



Ambiyar

Teknik Pembentukan Pelat

JILID 2

untuk
Sekolah
Menengah
Kejuruan



Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah
Departemen Pendidikan Nasional

Anni Faridah, dkk

TEKNIK PEMBENTUKAN PLAT JILID 2

SMK



Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan

Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah
Departemen Pendidikan Nasional

Hak Cipta pada Departemen Pendidikan Nasional
Dilindungi Undang-undang

TEKNIK PEMBENTUKAN PLAT JILID 2

Untuk SMK

Penulis Utama : Ambiyar
Arwizet
Nelvi Erizon
Purwantono
Thaufiq Pinat
Editor : Rizal Sani
Penilai : Yudhi Pratama
Khaidir
Perancang Kulit : Tim
Ukuran Buku : 17,6 x 25 cm

AMB AMBIYAR
t Teknik Pembentukan Plat Jilid 2 untuk SMK /oleh Ambiyar,
Arwizet, Nelvi Eizon, Puwantoro, Thaufiq Pinat ---- Jakarta :
Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat
Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah,
Departemen Pendidikan Nasional, 2008.
viii. 226 hlm
Daftar Pustaka : A1-A4
Glosarium : B1-B5
ISBN : 978-979-060-101-7
978-979-060-103-1

Diterbitkan oleh
Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah
Departemen Pendidikan Nasional
Tahun 2008

KATA SAMBUTAN

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunia Nya, Pemerintah, dalam hal ini, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional, telah melaksanakan kegiatan penulisan buku kejuruan sebagai bentuk dari kegiatan pembelian hak cipta buku teks pelajaran kejuruan bagi siswa SMK. Karena buku-buku pelajaran kejuruan sangat sulit di dapatkan di pasaran.

Buku teks pelajaran ini telah melalui proses penilaian oleh Badan Standar Nasional Pendidikan sebagai buku teks pelajaran untuk SMK dan telah dinyatakan memenuhi syarat kelayakan untuk digunakan dalam proses pembelajaran melalui Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 45 Tahun 2008 tanggal 15 Agustus 2008.

Kami menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada seluruh penulis yang telah berkenan mengalihkan hak cipta karyanya kepada Departemen Pendidikan Nasional untuk digunakan secara luas oleh para pendidik dan peserta didik SMK.

Buku teks pelajaran yang telah dialihkan hak ciptanya kepada Departemen Pendidikan Nasional ini, dapat diunduh (*download*), digandakan, dicetak, dialihmediakan, atau difotokopi oleh masyarakat. Namun untuk penggandaan yang bersifat komersial harga penjualannya harus memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh Pemerintah. Dengan ditayangkan *soft copy* ini diharapkan akan lebih memudahkan bagi masyarakat khususnya para pendidik dan peserta didik SMK di seluruh Indonesia maupun sekolah Indonesia yang berada di luar negeri untuk mengakses dan memanfaatkannya sebagai sumber belajar.

Kami berharap, semua pihak dapat mendukung kebijakan ini. Kepada para peserta didik kami ucapkan selamat belajar dan semoga dapat memanfaatkan buku ini sebaik-baiknya. Kami menyadari bahwa buku ini masih perlu ditingkatkan mutunya. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat kami harapkan.

Jakarta, 17 Agustus 2008
Direktur Pembinaan SMK

KATA PENGANTAR

Berkat rahmat Tuhan Yang Maha Esa dapatlah diselesaikan buku Teknik Pembentukan. Judul buku ini adalah Teknik Pembentukan yang isinya mengacu pada Kurikulum SMK 2004, Program Keahlian Teknik Pembentukan dengan merujuk kepada Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia Sektor Logam dan Mesin (SKKNI-LM). Buku ini diperuntukkan bagi siswa-siswa Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) serta kalangan praktisi di dunia teknik pembentukan.

Dalam penyelesaian buku ini tidak lepas bantuan dari berbagai pihak yang telah diberikan. Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya terutama kepada Bapak Dr. Joko Sutrisno Direktur Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) beserta staf yang telah memberikan arahan dan kesempatan untuk membuat buku ini. Selanjutnya kepada Bapak Drs. Rizal Sani, M. Pd, selaku editor yang telah memberikan bimbingan dan saran-saran dalam penyempurnaan buku ini serta kepada Tim BSNP yang telah memberikan penilaian terhadap penulisan buku ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Bapak Rektor, Dekan, Ketua Jurusan Teknik Mesin FT- UNP serta kepada rekan-rekan, teknisi dan mahasiswa, Rivelino, Yudhi Pratama, Khaidir, Marataon dan kepada semua pihak. Atas bantuan yang telah diberikan semoga mendapat rahmat dari Tuhan YME.

