besar. Caranya ialah dari titik A lingkarkan jari-jari sembarang sehingga memotong kedua kaki sudut di titik P dan Q, kemudian dari titik P lingkarkan jari-jari tadi di tengah-tengah sudut. Dengan cara yang sama dari titik Q lingkarkan jari-jari sehingga berpotongan di titik D. Hubungkan titik A ke D. Sudut ABD sama besar dengan sudut ADC.

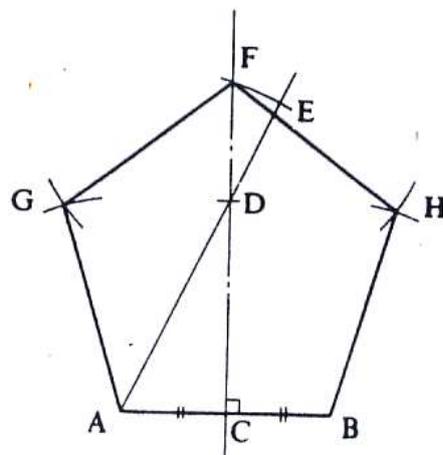


Gambar 12. Membagi sudut sama besar

c. Membuat Segi Lima

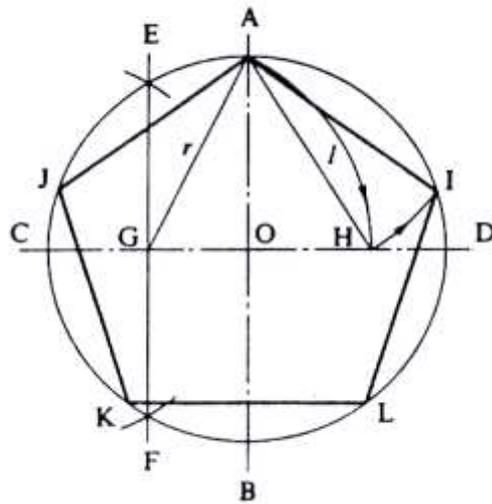
Gambar 13 di bawah ini, memperlihatkan cara pembuatan segi lima dengan salah satu sisinya diketahui. Caranya pada sisi AB yang diketahui dibagi

dua dan dibuat garis tegak lurus CD dengan melingkarkan jari-jari sepanjang AB dari titik A dan B sehingga didapat titik D. Dari titik A dibuat garis melalui titik D. Dari titik D lingkarkan jari-jari DE yang panjangnya $\frac{1}{2} AB$, sehingga memotong perpanjangan garis CD di titik F. Lingkarkan jari-jari sepanjang sisi AB dari titik A, B, dan F, sehingga berpotongan di titik G dan H. Hubungkan titik A ke G, G ke F, serta F ke H, dan H ke B. Didapat segi lima ABHFG yang mempunyai sisi sama panjang.



Gambar 13. Segi lima dengan salah satu sisinya diketahui

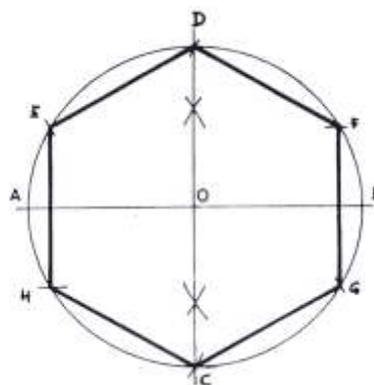
Gambar 14 memperlihatkan pembuatan segi lima di dalam sebuah lingkaran. Caranya buat sumbu AB dan CD melalui titik O. Bagi sama panjang CO, dengan cara melingkarkan jari-jari dari titik C dan O atas dan bawah didapatkan titik E dan F. Hubungkan titik E dan F, sehingga didapatkan titik G. Dari titik G lingkarkan jari-jari $r = GA$ didapatkan titik H. Dari titik A lingkarkan jari-jari $l = AH$, sehingga didapatkan titik I dan J. Dari titik I lingkarkan jari-jari l didapat titik L, dan dari titik J didapatkan titik K, hubungkan garis dari titik A ke J, J ke L, L ke I, dan I ke A, sehingga didapat segilima beraturan AJKLI.



Gambar 14. Segi lima di dalam sebuah lingkaran

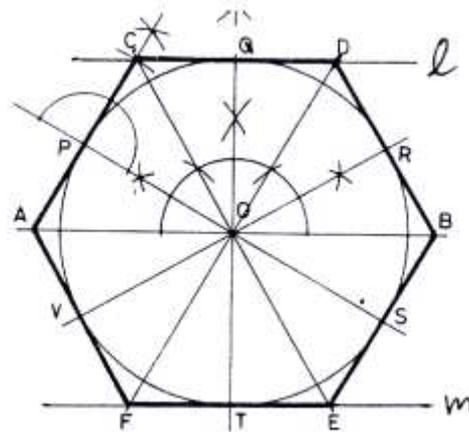
d. Membuat Segi Enam

Gambar 15 memperlihatkan pembuatan segi enam di dalam sebuah lingkaran. Caranya ialah setelah membuat lingkaran, kemudian dengan tidak mengubah jari-jari lingkaran dari titik D dan C dilingkarkan kembali jari-jari tersebut sehingga memotong di titik E dan F, juga G dan H. Hubungkan titik-titik D, E, G, C, G, F, dan D dengan garis lurus sehingga saling menutup membentuk segi enam beraturan.



Gambar 15. Segi enam di dalam lingkaran

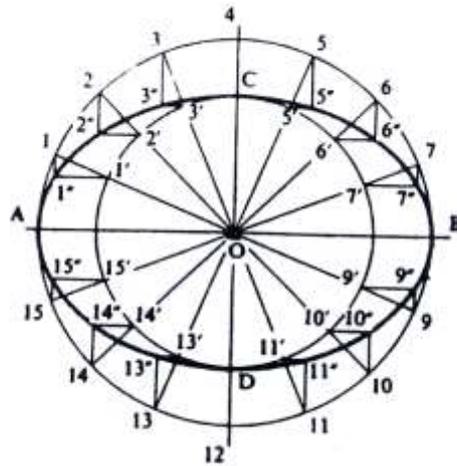
Gambar 16 memperlihatkan cara pembuatan segi enam di luar lingkaran. Caranya adalah buat garis sejajar sumbu AB l dan m sehingga menyinggung lingkaran dititik Q dan T. Dari titik pusat O buat sudut 30^0 membentuk sudut COQ dan QOD. Buat garis CE dan DF melalui titik pusat O. Hubungkan titik C dan D, serta titik F dan E sehingga terbentuk garis CD dan FE. Buat garis CA, FA, DB, dan EB yang menyinggung lingkaran di titik P, V, S, dan R. Terbentuk segi enam ACDBEF yang terletak di luar lingkaran.



Gambar 16. Segi enam di luar lingkaran

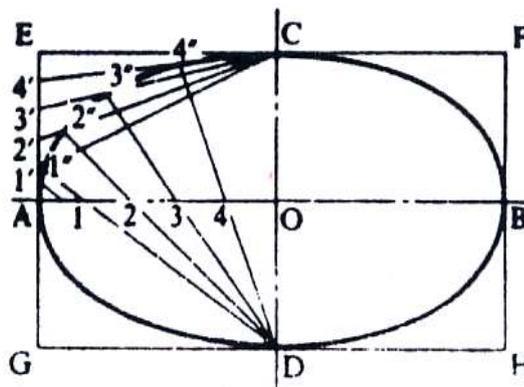
e. Membuat Ellips

Gambar 17 memperlihatkan pembuatan ellips dengan menggunakan dua lingkaran. Caranya adalah buat dua buah lingkaran dengan jari-jari yang berbeda dari pusat sumbu yang sama. Bagilah lingkaran dengan sudut yang sama, kemudian buat garis radial yang memotong kedua lingkaran di titik 1, 2, 3, dstnya, juga 1', 2', 3', dstnya. Tariklah dari titik 1, 2, 3 dstnya garis sejajar sumbu tegak, demikian juga dari titik 1', 2', 3' dstnya garis sejajar sumbu datar, sehingga berpotongan di titik 1'', 2'', 3'', dstnya. Dari titik 1'', 2'', 3''... sampai titik 15'' dihubungkan dengan garis. Terbentuklah ellips yang diinginkan.



Gambar 17. Menggambar ellips dengan bantuan dua lingkaran

Gambar 18 memperlihatkan pembuatan ellips dengan bantuan segi empat. Caranya adalah buat segi empat dengan sumbu-sumbunya. Pada sumbu OA bagilah menjadi sama panjang dan diberi notasi 1, 2, 3, dan 4. Dengan cara yang sama pada sisi AE dibagi menjadi sama panjang dan diberi notasi 1', 2', 3', dan 4'. Buat garis lurus dari titik C, sehingga mengenai garis AE di titik 1', 2', 3', dan 4'. Dari titik D buat garis lurus melalui titik 1, 2, 3, dan 4, sehingga memotong di titik 1'', 2'', 3'', dan 4''. Hubungkan titik 1'', 2'', 3'', dan 4''. Dengan cara yang sama pada sisi yang lain dapat dibuat, sehingga akan terbentuk ellips seperti terlihat pada gambar.



Gambar 18. Menggambar ellips dengan bantuan segi empat.

BAB II

GAMBAR PROYEKSI

Tujuan

Setelah mempelajari bahan dalam bab ini, seharusnya Anda dapat:

1. Membaca dan membuat gambar proyeksi sistem Amerika.
2. Membaca dan membuat gambar proyeksi sistem Eropah.
3. Membedakan gambar proyeksi sistem Amerika dan Eropah.

2.1 Pandangan Dalam Gambar Teknik Mesin

Pada industri permesinan, gambar yang dibuat untuk diserahkan pada pekerja/teknisi pelaksana di bengkel, haruslah dibuat dalam keadaan yang memudahkan untuk dibaca dan diinterpretasikan. Agar dapat dibaca oleh orang lain, maka gambar harus dibuat dengan memberikan pandangan yang cukup. Pandangan yang cukup disini artinya tidak kurang dan juga tidak berlebihan. Pandangan gambar yang kurang akan menyebabkan kesulitan dalam menginterpretasikan maksud gambar, demikian pula gambar yang berlebihan dalam pandangan akan menyebabkan gambar menjadi rumit, sehingga kesannya semrawut dan gambarnya menjadi tumpang tindih (*over lap*). Untuk itu jumlah pandangan harus dibatasi seperlunya, tetapi harus dapat memberi kesimpulan bentuk benda secara lengkap.

Dalam menyajikan pandangan gambar sebuah benda, pandangan depan adalah merupakan yang pokok, sedangkan pandangan yang lain berfungsi hanya untuk memperjelas. Dengan demikian andaikata dimungkinkan cukup pandangan depan saja, maka tidak perlu dibuat pandangan yang lain, asal gambar telah memberikan pandangan yang lengkap, yang dapat memberikan satu kesimpulan mengenai bentuk dan ukuran-ukuran bagian alat yang akan dibuat.

Agar dapat membuat pandangan gambar yang baik yaitu pandangan yang tidak berlebihan atau kurang, maka berikut ini diberikan beberapa ketentuan umum untuk memilih pandangan.

- (a). Jangan menggambar pandangan lebih dari yang diperlukan untuk melukis benda.
- (b). Pilihlah pandangan yang sekiranya dapat memperlihatkan bentuk benda yang paling baik.
- (c). Utamakanlah pandangan dengan garis yang tidak kelihatan yang paling sedikit.
- (d). Pandangan sebelah kanan lebih utama dari pandangan sebelah kiri, kecuali kalau pandangan kiri memberi keterangan yang lebih banyak.
- (e). Pandangan atas lebih utama dari pandangan bawah, kecuali kalau pandangan bawah memberi keterangan yang lebih banyak.
- (f). Pilihlah pandangan yang sekiranya dapat mengisi ruang gambar sebaik-baiknya.

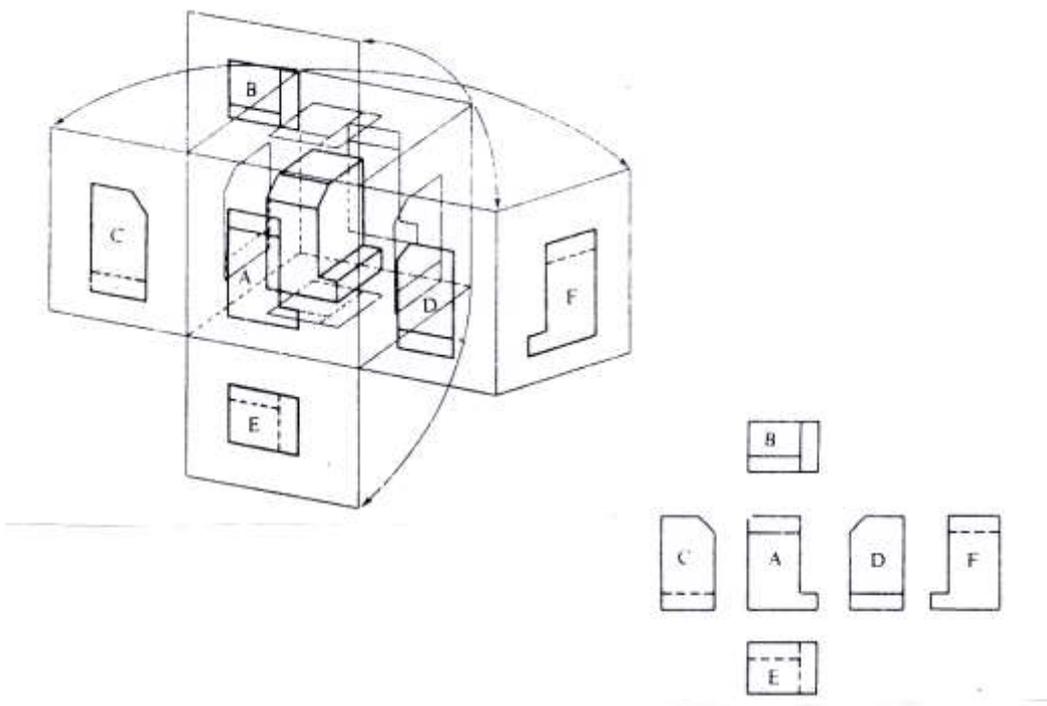
Pandangan dalam gambar teknik mesin kebanyakan divisualisasikan dengan menggunakan proyeksi lurus. Ada dua cara untuk menggambar proyeksi lurus, yaitu proyeksi sistem Amerika (*Third Angle Projection*) dan proyeksi sistem Eropah (*First Angle Projection*). Secara lengkap kedua proyeksi ini mempunyai enam pandangan: pandangan depan, pandangan atas, pandangan samping kanan, pandangan samping kiri, pandangan bawah dan pandangan belakang.