Kami menyadari masih banyak kelemahan dan kekurangan dalam penulisan buku ini. Oleh karena itu, kami mengharapkan masukan dari berbagai pihak dalam rangka perbaikan buku ini untuk masa datang.

Terakhir, semoga dengan kehadiran buku ini bermanfaat bagi bangsa dan negara serta para pembaca.

Hormat kami

Penulis

SINOPSIS

Buku teknik pembentukan memberikan pengetahuan tentang kajian di bidang teknik mesin, yaitu teknologi proses pembentukan. Buku ini berisi 11 (sebelas) bab yang meliputi: (1) Pendahuluan yang berisikan sejarah perkembangan teknik pembentukan, (2) Keselamatan kerja meliputi keselamatan manusia, mesin dan peralatan serta lingkungan, (3) Pengetahuan bahan menyangkut pengetahuan berbagai unsur logam, non logam serta logam paduan disertai teknik pengolahan bahan serta perlakuannya, (4) Gambar bentangan berisi pengetahuan tentang teknik menggambar, konstruksi geometri, teknik bentangan, teknik perpotongan sambungan bidang gambar, (5) Alat ukur dan alat penandai berisi pengetahuan tentang berbagai alat ukur dan alat penandai yang dipakai dalam teknik mesin., (6) Perkakas tangan dalam pembentukan berisi pengetahuan tentang berbagai peralatan pada bengkel kerja mesin, teknik cara menggunakan alat, dan pemeliharaannya, (7) Metode penyambungan las menyangkut konstruksi sambungan, jenis-jenis sambungan dan berbagai metode penyambungan, serta teknik kerja dalam penyambungan, (8) Metode pemotongan berisi pengetahuan tentang dasar-dasar proses pemotongan, peralatan potong dan teknik pemotongan, (9) Proses pembentukan menyangkut prinsip dasar proses pengerjaan dingin, (10) Pembentukan panas meliputi peralatan utama, alat bantu dan landasan serta teknik pengerjaannya (11) Metode perakitan berisi pengetahuan dasar-dasar perakitan dan proses perakitan.

DAFTAR ISI

KATA SAMBUTAN	i
KATA PENGANTAR	ii
SINOPSIS	iii
DAFTAR ISI	iv
PETA KOMPETENSI	viii
 BUKU JILID 1	
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Sejarah Perkembangan Teknologi Pembentukan Pelat	1
1.2. Ruang Lingkup	7
1.3. Rangkuman	43
1.4. Soal Latihan	46
 BAB 2. KESELAMATAN KERJA	 47
2.1. Kenali Pekerjaan Yang Berbahaya	49
2.2. Alat Keselamatan dan Kerja Secara Umum	56
2.3. Keselamatan Kerja Sebelum, Sewaktu dan Selesai Bekerja	67
2.4. Rangkuman	68
2.5. Soal Latihan	69
 BAB 3. PENGETAHUAN BAHAN	 71
3.1. Pendahuluan	71
3.2. Pemilihan Bahan.....	72
3.3. Pengelompokan Bahan	73
3.4. Beberapa Aspek Penting Dalam Ilmu bahan	73
3.5. Logam Besi (Ferro) dan Bukan Besi (Non Ferro)	74
3.6. Bahan Non Logam	82
3.7. Pembuatan Pelat Baja Tipis dan Pelat Baja Tebal	85
3.8. Penyepuhan dan Pelunakan Baja	101
3.9. Jenis dan Bentuk Bahan yang banyak Diperjualbelikan di Pasar	103
3.10. Jenis Dimensi dan Bentuk Pelat	106
3.11. Bahan Pelat Aluminium	110
3.12. Bahan Pelat Tembaga	118
3.13. Bahan Pelat Kuningan	121
3.14. Bahan Pelat Baja Khusus (Baja Paduan)	123
3.15. Bahan Pelat Baja Stainless Steel (Baja Tahan Karat)	129
3.16. Pengaruh Masukan Panas Terhadap Sifat Mekanis Sambungan Las Antara Baja Karbon Rendah Dengan Baja Stainless. Korosi Pada Pelat dan Cara Pencegahannya	139