Seperti telah dijelaskan di atas dalam penyajiannya tidak semua pandangan ini ditampilkan. Beberapa pandangan saja mungkin sudah mencukupi, seandainya obyek yang digambar tidak kompleks bisa menggunakan tiga pandangan. Untuk menyajikan gambar yang sederhana, satu atau dua pandangan gambar acapkali sudah memadai.

2.2 Gambar Proyeksi Sistem Amerika

Pada proyeksi sistem Amerika (*Third Angle Projection* = Proyeksi Sudut Ketiga), bidang proyeksi terletak diantara benda dengan penglihat yang berada di

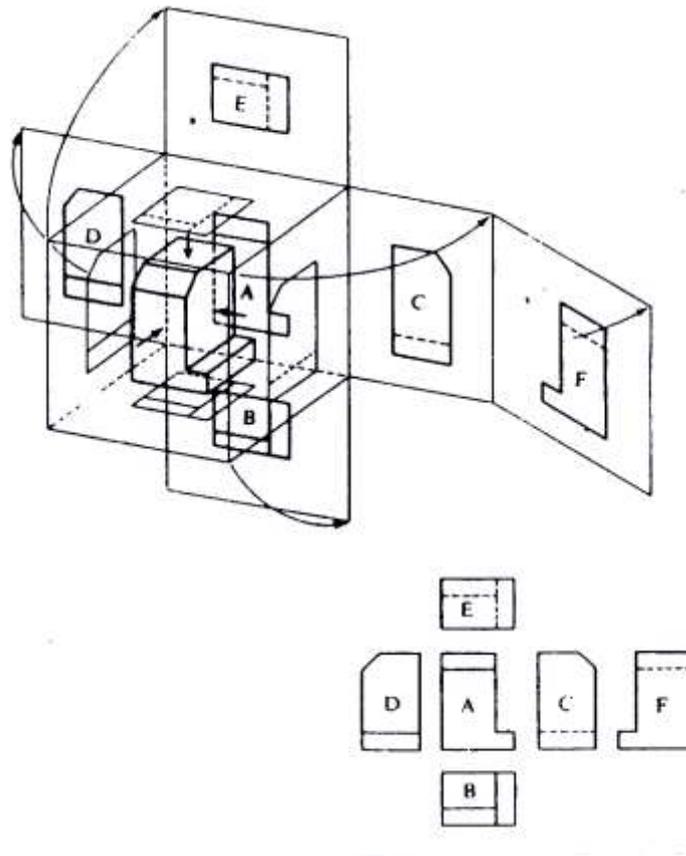
luar. Untuk memproyeksikan benda pada bidang proyeksi, seolah-olah benda ditarik ke bidang proyeksi. Dengan demikian kalau bidang-bidang proyeksi dibuka, maka pandangan depan akan terletak di depan, pandangan atas terletak di atas, pandangan samping kanan terletak di samping kanan, pandangan samping kiri terletak di samping kiri, pandangan bawah terletak di bawah, dan pandangan belakang terletak di sebelah kanan samping kanan (lihat Gambar 19).



Gambar 19. Proyeksi sistem Amerika

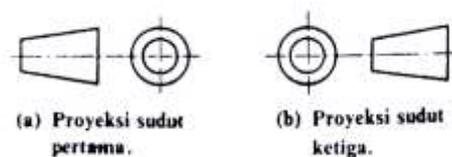
2.2 Gambar Proyeksi Sistem Eropa

Pada proyeksi sistem Eropa (*First Angle Projection* = Proyeksi Sudut Pertama), benda terletak di dalam kubus diantara bidang proyeksi dan penglihat. Untuk memproyeksikan benda seolah-olah benda tersebut di dorong menuju bidang proyeksi. Dengan demikian jika bidang proyeksi di buka, maka pandangan depan tetap, pandangan samping kanan terletak di sebelah kiri, pandangan samping kiri terletak di sebelah kanan, pandangan atas terletak di sebelah bawah, pandangan bawah terletak di atas, dan pandangan belakang terletak di sebelah kanan pandangan samping kiri (lihat Gambar 20).



Gambar 20. Proyeksi Sistem Eropa

Dari kedua proyeksi yang telah dijelaskan di atas, nampak bahwa proyeksi sistem Amerika (*Third Angle Projection* = Proyeksi Sudut Ketiga) penggunaannya lebih rasional dan mudah dipahami. Atas dasar itulah proyeksi sistem Amerika pemakaiannya lebih luas dibandingkan dengan sistem Eropa. Negara-negara pantai laut Pasifik, seperti USA dan Canada, juga Jepang, Korea Selatan, Australia, dan juga Indonesia menggunakan proyeksi sistem Amerika. Untuk menunjukkan penggunaan dari kedua proyeksi tersebut dapat dilihat dari lambang proyeksi seperti terlihat pada Gambar 21 di bawah ini.



Gambar 21. Lambang penunjukkan proyeksi

BAB III

GAMBAR PERSPEKTIF

Tujuan

Setelah mempelajari bahan dalam bab ini, seharusnya Anda dapat:

1. Menerangkan jenis-jenis gambar perspektif.
2. Membaca dan Membuat berbagai gambar perspektif.
3. Menyusun gambar proyeksi menjadi gambar perspektif.
4. Mendesain gambar perspektif benda kerja.

3.1 Peran Gambar Perspektif

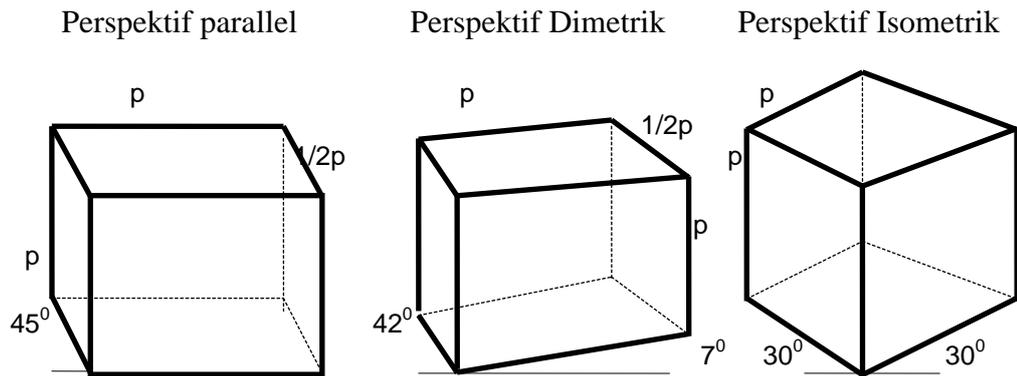
Dalam pelaksanaan pekerjaan kadang-kadang teknisi atau perencana sering ingin mendapatkan gambaran dari bentuk benda kerja yang dibuat. Untuk keperluan ini, maka perlu adanya sket gambar tiga dimensi yang berupa gambar perspektif. Digunakannya perspektif untuk menggambarkan benda kerja, karena gambar perspektif ini dapat menggambarkan bentuk yang serupa dengan benda kerja.

Untuk mendapatkan sket gambar perspektif yang baik, maka menggambarinya harus dilakukan sebaik mungkin, sejelas mungkin, dan perbandingan tebal garis harus tetap dijaga, harus sama, tidak diperbolehkan pada satu garis tebalnya tidak sama. Atas dasar itu maka dalam menarik garis gambar usahakan hanya sekali saja, jangan berulang-ulang, sebab pengulangan penarikan garis gambar akan menyebabkan tebal garis yang berbeda.

3.2 Bentuk-Bentuk Gambar Perspektif

Apabila akan membuat sket gambar perspektif dari gambar proyeksi atau melihat obyek benda langsung, untuk membantunya bisa diawali dengan menggunakan sebuah segi empat persegi panjang atau kubus. Ada tiga macam bentuk persegi panjang atau kubus yang dipergunakan sebagai gambar dasar

dalam membuat perspektif, yaitu: perspektif parallel, perspektif dimetrik, dan perspektif isometrik. Bentuk dari masing-masing perspektif tersebut adalah seperti terlihat pada Gambar 22.



Gambar 22. Bentuk-bentuk perspektif

BAB IV

UKURAN GAMBAR

Tujuan

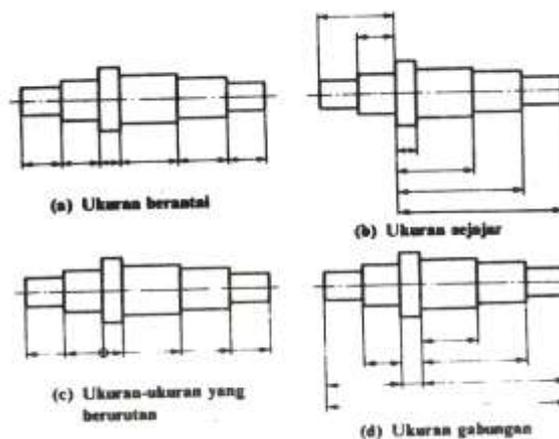
Setelah mempelajari bahan dalam bab ini, seharusnya Anda dapat:

1. Mengidentifikasi macam-macam cara pemberian ukuran.
2. Meletakkan pemberian ukuran yang benar pada gambar.
3. Memodifikasi pemberian ukuran pada gambar teknik.
4. Membedakan pemberian ukuran pada bagian dalam dan luar.
5. Membaca dan menafsirkan ukuran-ukuran yang ada pada gambar kerja.

4.1 Macam-Macam Cara Pemberian Ukuran

Untuk menunjukkan panjang, lebar, tinggi atau diameter benda, maka pada gambar dicantumkan ukurannya. Ukuran yang tercantum ini bisa yang sesungguhnya, tetapi jika benda yang digambar diperbesar atau diperkecil, maka dapat menggunakan skala. Pemberian ukuran pada gambar mesin tidak bisa dibuat sembarangan melainkan mengikuti aturan-aturan yang sudah ditetapkan.

Penyusunan ukuran pada gambar kerja, dapat dilakukan dengan beberapa macam cara ukuran, yaitu: ukuran berantai, ukuran sejajar, ukuran berurutan dan ukuran gabungan (lihat Gambar 23).

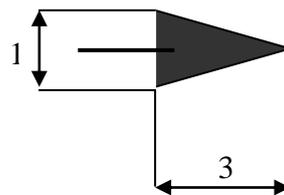


Gambar 23. Macam-macam cara pemberian ukuran

4.2 Aturan Memberi Ukuran

Penempatan angka ukuran pada gambar kerja mengikuti prosedur sebagai berikut: dilakukan 1 mm di atas garis ukur, ditengah-tengah dan teratur, angka dan garis ukuran harus terbaca baik horisontal maupun vertikal, ukuran-ukuran kecil (di bawah 10 mm) tanda panahnya ditempatkan di luar arah ukur dan ukurannya dicantumkan di atas atau disamping tanda panah ukuran, serta pengukuran dimulai dari basis yang terkecil hingga yang terbesar. Semua ukuran dalam gambar teknik mesin dalam satuan mm, dan tidak perlu dicantumkan satuannya, apabila ukuran dalam satuan yang lain, maka satuannya dicantumkan (misal inchi).

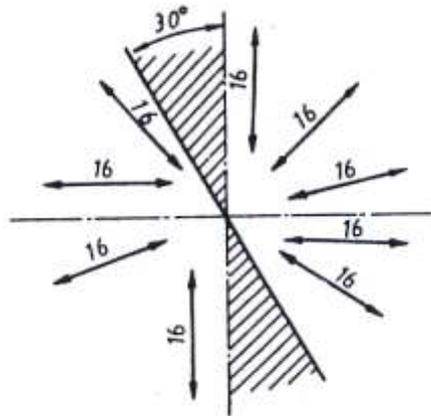
Untuk membatasi bagian yang diberi ukuran pada ujung garis ukurnya diberi anak panah. Perbandingan ukuran panjang dan lebar anak panah adalah 3 : 1 dan dihitamkan (lihat Gambar 24). Jika jarak antara dua garis lebih kecil dari 7 mm, garis ukuran pada kedua sisinya diperpanjang kemudian gambar panahnya diberikan sebelah luar, sedangkan untuk ukuran yang saling rapat dapat digunakan titik sebagai pengganti anak panah.



Gambar 24. Tanda anak panah

Untuk menulis ukuran-ukuran pada gambar kerja dilakukan sebagai berikut: gambarlah angka-angka ukuran dengan jelas, angka-angka ukuran digambarkan sedemikian, sehingga dapat dibaca dari sebelah bawah dan kanan dari gambar, dan ukuran ditempatkan sedemikian di mana bentuk atau profil dari potongan kerja diperlihatkan paling jelas.

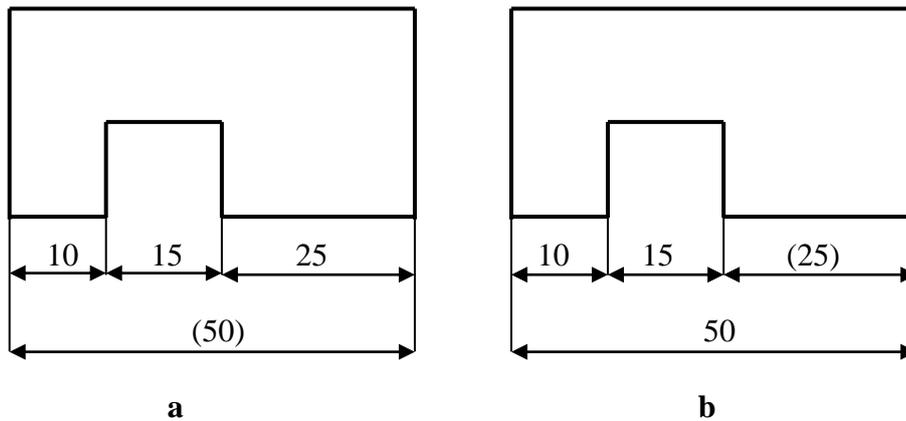
Untuk angka ukuran yang tidak horisontal maupun vertikal, penempatannya diatur sedemikian sesuai dengan garis ukurnya. Ada daerah-daerah yang sebaiknya dihindari untuk penempatan angka ukuran, yaitu pada daerah 30° sebelah kiri bagian atas garis vertikal dan 30° bagian sebelah kanan garis vertikal bawah, pada Gambar 25 adalah daerah yang diarsir.



Gambar 25. Penempatan angka ukuran pada bentuk miring

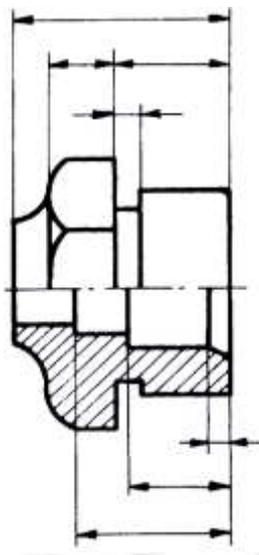
Adanya ukuran pada gambar yang dibuat sesuai dengan aturan akan memperjelas bagi pembaca gambar tentang benda yang sebenarnya, tetapi ada kalanya ukuran yang berlebihan justru akan membingungkan. Untuk itu penunjukkan ukuran sebaiknya tidak berulang-ulang (hanya sekali).

Pada gambar, penunjukkan ukuran seluruhnya seharusnya diberikan agar mempermudah dalam menentukan kebutuhan bahan dari benda yang dibuat oleh pekerja. Ukuran seluruhnya (jumlah) bisa menjadi ukuran pembantu, tetapi bisa juga menjadi ukuran yang penting. Pada Gambar 26 diperlihatkan di mana pada gambar a menunjukkan ukuran jumlah sebagai ukuran pembantu, sedangkan pada gambar b menunjukkan ukuran jumlah sebagai ukuran penting (pokok). Di dalam penunjukannya ukuran pembantu ditulis di dalam kurung.



Gambar 26. Ukuran seluruhnya sebagai ukuran bantu dan pokok

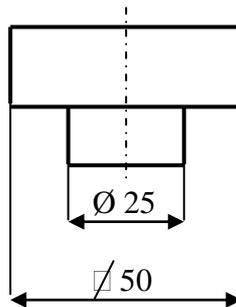
Pada gambar yang ditunjukkan bagian dalamnya, pemberian ukuran dipisahkan antara bagian luar dan bagian dalamnya. Untuk itu apabila ukuran bagian luar ditempatkan bagian atas, maka ukuran bagian dalam ditempatkan pada bagian bawah, demikian sebaliknya (lihat Gambar 27).



Gambar 27. Penempatan ukuran bagian luar dan dalam

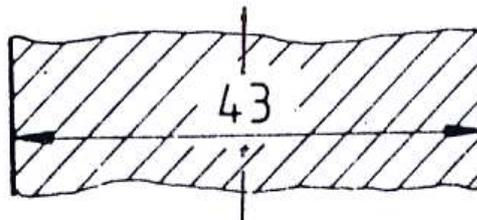
Ukuran untuk bagian yang berbentuk bulat, segi empat, dan sebagainya, apabila tidak dibuat gambar pandangan samping, atas atau bawah, maka pada

pengukurannya perlu diberi lambang untuk bagian permukaan tersebut, dengan \emptyset dan ∇ . Gambar 28 menunjukkan penulisan ukuran lambang-lambang tersebut.



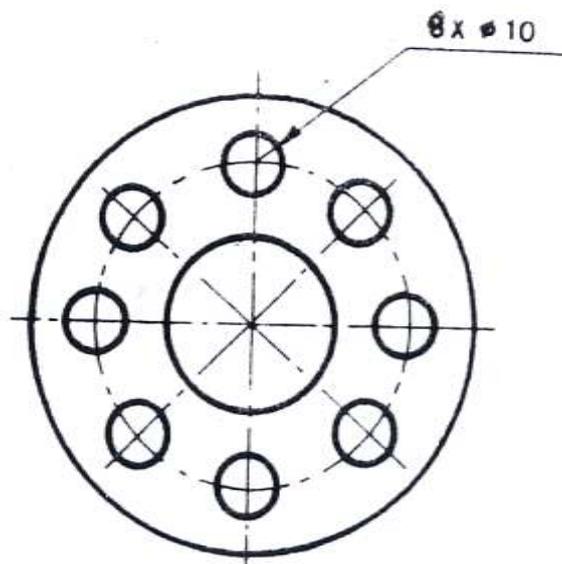
Gambar 28. Ukuran dengan lambang bulat dan segi empat

Angka-angka ukuran pada sumbu dan arsiran tidak boleh terpotong. Sumbu dan arsir dihilangkan pada angka ukuran yang dimaksud (lihat Gambar 29 di bawah ini).



Gambar 29. Angka ukuran dalam arsir

Penulisan ukuran yang sama, bisa dibuat satu dengan mencantumkan jumlah, kemudian ditulis ukurannya. Misal ada lubang yang berdiameter 10 mm dan jumlahnya 8 buah, maka penulisan ukurannya dapat dilakukan seperti terlihat pada Gambar 30 di bawah ini.



Gambar 30. Penulisan ukuran lubang dengan diameter sama

BAB V

GAMBAR POTONGAN

Tujuan

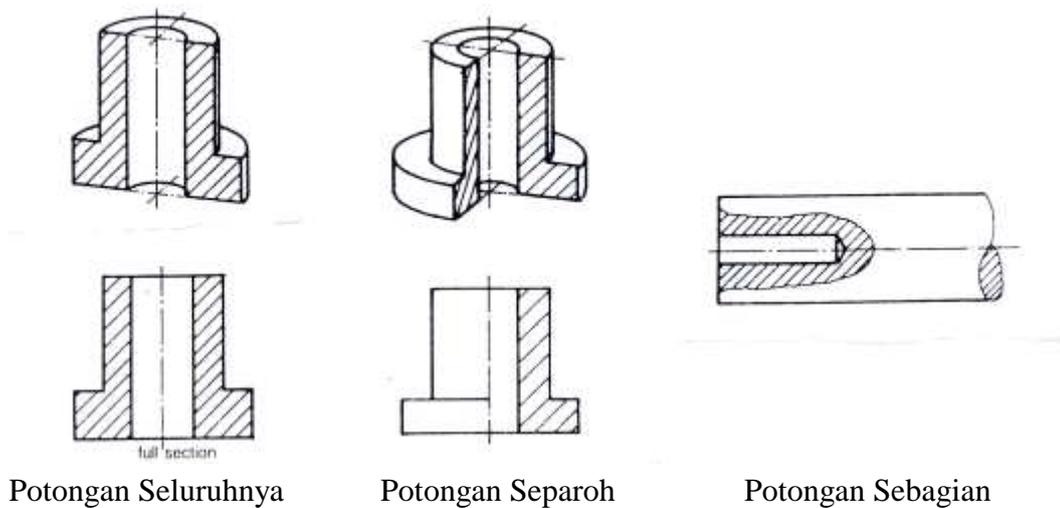
Setelah mempelajari bahan dalam bab ini, seharusnya Anda dapat:

1. Menunjukkan macam-macam penyajian potongan.
2. Mendemonstrasikan cara menggambar potongan.
3. Mengklarifikasi gambar benda yang tidak boleh dipotong.
4. Mendesain gambar beberapa benda yang dipotong.

5.1 Macam- Macam Gambar Potongan

Penggunaan garis strip-strip (gores) untuk melukiskan bagian benda yang tidak terlihat dalam jumlah yang sedikit memang bisa membantu para pembaca gambar, tetapi bila bagian yang tidak terlihat banyak akan membingungkan. Untuk menghindari kebingungan dan memperjelas bagian dalam suatu benda yang akan digambar dipergunakan gambar potongan (*sectional views*).

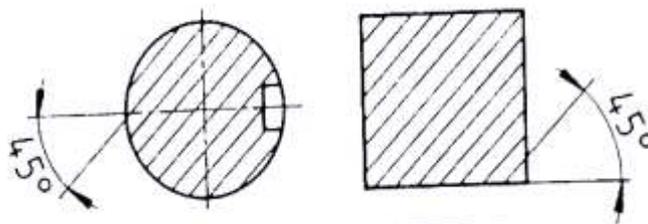
Untuk memperlihatkan bagian dalam suatu benda dengan menggunakan gambar potongan dapat dilakukan dengan potongan seluruhnya, potongan separoh dan potongan sebagian disesuaikan dengan kadar kebutuhan dari bagian dalam yang akan diperlihatkan (lihat Gambar 31). Memang penggunaan gambar potongan seluruhnya akan lebih memperlihatkan bagian dalam, tetapi dalam hal-hal tertentu justru akan mubazir terutama dalam penggunaan waktu menggambar, seperti benda kerja yang simetris, maka gambar potongannya cukup separoh atau sebagian saja tidak perlu seluruhnya.



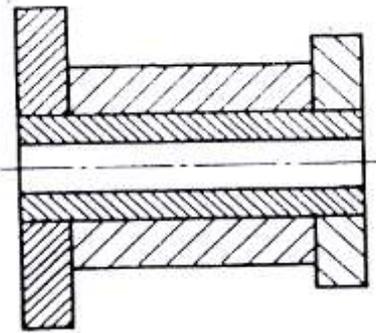
Gambar 31. Macam-macam potongan

5.2 Cara Menggambar Potongan

Bagian dalam yang mendapat potongan perlu dibedakan dengan bagian luar yang tidak dipotong. Untuk itu seluruh bagian yang dipotong diarsir dengan sudut 45° terhadap garis sumbu atau garis gambar (lihat Gambar 32). Jarak garis arsir yang dibuat disesuaikan dengan besarnya gambar dan jaraknya sama antara satu sama lainnya. Gambar susunan benda kerja yang menjadi satu, potongannya ditunjukkan dengan arsiran yang berbeda arah (lihat Gambar 33), sedangkan potongan dari satu benda harus diarsir dengan arah yang sama. Untuk benda yang tipis gambar potongannya ditunjukkan tidak dengan arsir, tetapi cukup ditebalkan dengan warna hitam (lihat Gambar 34).

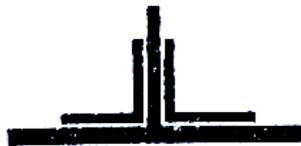


Gambar 32. Arsir untuk penunjukkan potongan



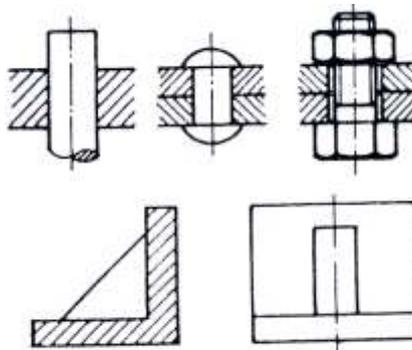
Gambar 33. Arsir berbeda untuk gambar susunan

Untuk penampang yang tipis, seperti benda yang terbuat dari plat, baja profil, dan paking dapat digambar dengan garis tebal (dihitamkan), sedangkan daerah yang dihitamkan dari beberapa penampang yang berbeda dipisahkan (diberi jarak) sedikit (lihat Gambar 34).



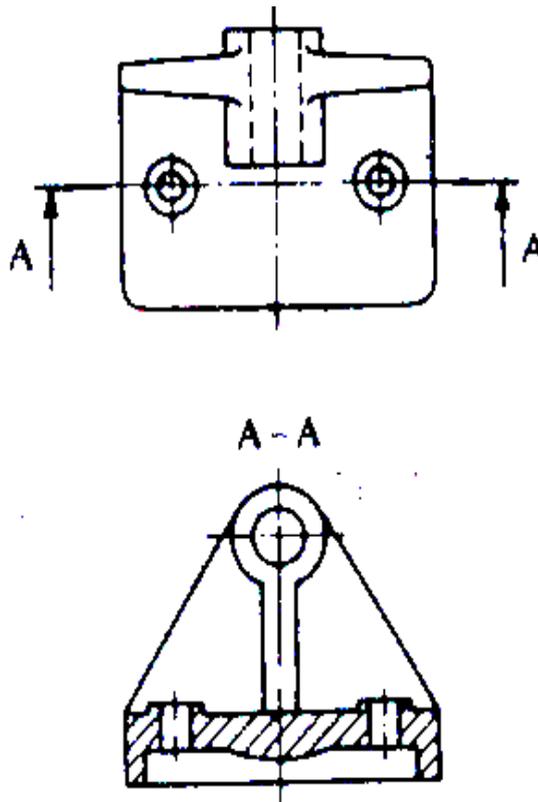
Gambar 34. Arsir hitam untuk benda tipis

Gambar potongan memang dapat membantu untuk menjelaskan bentuk bagian dalam yang tidak terlihat dan ukuran-ukurannya, namun demikian ternyata tidak semua benda dapat dipotong. Bagian-bagian benda seperti baut, paku keling, pasak, poros, dan sirip tidak boleh dipotong (lihat Gambar 35).



Gambar 35. Benda-benda yang tidak boleh dipotong

Pemotongan pada suatu pandangan dilakukan dengan menggunakan garis potong, yaitu garis strip titik dengan ujung tebal dan diberi anak panah yang diberi huruf sama. Pada penunjukkan bagian yang dipotong ditulis huruf yang sama dengan pemotongannya (lihat Gambar 36).



Gambar 36. Penunjukkan pemotongan

BAB VI

TANDA Pengerjaan

Tujuan

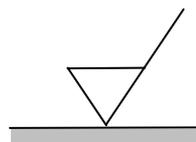
Setelah mempelajari bahan dalam bab ini, seharusnya Anda dapat:

1. Menyebutkan fungsi dari tanda pengerjaan.
2. Merencanakan berbagai tanda pengerjaan pada gambar kerja.
3. Mempergunakan tanda pengerjaan pada gambar kerja.