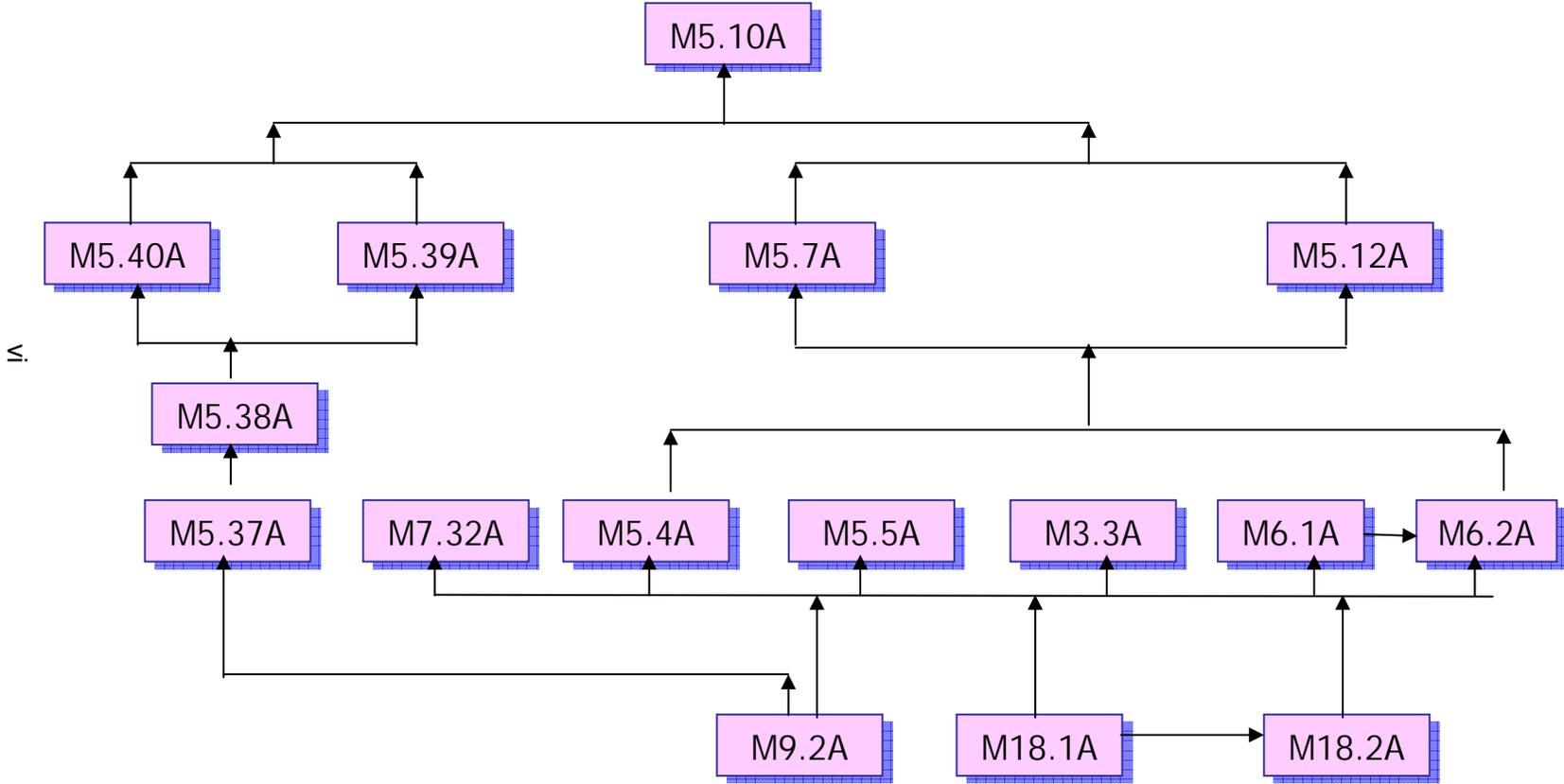
3.17. Korosi Pada Pelat dan Cara Pencegahannya	140
3.18. Rangkuman	149
3.19. Soal Latihan	153
 BUKU JILID 2	
BAB 4. GAMBAR BENTANGAN	155
4.1. Gambar Sebagai Bahasa Teknik	155
4.2. Fungsi Gambar	156
4.3. Pengembangan Gambar dan Keadaan Teknik	156
4.4. Sifat-sifat Gambar	157
4.5. Kerangka dan Bidang-Bidang Kerja ISO/TC10	160
4.6. Peralatan Menggambar Teknik	162
4.7. Perkembangan Kebutuhan Gambar Bentangan	167
4.8. Konstruksi Geometri	169
4.9. Proyeksi	177
4.10. Bukaan	189
4.11. Menentukan Panjang Sejati Garis (true length)	207
4.12. Profil Bola/Membentangkan Bola	224
4.13. Perpotongan	226
4.14. Contoh Aplikasi Gambar Teknik	230
4.15. Rangkuman	234
4.16. Soal Latihan	235
 BAB 5. ALAT UKUR DAN ALAT PENANDAI	239
5.1. Alat Ukur	239
5.2. Melukis dan Menandai	297
5.3. Rangkuman	328
5.4. Soal Latihan	329
 BAB 6. PERKAKAS TANGAN DALAM PEMBENTUKAN	331
6.1. Ragum	331
6.2. Palu (<i>Hammer</i>)	335
6.3. Tang (<i>Plier</i>)	338
6.4. Kikir	340
6.5. Gergaji Tangan	353
6.6. Pahat Tangan	354
6.7. Skrap Tangan	360
6.8. Tap dan Snei	366
6.9. Pemerluas Lubang (<i>Reamer</i>)	375
6.10. Rangkuman	377
6.11. Soal Latihan	380
 BUKU JILID 3	
BAB 7. METODE PENYAMBUNGAN	381
7.1. Konstruksi Sambungan	381
7.2. Sambungan Lipat	383
7.3. Sambungan Keling	388