6.1 Fungsi Tanda Pengerjaan

Permukaan benda kerja memegang peran yang penting dalam perencanaan mesin, terutama untuk memperhitungkan gesekan, pelumasan, keausan, dan sebagainya. Untuk itu teknisi harus memenuhi syarat permukaan yang dikehendaki oleh perencana atau pemesan. Agar teknisi dapat memenuhi permukaan yang sesuai, maka karakteristik permukaan harus tercantum dalam gambar teknik mesin, sehingga teknisi bisa mengerti permukaan apa yang diinginkan.

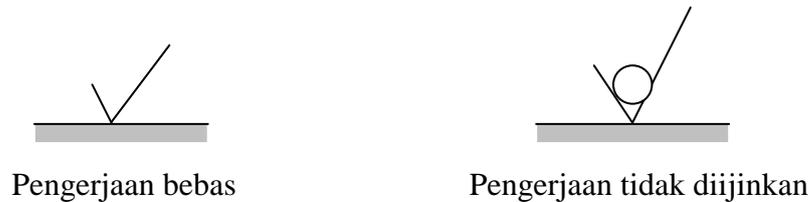
Untuk menghasilkan permukaan yang sesuai, maka pada gambar kerja perlu adanya tanda-tanda pengerjaan yang dinormalisasi yang diletakkan pada bagian-bagian dikehendaki permukaannya. Pelaksanaan penempatan tanda pengerjaan ini juga mengharuskan perpanjangan pada sebelah kanan sebagaimana gambar dibaca. Simbol dasar dari tanda pengerjaan ini terdiri dari dua garis dengan ketinggian yang tidak sama dengan perbandingan 1 : 2 yang membentuk sudut 60° satu sama lain (lihat Gambar 37).



Gambar 37. Simbol dasar tanda pengerjaan

Tidak semua permukaan benda dikerjakan dengan mesin. Ada kalanya karena sesuatu hal permukaan tersebut tidak dikerjakan, atau dibiarkan saja dan

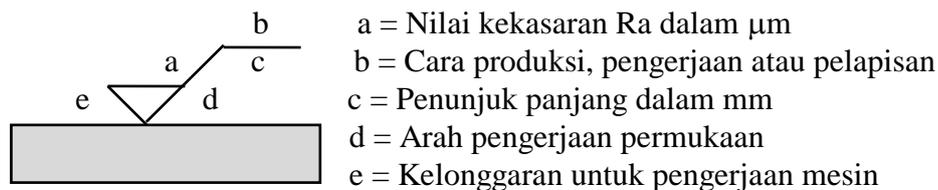
juga bisa permukaan tersebut tidak boleh dibuang, karena ukurannya sudah sangat pas. Konfigurasi permukaan yang bebas dikerjakan dengan mesin apapun dan permukaan yang tidak diijinkan untuk dikerjakan adalah seperti terlihat pada Gambar 37.



Gambar 37. Lambang pengerjaan bebas dan tidak dikerjakan

6.2 Penulisan Tanda Pengerjaan

Pengerjaan permukaan yang mendapat pengerjaan mesin harus dicantumkan dengan keterangan pada simbol dasar yang berbentuk segi tiga. Adapun pengembangan spesifikasi dari penulisan simbol yang telah diberi keterangan adalah seperti terlihat pada Gambar 38 di bawah ini.



Gambar 38. Simbol tanda pengerjaan dan keterangannya

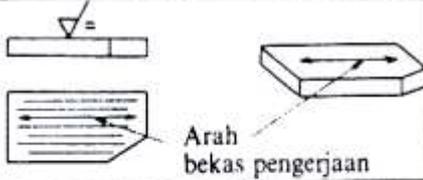
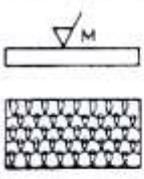
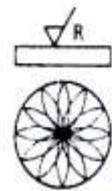
Arah pengerjaan permukaan benda kerja sangat tergantung pada selera dan kehalusan (kekasaran) yang diinginkan. Harga kekasaran dan kelas kekasaran untuk beberapa nilai adalah seperti terlihat pada Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Harga dan kelas kekasaran

Harga kekasaran (R_a) (μm)	Kelas kekasaran
0,025	N1
0,05	N2
0,1	N3
0,2	N4
0,4	N5
0,8	N6
1,6	N7
3,2	N8
6,3	N9
12,5	N10
25	N11
50	N12

Berkaitan dengan arah pengerjaan mesin, dibedakan menjadi enam bentuk arah. Adapun simbol simbol (lambang) arahnya adalah seperti terlihat pada Tabel 6 di bawah ini. Untuk nilai kelas kekasaran dari beberapa cara pengerjaan mesin adalah seperti terlihat pada Tabel 7.

Tabel 6. Lambang arah pengerjaan permukaan

Lambang	Pengertian
=	<p>Sejajar dengan bidang proyeksi, dari pandangan di mana lambangnya dipergunakan</p> 
⊥	<p>Tegak lurus pada bidang proyeksi, dari pandangan di mana lambangnya dipergunakan</p> 
X	<p>Saling berpotongan dalam dua arah miring relatif terhadap bidang proyeksi dari pandangan di mana lambangnya dipergunakan</p> 
M	<p>Dalam segala arah</p> 
C	<p>Kurang lebih bulat relatif terhadap titik pusat permukaan, terhadap mana lambangnya dipergunakan</p> 
R	<p>Kurang lebih radial relatif terhadap titik pusat permukaan, terhadap mana lambangnya dipergunakan</p> 

Tabel 7. Kategori kekasaran berdasarkan pengerjaan mesin

CARA Pengerjaan	KATEGORI KEKASARAN															
	N 12	N 11	N 10	N 9	N 8	N 7	N 6	N 5	N 4	N 3	N 2	N 1				
	Ra dalam μm															
	200	100	50	25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,05	0,025	0,012	0,006
Las potong	█															
Penggergajian																
Penggosokan kasar																
Pemotongan dengan gunting																
Penyemprotan pasir																
Penyemprotean peluru																
Bubutan kasar																
Bubutan halus																
Pengetaman																
Pengeburan																
Persingan																
Reameran																
Frais datar																
Frais tegak																
Peluasan lubang																
Skrapan																
Gerinda permukaan datar																
Gerinda bentuk silinder																
Pengasahan kasar																
Penyelesaian sangat halus																
Pengasahan rata																
Pengasahan putar																
Polesan																
Serutan percik																



 KASAR NORMAL HALUS

BAB VII

SIMBOL LAS

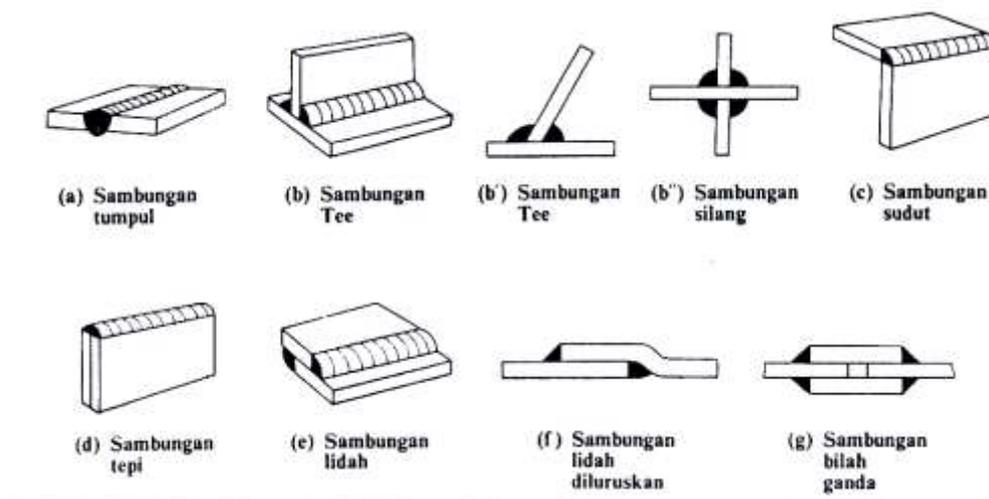
Tujuan

Setelah mempelajari bahan dalam bab ini, seharusnya Anda dapat:

1. Mengidentifikasi bentuk-bentuk sambungan las.
2. Menafsirkan bentuk alur las.
3. Membaca lambang las pada gambar kerja.
4. Menggunakan lambang-lambang las pada gambar kerja.

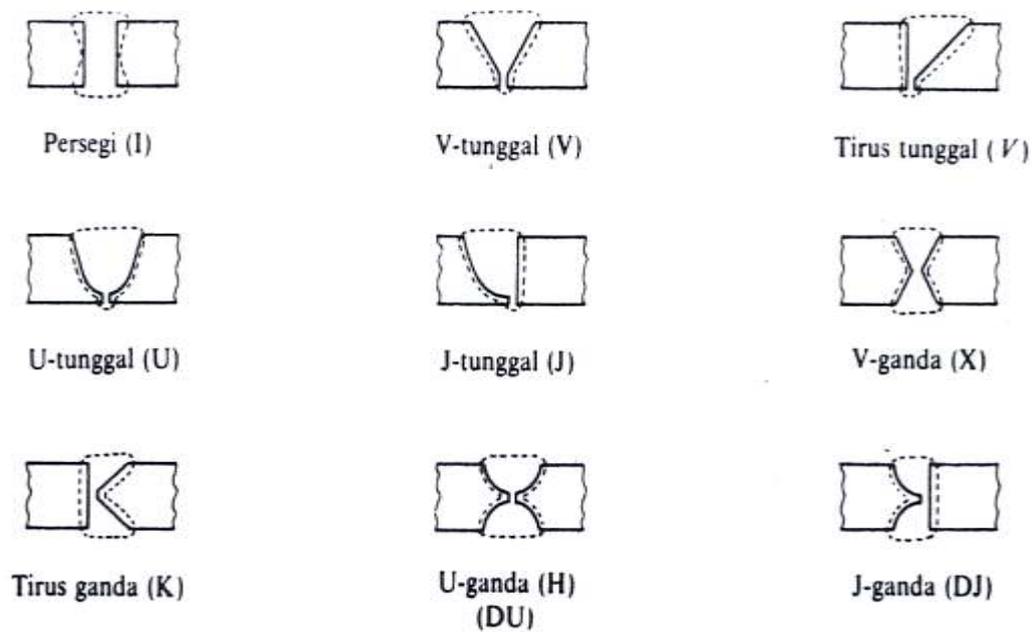
7.1 Bentuk Sambungan dan Alur Las

Sebagai alat penyambung yang bersifat permanen pada bagian-bagian mesin atau konstruksi, pengelasan merupakan sambungan yang lebih ringan dan kuat bila dibandingkan dengan sambungan paku keling. Kemajuan teknologi menyebabkan penggunaan penyambungan dengan las semakin luas dalam industri kecil maupun besar. Bentuk sambungan las dapat digolongkan seperti terlihat pada Gambar 39 di bawah ini.



Gambar 39. Bentuk sambungan las

Untuk mengisi cairan las pada benda yang akan disambung dibutuhkan alur las. Alur las inilah yang nantinya akan menyatukan benda-benda yang akan disambung. Bentuk alur las yang biasa digunakan pada sambungan las adalah seperti terlihat pada Gambar 40 di bawah ini.



Gambar 40. Bentuk-bentuk alur las

7.2 Lambang Las

Perencana maupun pemesan yang menginginkan suatu bentuk pengelasan tertentu pada tukang las harus menyampaikannya dalam bentuk gambar dan dilakukan dengan bentuk-bentuk lambang khusus untuk lebih menyederhanakan gambar. Bentuk lambang yang biasa digunakan baik untuk tunggal maupun ganda (dua sisi) adalah seperti terlihat pada Tabel 8 di bawah ini.

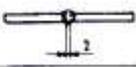
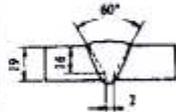
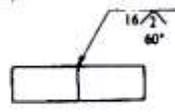
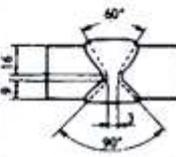
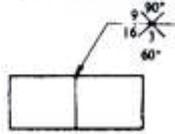
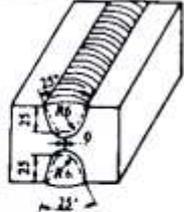
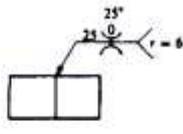
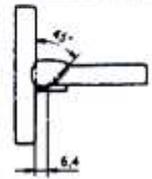
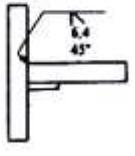
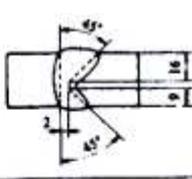
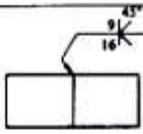
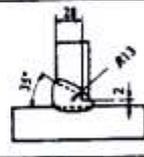
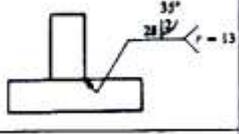
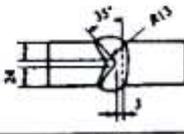
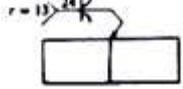
Tabel 8. Lambang-lambang las

Cara pengelasan	Golongan las dan lambang					
		Sisi jauh	Sisi dekat		Kedua sisi	
Alur las busur dan gas	Las alur	Jenis las flens ganda				
		Jenis las flens				
		Las I			Las I ganda	
		Las V			Las X	
		Las tirus			Las K	
		Las J			Las J ganda	
		Las U			Las H (las U ganda)	
		Las V			Las X	
	Las sudut	Las tirus			Las K	
		Kontinyu			Kontinyu (ganda)	
		Tidak Kontinyu			Tidak kontinyu (sejajar)	
					Tidak kontinyu (Zig-zag)	
		Sumbat & Celah				
		Kancing				
	Las timbul					
Las tahanan	Titik					
	Proyeksi					
	Kampuh					
	Flash atau Upset					

Catatan: Sebuah garis horizontal tipis menunjukkan kedudukan garis dasar.

Untuk menjelaskan penggunaan dari lambang-lambang las di atas, berikut ini disajikan beberapa contoh penggunaannya. Tabel 9 menyajikan penggunaan lambang-lambang las tersebut.

Tabel 9. Contoh penggunaan lambang-lambang las

Sambungan las			Benda	Penunjukan
Las alur persegi	Celah akar	2 mm		
Las alur V	Tebal Dalam alur Sudut alur Celah akar	19 mm 16 mm 60° 2 mm		
Las alur V ganda	Dalam alur Sisi panah Sisi sebelah Sudut alur Sisi panah Sisi sebelah Celah akar	16 mm 9 mm 60° 90° 3 mm		
Las alur U ganda	Dalam alur Sudut alur Jari-jari alur Celah akar	25 mm 25° 6 mm 0 mm		
Las alur tirus	Dengan bilah Sambungan T Sudut alur Celah akar	45° 6,4 mm		
Las alur tirus ganda	Sisi panah Dalam alur Sudut alur Sisi sebelah Dalam alur Sudut alur Celah akar	16 mm 45° 9 mm 45° 2 mm		
Las alur J ganda	Dalam alur Sudut alur Jari-jari Celah akar	28 mm 35° 13 mm 2 mm		
Las alur J-ganda	Dalam alur Sudut alur Jari-jari Celah akar	24 mm 35° 13 mm 3 mm		

BAB VIII

GAMBAR MUR BAUT

Tujuan

Setelah mempelajari bahan dalam bab ini, seharusnya Anda dapat:

1. Menjelaskan perbedaan gambar ulir luar (baut) dan ulir dalam (mur).
2. Menggambar ulir luar dan ulir dalam.
3. Menghitung dimensi mur-baut.
4. Mendesain gambar mur-baut.

8.1 Ulir Luar dan Ulir Dalam

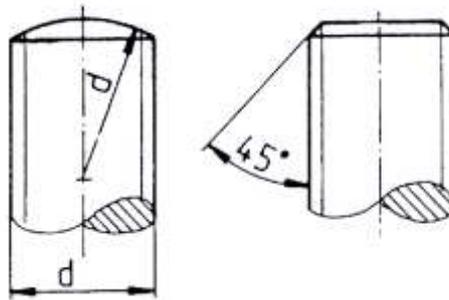
Dalam gambar teknik mesin hampir setiap saat selalu ada gambar ulir. Untuk itu juru gambar dan teknisi yang ada di industri harus mempunyai pengetahuan yang cukup mengenai tipe dan penggunaan ulir serta metode yang tepat untuk menggambarannya, karena seringkali muncul ulir sekrup serta alat pengencang itu dalam konstruksi dan dalam mesin.

Untuk menggambar ulir yang sederhana diameter luar ulir digambar dengan garis tebal dan diameter dalamnya dengan garis tipis untuk gambar ulir luar (batangnya), sedangkan untuk ulir dalam (lubangnya) adalah sebaliknya. Pada ulir luar untuk pandangan depannya, diameter dalam ulir digambar $\frac{3}{4}$ lingkaran, sedangkan $\frac{1}{4}$ lingkaran bagian dikosongkan menggunakan garis tipis, penempatannya di sebelah kiri bawah. Untuk ulir dalam, pandangan depan diameter luar ulir digambar $\frac{3}{4}$ lingkaran, sedangkan $\frac{1}{4}$ lingkaran bagian luar dikosongkan, garisnya tipis, penempatannya disebelah kiri atas. Gambar 41 memperlihatkan perbedaan penggambaran untuk ulir luar dan ulir dalam.



Gambar 41. Penggambaran ulir luar dan dalam

Ada dua cara untuk menggambar ujung baut, yaitu model lengkungan dan kerucut (Champer). Untuk ujung melengkung, jari-jarinya sama dengan diameter luar baut, sedangkan untuk model kerucut dichamper 45° (lihat Gambar 42).



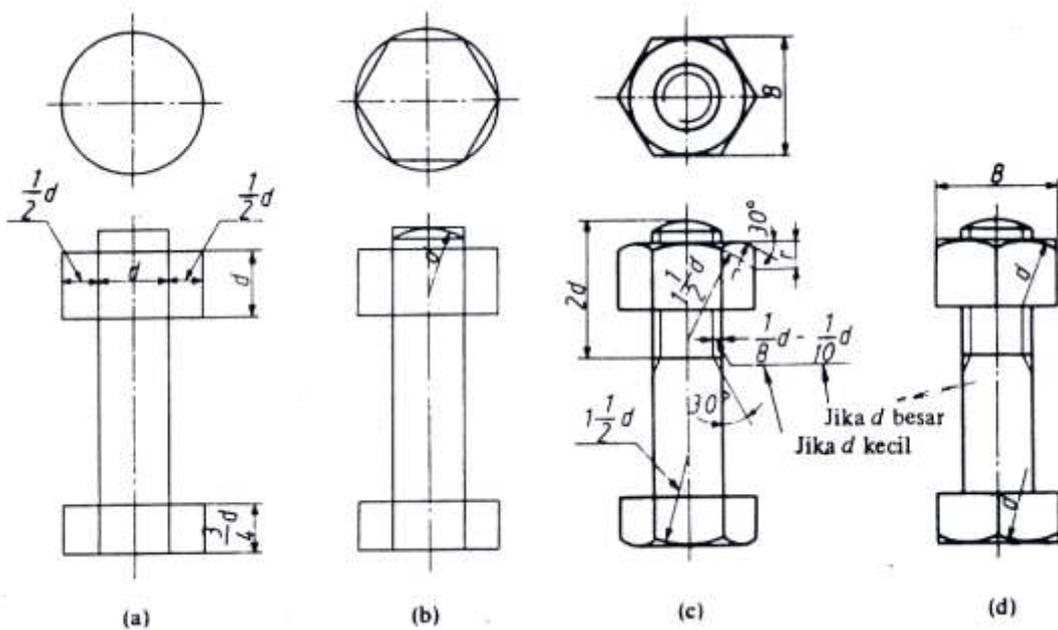
Gambar 42. Bentuk ujung baut.

8.2 Gambar Pasangan Mur-Baut

Penggambaran mur-baut harus dilakukan dengan jelas, dengan demikian orang yang membaca gambar tahu bentuk sebenarnya dari mur-baut tersebut. Untuk menjelaskan bentuk ulir mur-baut hanya dengan menggunakan pandangan muka sebenarnya sudah cukup. Tetapi dalam hal-hal tertentu perlu untuk menggambarannya dalam tiga pandangan yaitu pandangan muka, atas dan samping kanan, jika kita perlu mengetahui ukuran kepala tetap, tangkai dan kepala bautnya.

Sebagai pengikat yang berbentuk ulir, baut dan mur banyak digunakan dalam konstruksi permesinan. Bagian-bagian dari baut dan mur terdiri dari baut,

kepala tetap baut dan mur. Bentuk kepala tetap baut dan mur adalah biasanya segi empat atau segi enam. Pada umumnya baut dan mur tidak digambar pada detail (bagian), tetapi dalam gambar susunan biasanya digambar sesuai dengan standar yang ada menurut perbandingan diameter luar yang aturannya seperti pada Gambar 43 di bawah ini.



Gambar 43. Cara menggambar baut, kepala tetap dan mur.

BAB IX

GAMBAR RODA GIGI

Tujuan

Setelah mempelajari bahan dalam bab ini, seharusnya Anda dapat:

1. Menunjukkan cara menggambar roda gigi.
2. Mengidentifikasi macam-macam roda gigi.
3. Membaca dan menggambar macam-macam roda gigi.

9.1 Cara Menggambar Roda Gigi

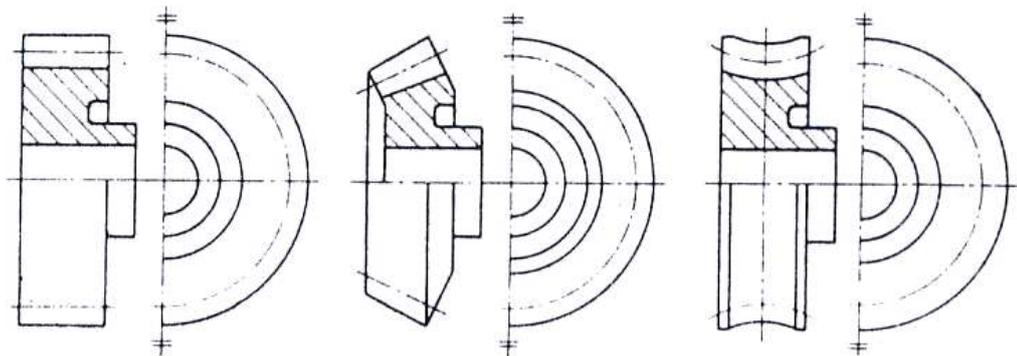
Roda gigi adalah merupakan bagian yang penting pada mesin-mesin penggerak, dimana roda gigi ini akan menghubungkan dan meneruskan gerak dan gaya transmisi. Adanya pasangan roda gigi ini memungkinkan untuk mempercepat atau memperlambat kecepatan putar dalam rangkaian transmisi yang ada, sehingga apabila diinginkan putaran yang lambat, maka roda gigi yang digerakan bisa diperbesar demikian pula sebaliknya.

Sebagai elemen bentuk yang mengulang roda gigi dapat digambarkan secara konvensional dalam cara yang disederhanakan sebagai roda pejal dengan lingkaran jaraknya digambar dengan garis sumbu tipis. Untuk itu suatu gambar rangkaian roda gigi paling tidak harus mencakup hal-hal sebagai berikut:

- (a) Pandangan depan roda gigi adalah pandangan yang memperlihatkan sumbu lubang porosnya. Garis kepala atau lingkaran kepala digambar dengan garis tebal, dan garis jarak antara atau lingkaran jarak dengan garis sumbu tipis.
- (b) Garis kaki atau lingkaran kaki digambar dengan garis tipis, tetapi dapat dihilangkan juga. Gambar pandangan depan yang dipotong harus memperlihatkan lingkaran kaki dengan garis tebal.
- (c) Arah gigi dari roda gigi dengan gigi miring bila perlu diperlihatkan dapat digambar dengan tiga garis tipis, yang menunjukkan arah dan bentuk giginya.

Selain pandangan yang tepat dengan menggunakan garis yang sesuai, dalam menggambar roda gigi dianjurkan untuk memberikan ukuran pada

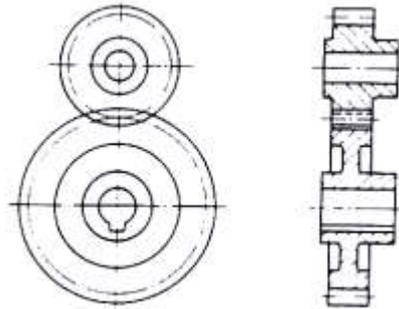
pandangan-pandangan gambar yang dibuat. Ukuran-ukuran ini akan dapat menjadi keterangan yang diperlukan dalam pembuatannya. Apabila diperlukan keterangan yang lain, maka dapat diletakkan dalam tabel data gigi yang ada pada etiket gambar. Gambar 44. Memperlihatkan contoh cara menggambar roda gigi.



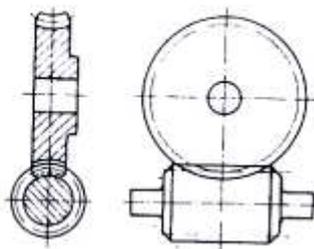
Gambar 44. Contoh cara menggambar roda gigi.

9.2 Macam-Macam Pasangan Roda Gigi

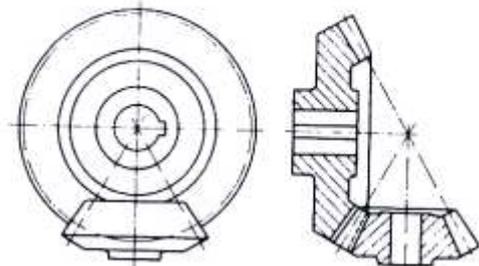
Untuk menyusun gambar rangkaian roda gigi, aturan-aturan yang dipergunakan pada roda gigi tunggal tetap dapat dipergunakan. Gambar pandangan depan yang dipotong salah satu giginya tertutup oleh gigi yang lain dan digambar dengan garis gores, sedangkan yang satu lagi digambar dengan garis tebal. Sedangkan bila pandangan depan tidak dipotong, masing-masing kepala gigi digambar dengan garis tebal. Ketika menggambar rangkaian roda gigi, seorang juru gambar atau teknisi perlu untuk mengetahui bentuk-bentuk roda gigi. Adapun macam-macam rangkaian pasangan roda gigi secara ringkas dapat dibedakan menjadi lima macam, yaitu: pasangan roda gigi lurus, pasangan roda gigi cacing, pasangan roda gigi kerucut, pasangan roda gigi dengan batang gigi, dan pasangan roda gigi dalam (lihat Gambar 45).



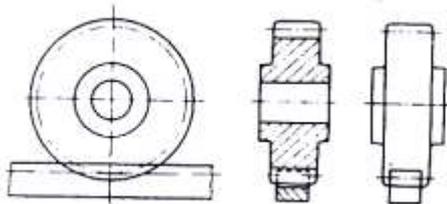
Gambar pasangan roda gigi lurus.



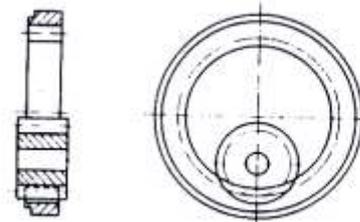
Pasangan roda gigi cacing



Pasangan roda gigi kerucut



Pasangan roda gigi dengan batang gigi



Pasangan roda gigi dalam

Gambar 45. Macam-macam pasangan roda gigi

BAB X

TOLERANSI

Tujuan

Setelah mempelajari bahan dalam bab ini, seharusnya Anda dapat:

1. Mendefinisikan pengertian toleransi.
2. Menerangkan sistem basis lubang dan poros.
3. Menghitung kelonggaran dan kesesakan.
4. Membaca toleransi pada gambar kerja.
5. Menerapkan toleransi pada gambar kerja.

10.1 Pengertian Toleransi

Toleransi adalah penyimpangan yang diijinkan. Adanya toleransi pada benda kerja yang dibuat memungkinkan suatu produk yang dibuat oleh orang berbeda atau perusahaan berbeda dapat dipasangkan atau diasembling. Dengan demikian toleransi ini memungkinkan suatu benda kerja dapat diproduksi lebih banyak secara massal yang mempunyai kemampuan tukar untuk banyak komponen yang sesuai satu sama lain dengan tepat.