7.4.	Solder/Patri	394
7.5.	Las Resistansi (tahanan)	402
7.6.	Metode Penyambungan Las Busur Listrik	407
7.7.	Penyambungan dengan Las Oxy Asitelin	431
7.8.	Pengenalan Las TIG (Tungsten Inert Gas)/GTAW (Gas Tungsten Arc Welding)	447
7.9.	Pengenalan Las MIG (Metal Inert Gas Arc Welding)/Gas Metal Arc Welding (GMAW)	468
7.10.	Sambungan Skrup/Baut dan Mur	492
7.11.	Rangkuman	493
7.12.	Soal Latihan	495
BAB 8.	METODE PEMOTONGAN	497
8.1.	Dasar-Dasar Proses Pemotongan	497
8.2.	Pemotongan Dengan Peralatan Tangan	499
8.3.	Pemotongan Dengan Mesin Gergaji Pita	512
8.4.	Pemotongan Dengan Mesin Gulletine	513
8.5.	Pemotongan Dengan Mesin Potong Hidrolik	516
8.6.	Pemotongan Dengan Mesin Gunting Putar	518
	/Lingkaran	518
8.7.	Pemotongan Dengan Mesin Potong Profil	520
8.8.	Pemotongan Dengan Gerinda	521
8.9.	Pemotongan Dengan Gas	522
8.10.	Pemotongan Dengan Tenaga Laser	526
8.11.	Keselamatan Kerja dalam Pemotongan	528
8.12.	Rangkuman	528
8.13.	Soal Latihan	529
BAB 9.	PROSES PEMBENTUKAN PLAT	531
9.1.	Proses Pengerjaan Dingin	532
9.2.	Keuntungan Proses Pengerjaan Dingin	535
9.3.	Spring Back	540
9.4.	Pembentukan Secara Manual	542
9.5.	Peralatan Utama Alat Bantu, dan Landasan	543
9.6.	Teknik Pemukulan	549
9.7.	Proses Tekuk/Lipat	554
9.8.	Proses Pengerolan	562
9.9.	Proses Streching (Peregangan)	575
9.10.	Proses Blanking	580
9.11.	Proses Deep Drawing	586
9.12.	Proses Squeezing (Tekanan)	598
9.13.	Proses Spinning	602
9.14.	Penguatan Pelat	607
9.15.	Rangkuman	611
9.16.	Soal Latihan	613
BAB 10.	PEMBENTUKAN PANAS	615

10.1. Proses Pengerjaan Panas	615
10.2. Sifat Logam Pada Temperatur Tinggi	616
10.3. Mekanisme Pelunakan Pada Pengerjaan Panas	616
10.4. Tempa	618
10.5. Ekstrusi	637
10.6. Kriteria Pembentukan	640
10.7. Cacat Pada Produk Pembentukan	644
10.8. Rangkuman	646
10.9. Soal Latihan	647
BAB 11. METODE PERAKITAN (Assembling Methods)	649
11.1. Dasar-Dasar Perakitan	649
11.2. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Perakitan	650
11.3. Prosedur Perakitan	652
11.4. Metode Perakitan	652
11.5. Aplikasi Perakitan	654
11.6. Rangkuman	668
11.7. Soal Latihan	669
DAFTAR PUSTAKA	
DAFTAR ISTILAH/GLOSARY	
DAFTAR GAMBAR	
DAFTAR TABEL	