Ada dua cara dalam menentukan besarnya ukuran toleransi yang dikehendaki yaitu dengan sistem basis lubang dan sistem basis poros. Pada sistem basis lubang, semua lubang diseragamkan pembuatannya dengan toleransi “H” sebagai dasar, sedangkan ukuran poros berubah-ubah menurut menurut macam suaiannya. Pada sistem basis poros ukuran poros sebagai dasar dengan toleransi “h” dan ukuran lubangnya berubah-ubah.

Untuk menghindari kekeliruan dalam membaca antara huruf dan angka, maka tidak semua huruf dipakai sebagai pembacaan toleransi. Adapun huruf-huruf yang tidak dipakai adalah I, L, O, Q, dan W.

10.2 Macam-Macam Suaian

Suaian yang menunjukkan keketatan atau kelonggaran pada suatu toleransi dapat diakibatkan oleh penerapan kerenggangan komponen yang berpasangan. Ada tiga jenis kemungkinan suaian pada toleransi, yaitu: (a) suaian longgar, suaian ini menghasilkan batas ukuran yang menjamin ruang bebas antara komponen yang berpasangan pada waktu dirakit, (b) suaian transisi, suaian ini memungkinkan terjadinya kesesakan kecil atau kelonggaran yang kecil pada komponen yang berpasangan pada waktu dirakit, dan (c) suaian sesak, suaian ini menghasilkan kesesakan diantara dua komponen yang saling berpasangan pada waktu dirakit.

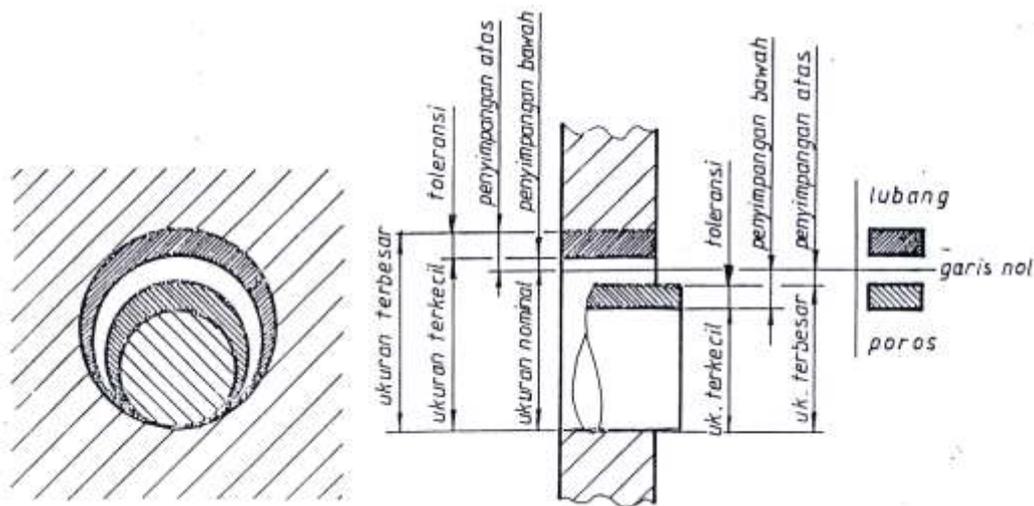
Untuk sistem basis lubang, suaian longgar dengan pasangan daerah toleransi lubang 'H', maka daerah toleransi poros dari 'a' sampai 'h', suaian transisi, dengan toleransi lubang lubang 'H', toleransi porosnya dari 'j' sampai 'n'. Sedangkan untuk suaian sesak, toleransi lubang 'H', toleransi porosnya dari 'p' sampai 'z'. Untuk sistem basis poros prinsipnya sama, cuma poros pakai huruf kecil, sedangkan lubangnya huruf besar.

Untuk memperoleh suaian yang tepat antara dua komponen yang saling berpautan, maka perlu dihitung dahulu ukuran batas yang memodifikasi ukuran nominal kedua komponen itu lalu baru ditentukan besarnya Penyimpangan (kelonggaran) yang diinginkan. Penyimpangan atas harus ditulis pada kedudukan atas, dan penyimpangan bawah pada kedudukan bawah, ini berlaku untuk lubang maupun untuk poros. Gambar 46 di bawah ini memperlihatkan pembatasan-pembatasan ukuran dalam toleransi lubang dan poros.

Dari gambar 46, didapatkan notasi-notasi dan definisi sebagai berikut:

- a. Ukuran nominal: adalah ukuran yang tertulis pada gambar tanpa memperhatikan toleransi.
- b. Ukuran aktual: adalah ukuran dari hasil pengukuran.
- c. Penyimpangan atas: adalah selisih antara ukuran nominal dan ukuran aktual terbesar yang diijinkan.

- d. Penyimpangan bawah: adalah selisih antara ukuran nominal dan ukuran aktual terkecil yang diijinkan.
- e. Toleransi: Harga absolut dari selisih penyimpangan atas dan penyimpangan bawah.
- f. Kelonggaran: adalah selisih antara ukuran lubang dan ukuran poros pasangannya (disini ukuran lubang lebih besar dari poros).
- g. Kesesakan: adalah selisih antara ukuran lubang dan ukuran poros pasangannya (disini ukuran poros lebih besar dari lubang).



Gambar 46. Pembatasan ukuran dalam toleransi lubang dan poros

BAB XI

GAMBAR BAGIAN, SUSUNAN, DAN BENTANGAN

Tujuan

Setelah mempelajari bahan dalam bab ini, seharusnya Anda dapat:

1. Memerinci gambar bagian pada suatu gambar lengkap.
2. Menyusun gambar lengkap dari suatu gambar kerja.
3. Memisahkan gambar susunan dalam gambar bagian.
4. Mendesain gambar bentangan benda dan benda yang dipotong.

11.1 Gambar Bagian

Ada dua cara yang umum dipergunakan untuk menampilkan gambar kerja dalam kertas gambar. Cara yang pertama adalah bila mesin atau alat yang akan dibuat mempunyai bagian yang banyak, maka gambar bagian-bagian digambar dalam beberapa lembar kertas, dan gambar susunan digambar di kertas lainnya, sedangkan cara yang ke dua adalah bila alat atau mesin hanya mempunyai sedikit bagian, maka baik gambar bagian maupun susunan digambar dalam satu kertas dengan ukuran besar.

Untuk menjabarkan gambar susunan maka diperlukan gambar bagian (detail), yaitu suatu gambar yang memperlihatkan komponen atau bagian dari susunan yang berdiri sendiri. Gambar bagian ini diletakan pada sebelah kanan dan sebelah bawah pada kertas gambar. Bagian-bagiannya diperinci digambarkan dalam kedudukan seperti yang terdapat dalam susunan dengan memberikan pandangan dan potongan yang lengkap dari bentuk dan ukuran benda yang dikerjakan. Untuk itu itu pandangan yang ada harus cukup, sehingga jelas dan mudah dimengerti.

Penempatan pandangan pada gambar bagian diusahakan jangan saling mengganggu, karena letaknya terlalu dekat, namun demikian penggambarannya harus dibuat dalam kedudukan yang ditentukan oleh pengerjaan utama, sewaktu

benda diproses. Berkaitan dengan gambar bagian ini, maka beberapa pedoman prosedur membuat gambar detail diantaranya adalah sebagai berikut:

- (a) Pilihlah pandangan dengan mengingat bahwa selain pandangan yang memperlihatkan bentuk karakteristik obyek, hendaknya ada pandangan tambahan sebagaimana yang diperlukan untuk melengkapi uraian bentuk. Pandangan ini dapat berupa gambar potongan yang memperlihatkan bagian dalam atau pandangan bantu yang dalam pandangan utama tidak diuraikan sepenuhnya.
- (b) Penempatan gambar bagian tidak berdesakan, seimbang untuk semua pandangan, ukuran serta catatan.

11.2 Gambar Susunan

Untuk mendapat gambaran benda kerja yang akan dibuat diperlukan gambar susunan (gabungan), yaitu suatu gambar yang memperlihatkan gambar lengkap dari sebuah mesin, yang ditandai dengan kedudukan relatif bermacam-macam komponen yang menjadi satu gabungan. Gambar ini diletakkan di sebelah sudut kiri atas dan digambar dalam potongan agar jelas letak bagian-bagiannya.

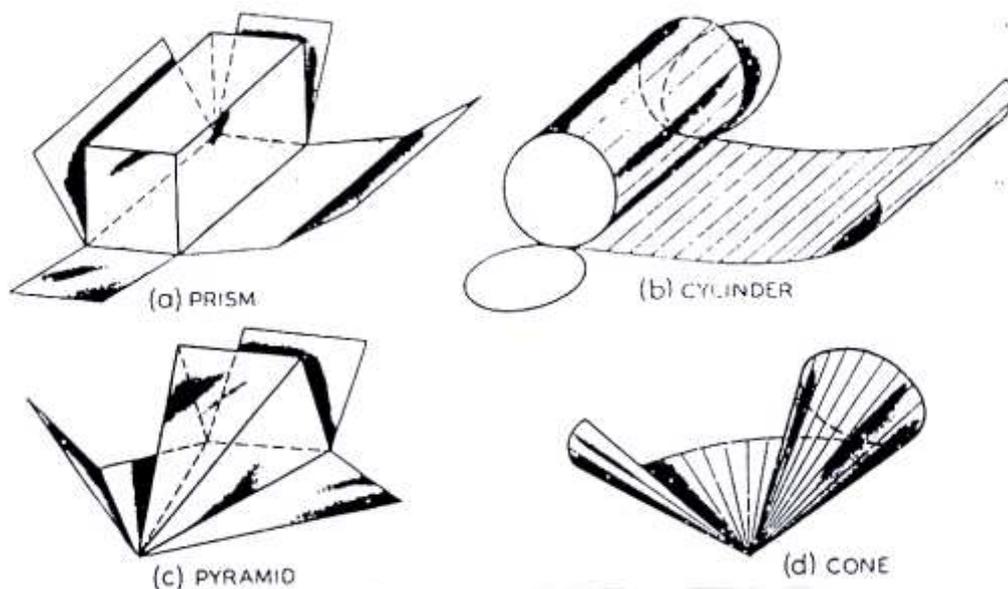
Gambar susunan ini hanya merupakan sesuatu yang bersifat umum tidak perlu terperinci, namun harus lengkap dimana seluruh bagian tampak seluruhnya, sehingga yang penting dalam gambar susunan ini adalah bagaimana memperlihatkan lokasi tiap-tiap bagian itu harus dipasang sesuai dengan keadaan yang sebenarnya, jadi horisontal untuk bagian-bagian mesin yang rebah, dan vertikal untuk yang tegak. Karena hanya memuat hal-hal yang penting saja, maka hanya ukuran-ukuran utama yang dicantumkan dalam gambar susunan. Nomor-nomor bagian ditulis dalam label bagian, dengan nomor yang berurutan dari yang kecil ke yang besar, dari bawah ke atas.

11.3 Gambar Bentangan

Sebuah gambar bentangan (bukaan) adalah suatu pola yang dibentuk dari permukaan bidang tiga dimensi yang permukaannya dibentangkan. Gambar

bukaan digunakan terutama untuk pekerjaan yang bahan dasarnya terbuat dari plat, seng atau bahan-bahan lain yang bentuknya tipis. Untuk membuat benda seperti: kotak logam, kaleng seng, cerobong, cetakan kue, pipa pembakar, bengkokan pipa air, pipa saluran, dan talang adalah memerlukan gambar bukaan yang selanjutnya dilipat, dibentuk atau digulung untuk penyelesaian akhirnya.

Agar mendapatkan bentuk benda yang diinginkan gambar bukaan harus dibuat dengan tepat sesuai dengan yang akan dibuat. Untuk itu bentangan permukaan hendaknya digambar dengan muka dalam menengadahkan dan ini akan terjadi apabila permukaan dibuka gulungannya (*unrolled*) atau dibuka lipatnya (*unfold*). Beberapa gambar bukaan benda yang permukaannya dibuka gulungannya dan dibuka lipatnya adalah seperti terlihat pada Gambar 47 di bawah ini.

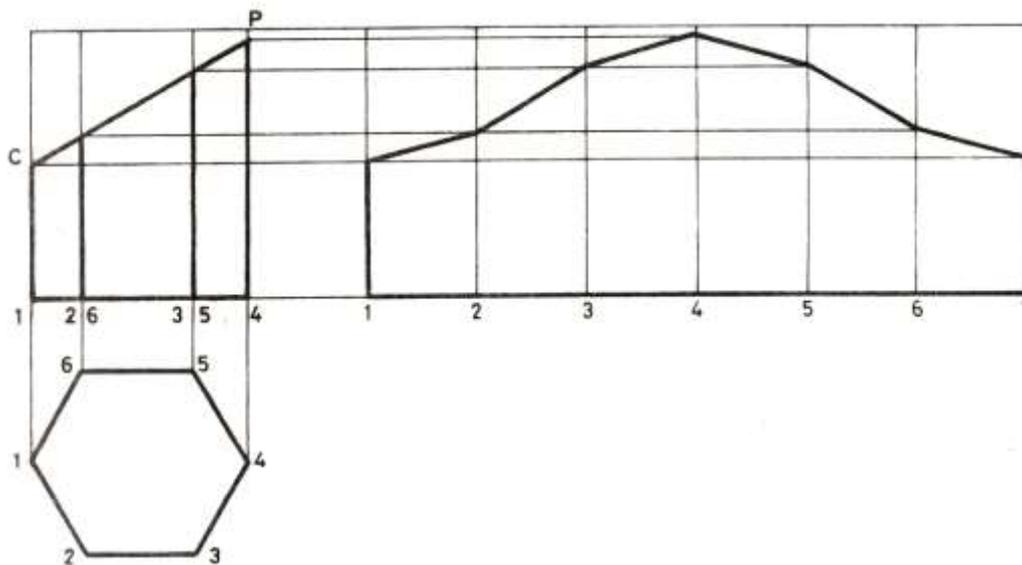


Gambar 47. Gambar Bukaan Beberapa Permukaan Benda

Gambar bentangan berguna untuk memberikan informasi yang perlu dalam membuat sebuah pola dalam rangka untuk memudahkan memotong bentuk yang diinginkan dan mengetahui kebutuhan bahan yang diperlukan dari lembaran

bahan yang tersedia. Untuk itu ketepatan ukuran gambar bukaan adalah merupakan sesuatu yang penting dalam rangka untuk membentuk benda yang diinginkan, sehingga apabila akan membuat prisma segi enam, maka panjang segi empat gambar bukaannya sama dengan keliling dari segi enam, lebar segi empat sama dengan tinggi prisma, dan tutupnya adalah sama dengan tutup dari prisma. Pelaksanaan pembuatannya dilakukan dengan cara menggambar permukaan secara berturut-turut dengan ukuran penuh dan bersambungan antara rusuk yang satu dengan yang lainnya.

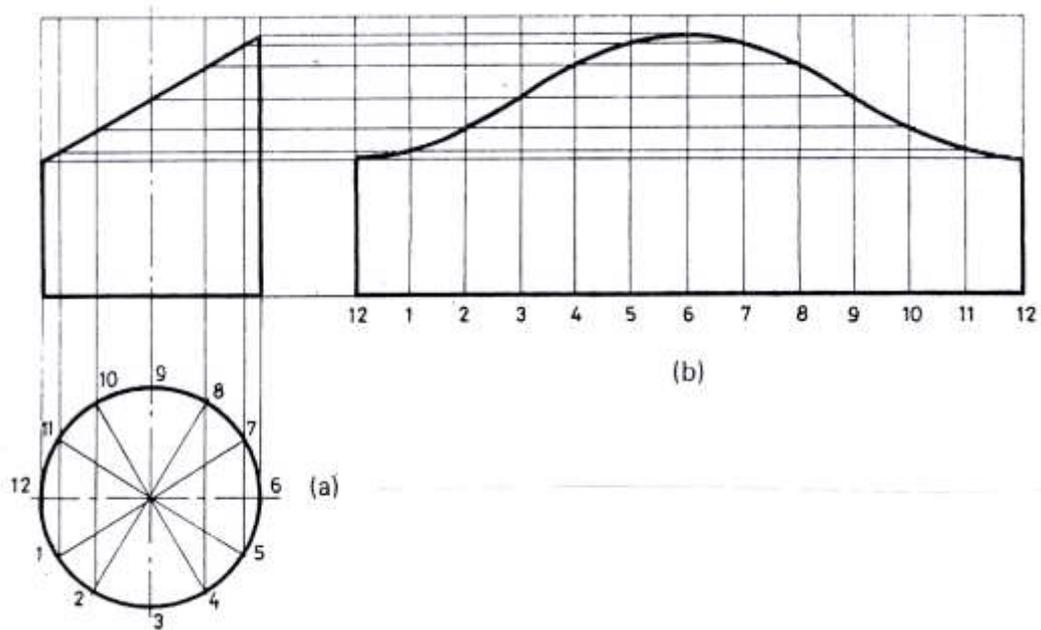
Gambar 48. Menunjukkan suatu prisma yang dipotong miring menurut bidang CP. Untuk menggambar bentangan dari prisma tersebut dapat dibayangkan bahwa prisma dibuka dari garis C1. Selanjutnya buat garis mendatar dimana panjangnya sama dengan keliling dari segi enam prisma tersebut. Empat persegi panjang tersebut dibagi dalam enam bagian yang sama besar. Ukurkan tiap-tiap garis tinggi pada prisma setelah itu pindahkan ke dalam segi empat.



Gambar 48. Bentangan prisma segi enam dipotong miring

Gambar 49. Menunjukkan sebuah tabung yang dipotong miring 30° . Untuk membuka tabung lingkaran dibagi dalam 12 bagian yang sama besar.

Kemudian dibuka menjadi 12 ke arah memanjang. Buat garis bantu dengan menghubungkan titik-titik pada lingkaran ke pandangan depannya, kemudian dibuat garis bantu ke arah samping yang telah dibagi 12. Hubungkan titik-titik pertemuan yang ada, sehingga didapatkan gambar bagian b.



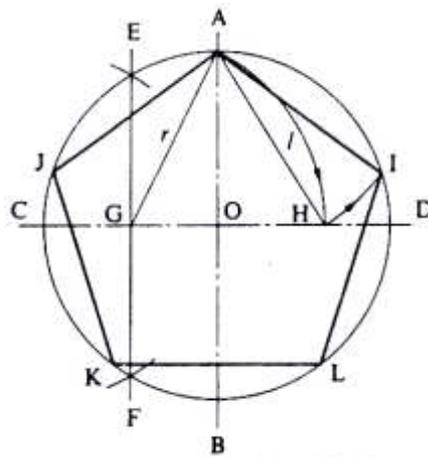
Gambar 48. Bentangan tabung yang dipotong miring

Bentangan dari benda-benda yang lebih rumit, seperti: corong, ember, talang, ceret, dan sebagainya dapat dibuat dengan menggabungkan bentangan-bentangan yang sederhana, sehingga menjadi bentuk yang diinginkan. Dengan latihan dan uji coba yang terus menerus akan didapatkan kemampuan untuk membuat bentangan-bentangan yang lebih rumit.

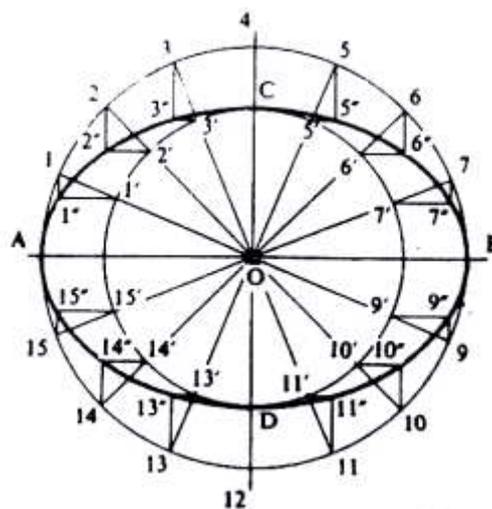
TUGAS-TUGAS

TUGAS 1

Buatlah gambar konstruksi geometris, yang pertama adalah segi lima di dalam sebuah lingkaran dengan jari-jari 40 mm, dan yang kedua sebuah ellipsis dengan menggunakan bantuan dua buah lingkaran, dimana jari-jari lingkaran besar 50 mm, dan jari-jari lingkaran kecil 35 mm. Gambar dikerjakan pada kertas ukuran A4 (210 x 297 mm).



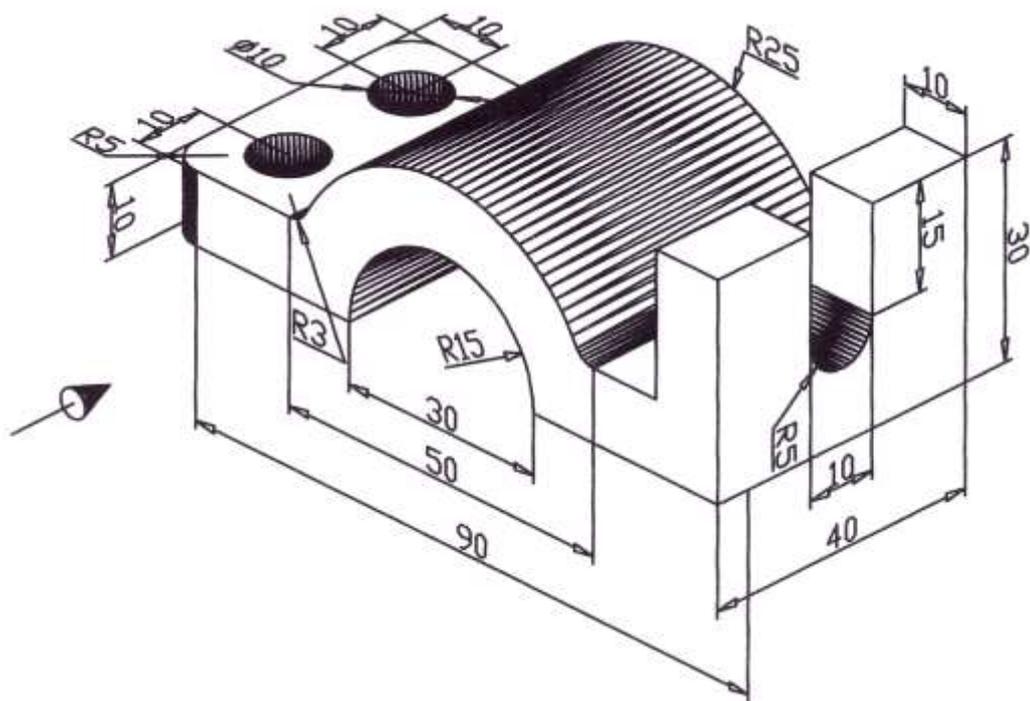
Segi lima di dalam sebuah lingkaran



Ellipsis dengan bantuan dua buah lingkaran

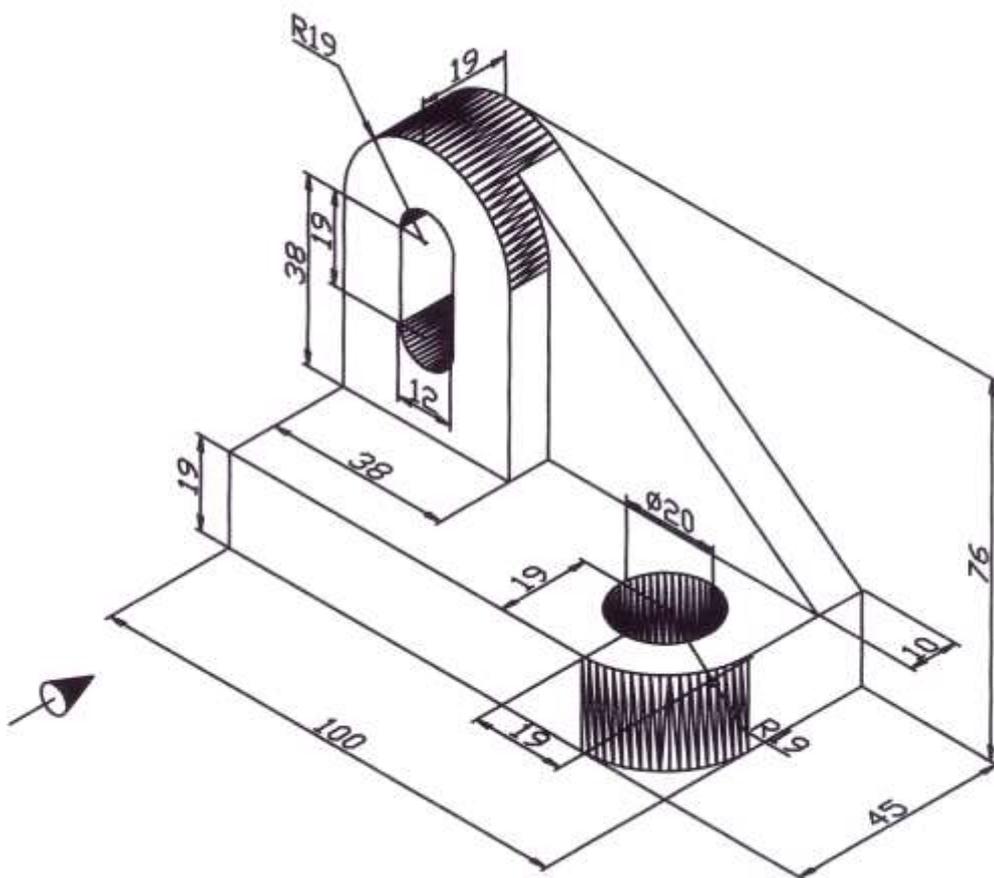
TUGAS 2

Buatlah gambar tiga pandangan utama (depan, atas dan samping kanan) dengan menggunakan proyeksi Amerika dari benda “Penutup Rangka” di bawah ini pada kertas ukuran A4. Pandangan depan sesuai arah anak panah.



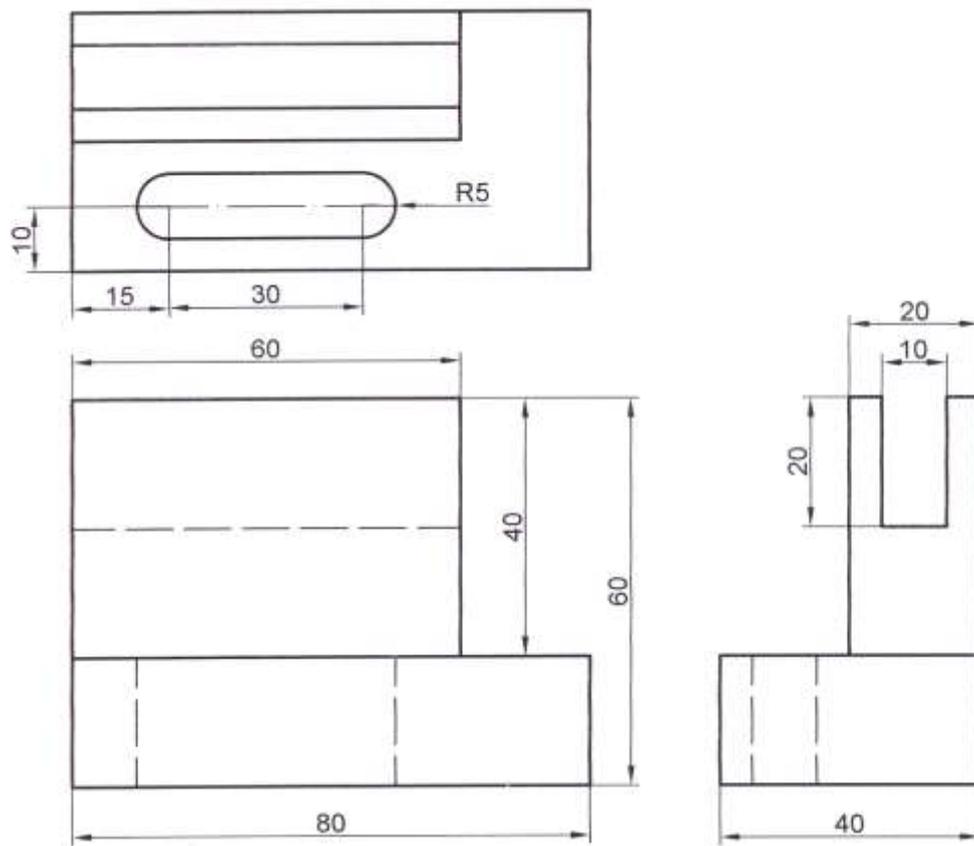
TUGAS 3

Buatlah gambar tiga pandangan utama (depan, atas dan samping kanan) menggunakan proyeksi Eropa dari benda “Penopang Siku” di bawah ini pada kertas gambar A4. Pandangan depan sesuai arah anak panah.