DIAGRAM PENCAPAIAN KOMPETENSI TEKNIK PEMBENTUKAN

Diagram ini menunjukkan tahapan atau tata urutan kompetensi yang diajarkan dan dilatihkan kepada peserta didik dalam kurun waktu yang dibutuhkan serta kemungkinan multi exit-multi entry yang dapat diterapkan dengan memperhatikan tata urutan/tahapan logis pemebelajaran kompetensi kejuruan digambarkan sbb:

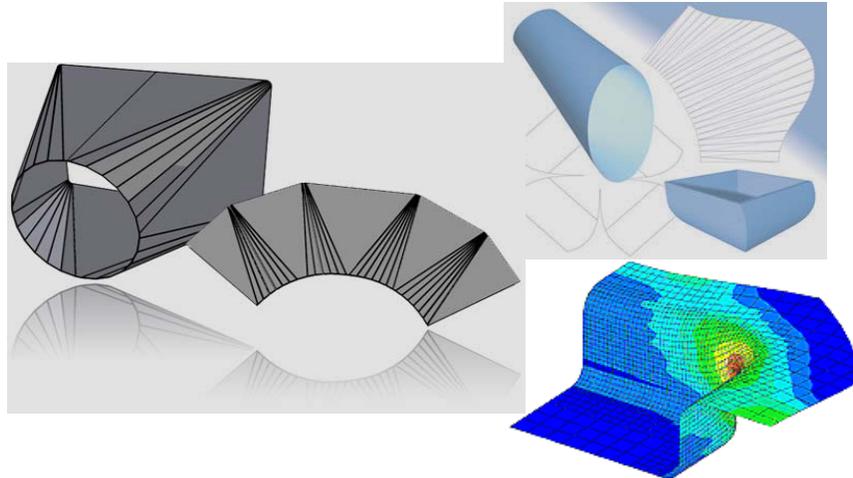


PETA KOMPETENSI

Kode	Kompetensi Kejuruan
M.9.2A	Membaca gambar teknik
M.5.37A	Gambar bukaan/bentangan geometri
M.18.1A	Menggunakan perkakas tangan
M.5.4A	Melakukan rutinitas las oksi-asetilin
M.5.12A	Melakukan rutinitas pengelasan menggunakan las busur manual
M.5.38A	Gambar bukaan/bentangan geometri, geometri lanjut benda selinder/persegi panjang
M.18.2A	Menggunakan perkakas tangan bertenaga operasi digenggam
M.5.5A	Melakukan pemotongan secara mekanik
M.5.7A	Pemanasan, pemotongan panas dan gauging secara manual
M.3.3A	Merakit pelat dan lembaran
M.7.32A	Menggunakan mesin untuk operasi dasar
M.5.39A	Gambar bukaan/bentangan geometri, geometri lanjut benda kerucut/konis
M.5.40A	Gambar bukaan/bentangan geometri lanjut benda transisi
M.5.10A	Melakukan fabrikasi, pembentukan, pelengkungan dan pencetakan
M.6.1A	Menempa dengan tangan
M.6.2A	Menempa dengan palu besi

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 merupakan tata bahasa 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-ketentuan yang cukup”.
- Pengawetan, penyimpanan, dan penggunaan 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 penyimpanan, 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 individual. 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 sederhana 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 mengidentifikasi 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 keraguan. 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 dikonfirmasi 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 kesederhanaan, ke sama rata 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.