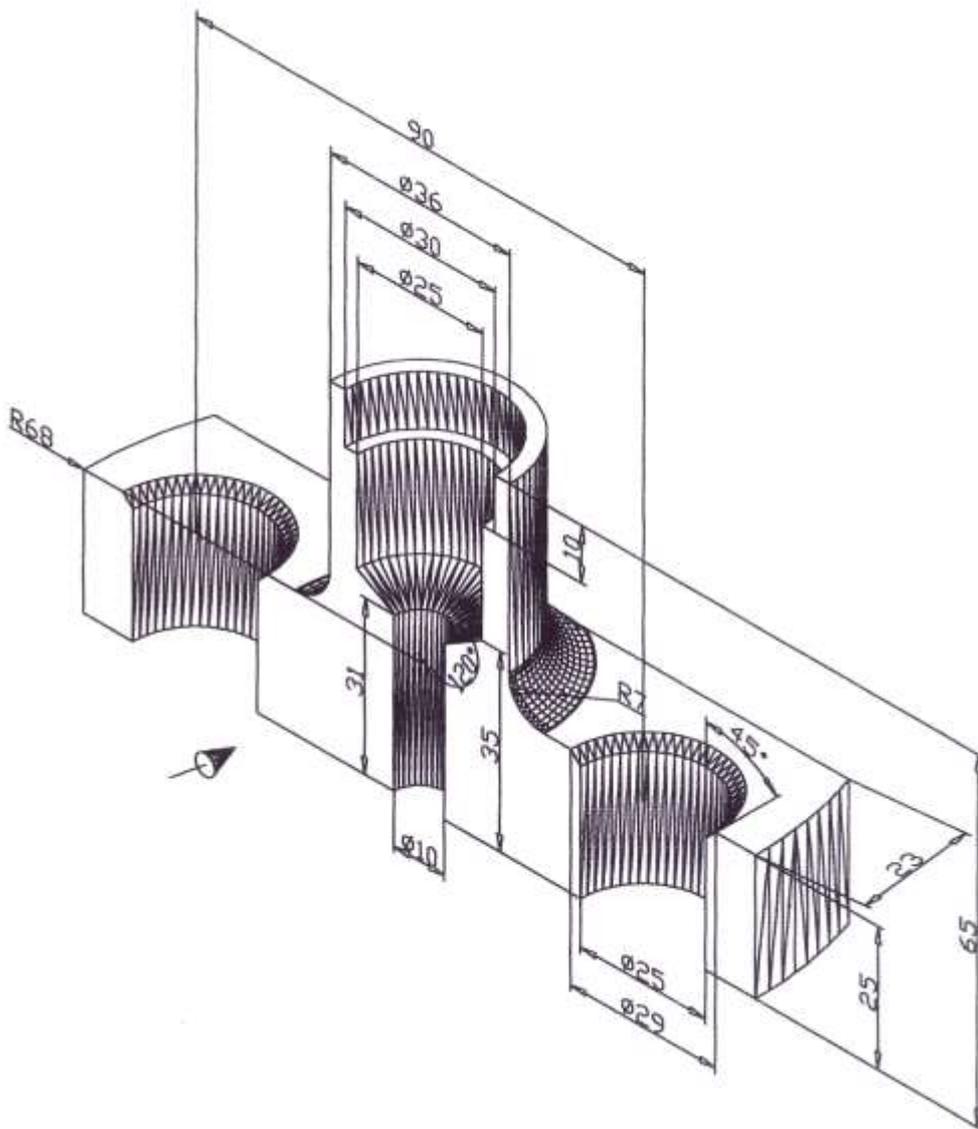
TUGAS 4

Dari gambar tiga pandangan utama proyeksi Amerika benda “Bantalan Pintu” di bawah ini. Gambarlah perspektif Isometriknya pada kertas A4.



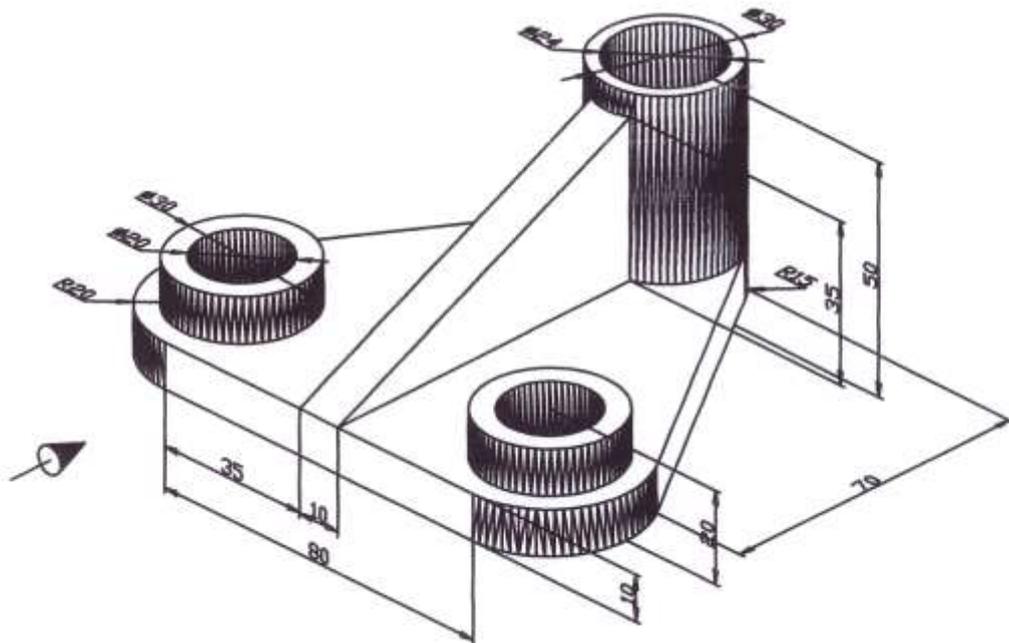
TUGAS 5

Buatlah gambar pandangan atas dan potongan dari depan untuk benda “Dudukan Penutup” di bawah ini pada kertas A4, cantumkan tanda pengerjaan dan toleransi lubangnya. Pandangan depan sesuai tanda anak panah.



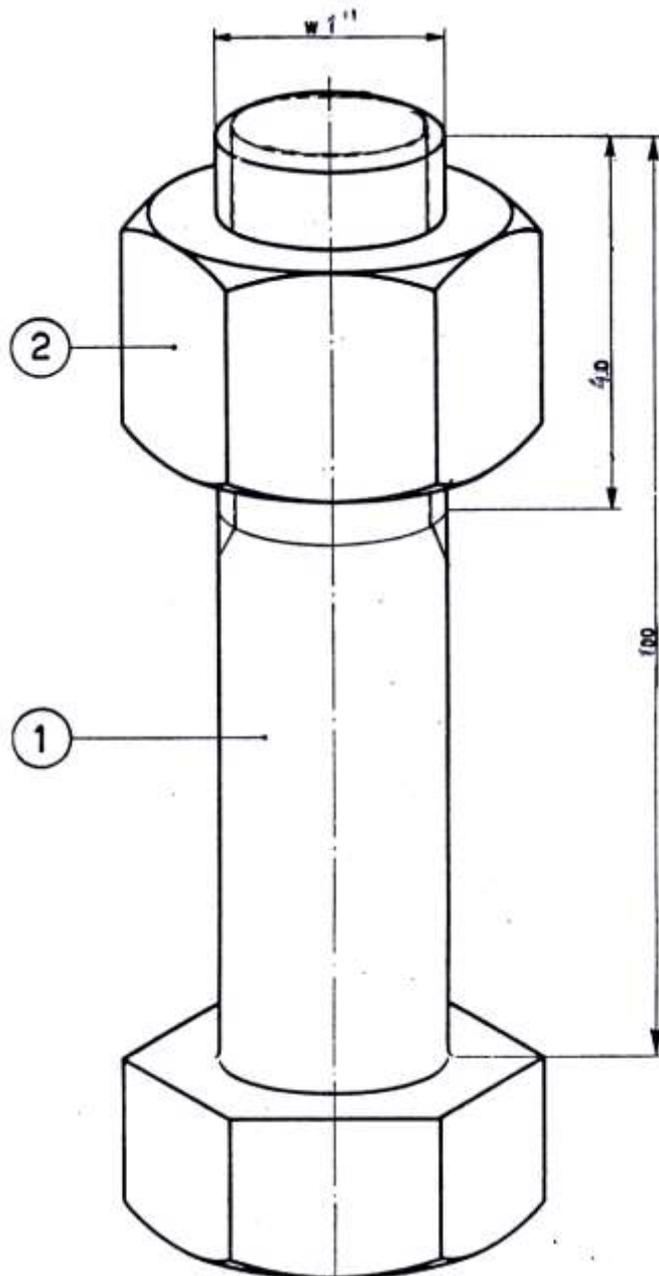
TUGAS 6

Buatlah gambar pandangan atas dan depan benda “Bantalan Batang Silang” di bawah ini pada kertas A4. Pada gambar cantumkan tanda pengerjaan, simbol las dan toleransi lubangnya. Pandangan depan sesuai arah anak panah.



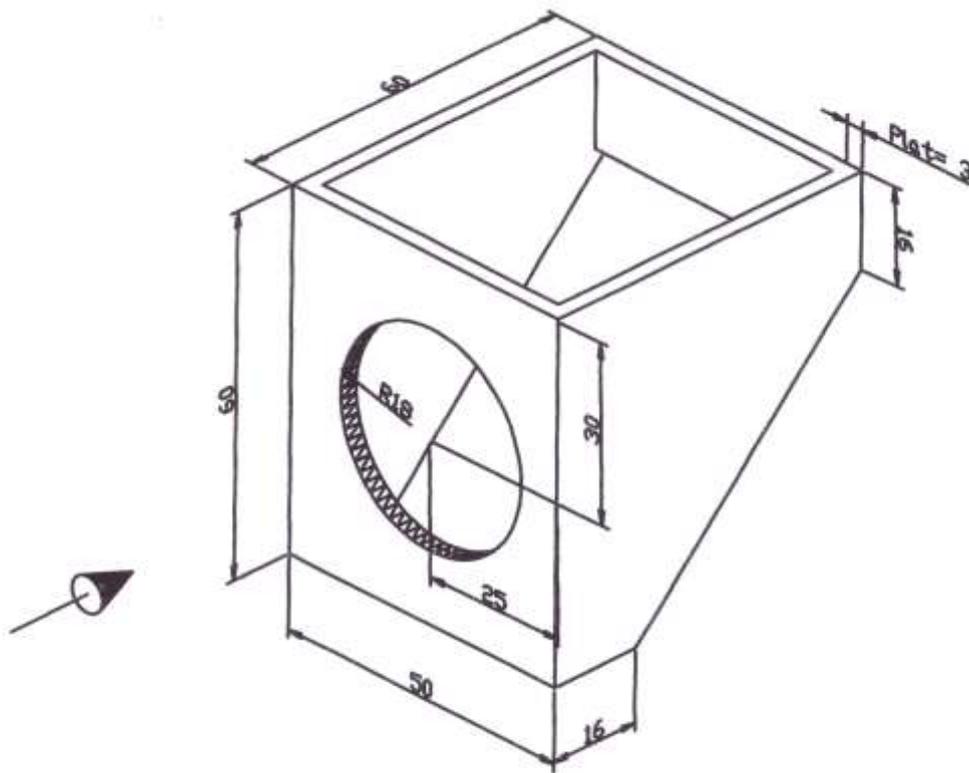
TUGAS 7

Buatlah gambar pandangan depan, atas dan samping kanan benda “Mur-Baut” di bawah ini pada kertas A4. Pada gambar cantumkan tanda pengerjaan dan toleransinya.



TUGAS 8

Buatlah gambar bentangan (bukaan) dari miniatur “Saluran Talang” di bawah ini pada kertas A4. Pandangan depan sesuai arah anak panah.



DAFTAR PUSTAKA

- Berg, H. Van Den dan Gijzels, H.H. 1979. *Menggambar dan Membaca Gambar Mesin*. Penerjemah: Poernomo-Soemarto. Jakarta: Bhratara Karya Aksara.
- Boundy, A.W. 1985. *Engineering Drawing*. second edition. Sydney: Mc-Graw Hill Book Company.
- Christgau dan Schmatz. 1995. *Menggambar Teknik Kejuruan Logam*. Penerjemah: Sugeng, dkk. Bandung: Angkasa.
- Giesecke, Frederick E. *et. all*. 1985. *Technical Drawing With Computer Graphics*. Seventh edition. New York: Macmillan Publishing Co, Inc.
- Hantoro, Sirod dan Parjono. 1983. *Menggambar Mesin 1*. Yogyakarta: PT. Hanindita.
- Jensen, Cecil and Helsel, Jay D. 1985. *Engineering Drawing and Design*. Third edition. New York: McGraw-Hill Book Company.
- La Heij, J dan De Bruijn, LA. 1991. *Ilmu Menggambar Bangunan Mesin*. Cetakan keenam. Penerjemah: Soekiran. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Luzadder, Warren J. 1986. *Menggambar Teknik Untuk Desain, Pengembangan Produk dan Kontrol Numerik*. Edisi kedelapan. Penerjemah: Hendarsin H. Jakarta: Erlangga.
- Sato, G. Takeshi dan N. Sugiarto H. 1994. *Menggambar Mesin Menurut Standar Iso*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.