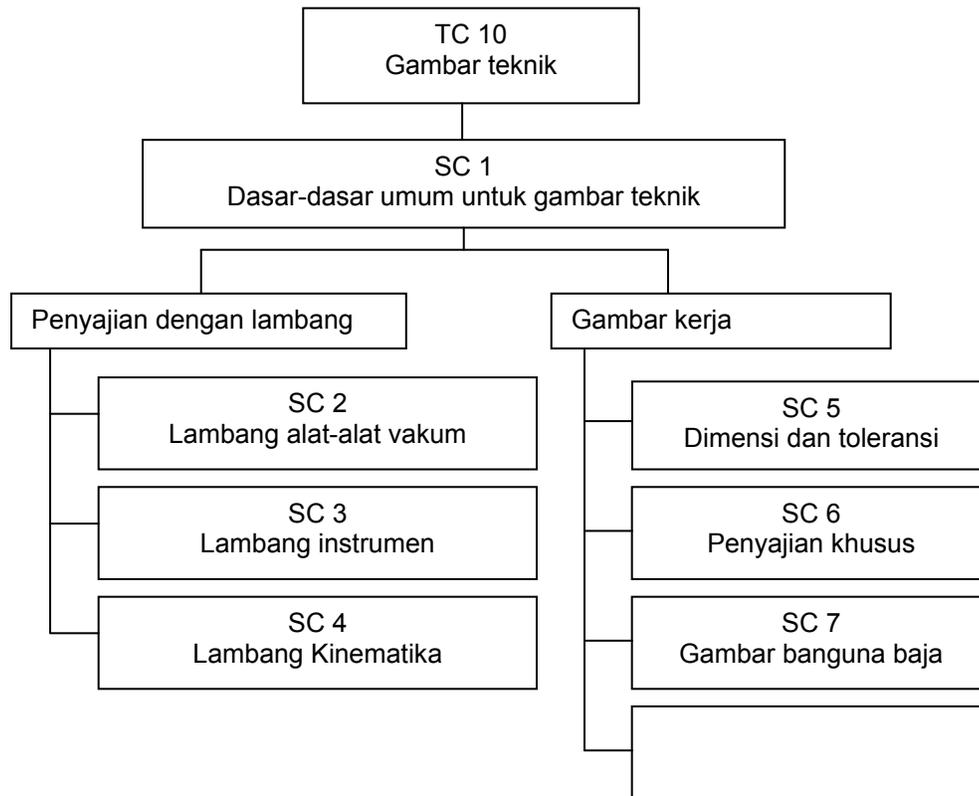
4.5. Kerangka dan Bidang-Bidang Kerja ISO/TC10

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 internasional”. 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 instrumentasi penghitung, pengukur, pencatat dan otomatis	ANSI	
SC 5		Memberi ukuran toleransi	SNV	
	WG 1	Revisi dari rekomendasi ISO R 1101-1969	SNV	
	WG 2	Toleransi 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	
SC 6	WG 7	Istilah	ANSI	
	WG 1	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 (Heating), ventilasi dan salurannya (ducking)	SIS	
	WG 5			
	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)



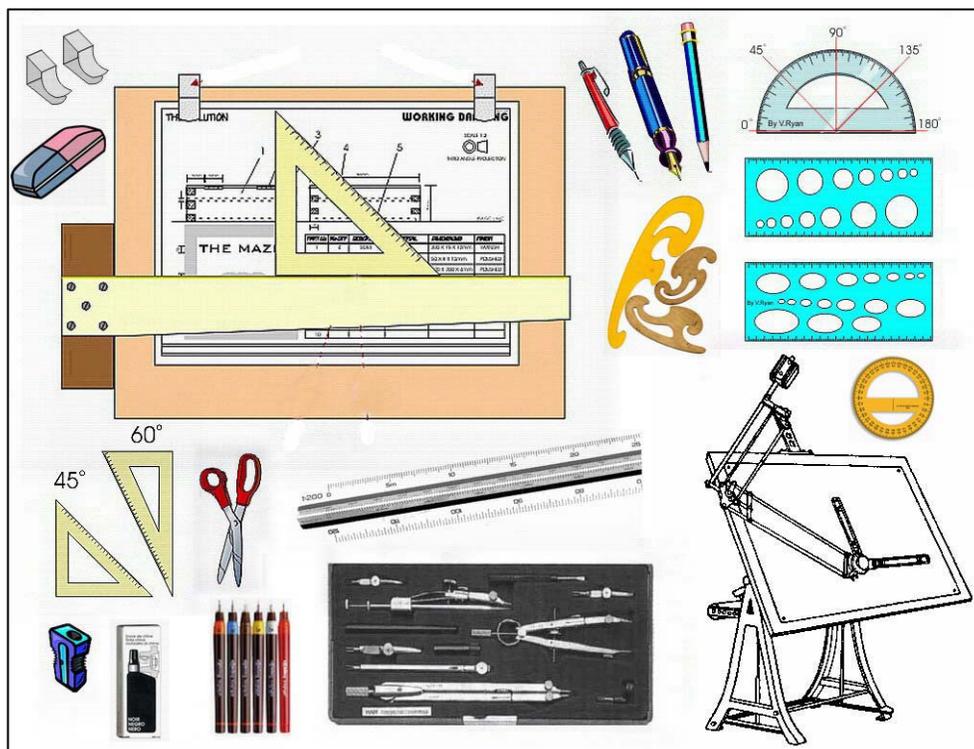
Gambar 4.1. Kerangka dan standar ISO/TC 10
(G. Takeshi Sato dan N. Sugiarto H, 1999)

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 sebagai berikut:



Gambar 4.2. Peralatan gambar teknik

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

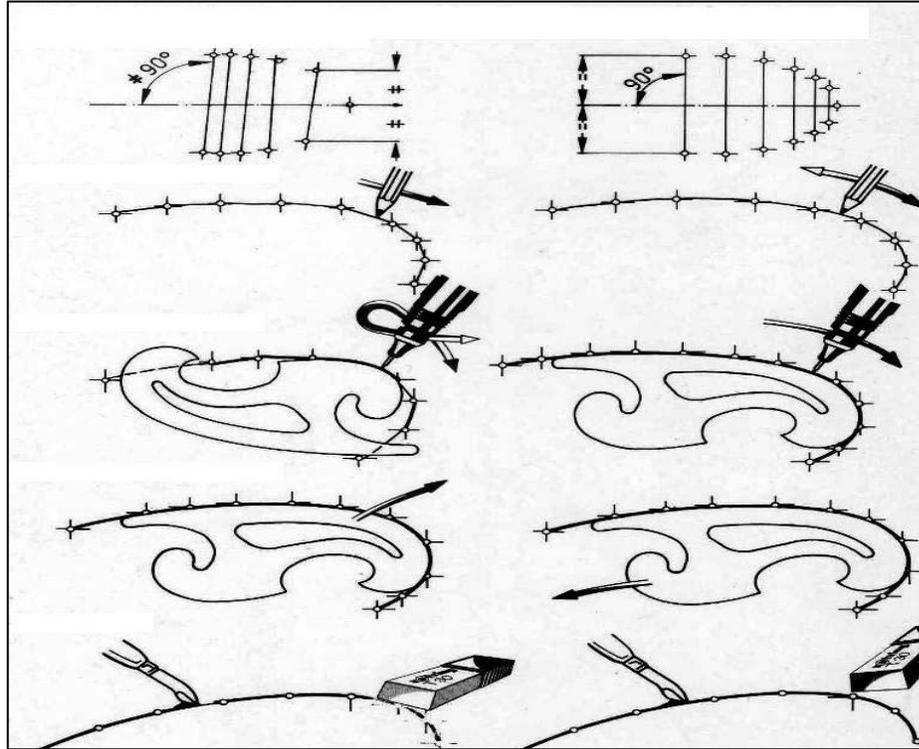
Disamping peralatan menggambar pada gambar di atas di masih ada yang lain seperti: Peruncing pensil, mistar ukur, jangka bagi, jangka pegas, jangka orleon, mal kombinasi, mal untuk proyeksi isometrik dan dimetrik, kain penghapus atau sapu tangan dan sebagainya.

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.

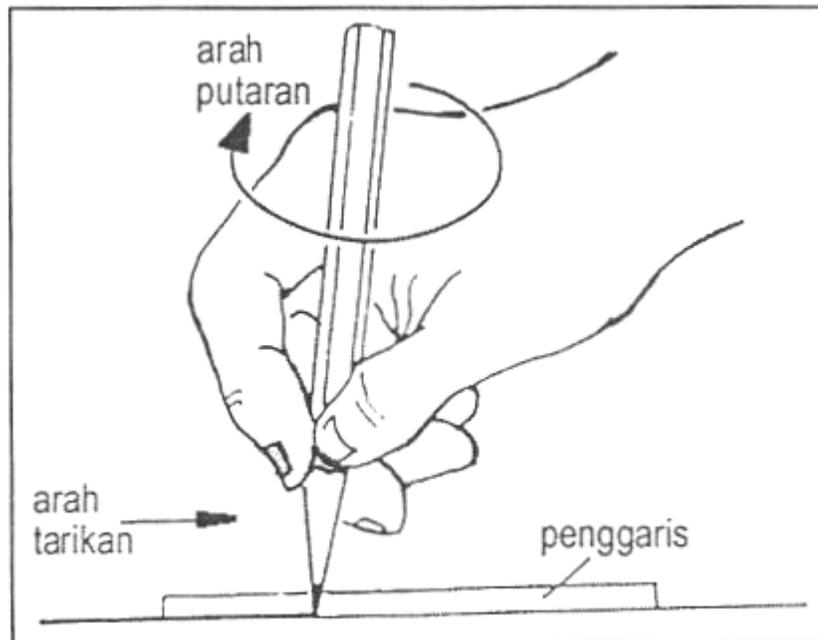


Gambar 4.3. Pengukuran radius lingkaran

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 $\pm 60^\circ$ dan selama menarik garis, pensil diputar dengan telunjuk dan ibu jari (gambar 4.4).

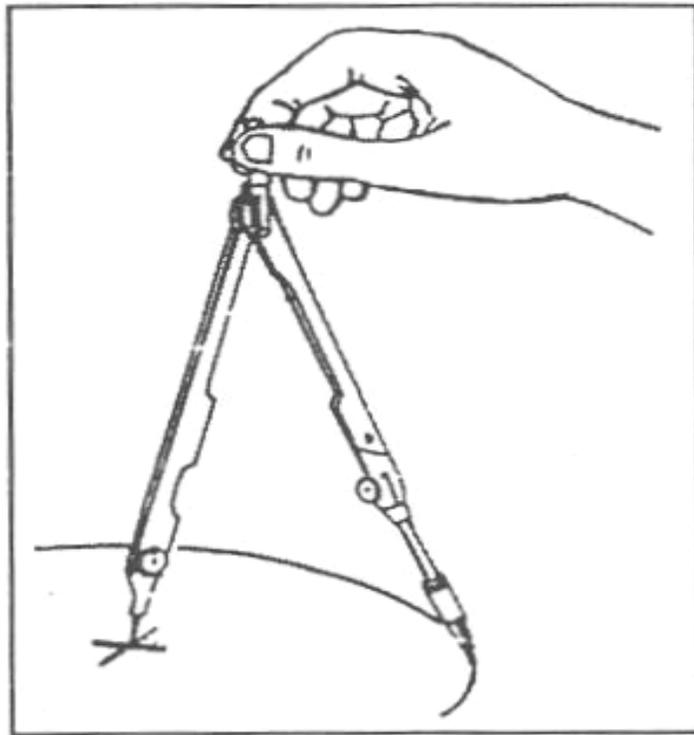


Gambar 4.4. Cara menarik garis dengan pensil

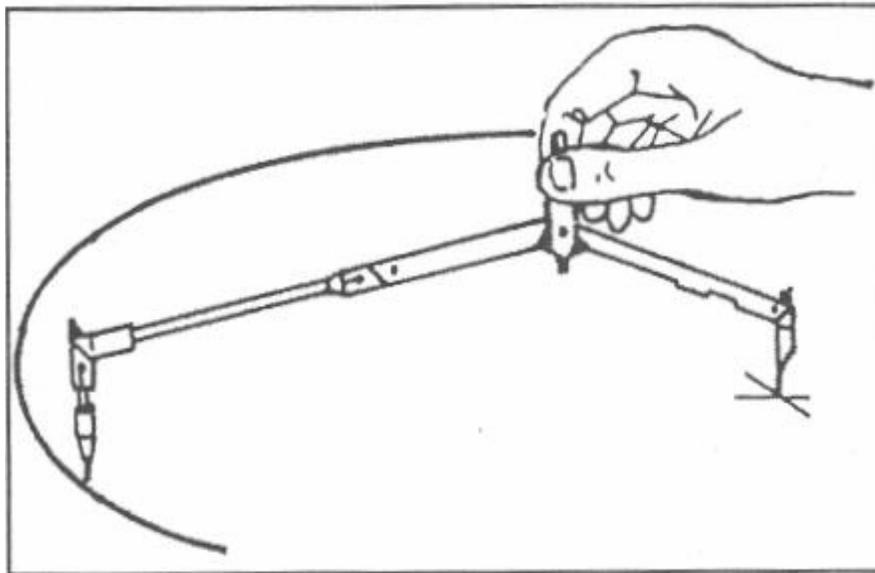
4.6.3. Cara menggunakan Jangka

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 kekerasannya pada saat penggantian jarum, sedangkan untuk pensil mempunyai engsel yang memungkinkan pensil bias disetel dalam 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 ialah untuk mempermudah pemotongan 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 langsung. 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 menguntungkan. 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 melakukan 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.

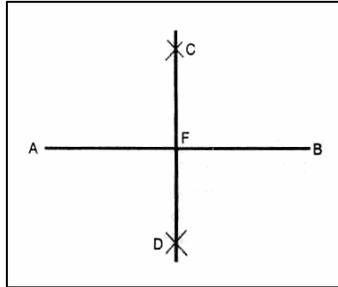
4.8.1. Garis Tegak Lurus

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 $AF = FB$.

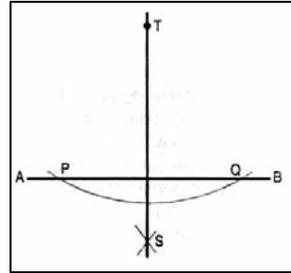
Gambar 4.8. menunjukkan cara membuat garis tegak lurus melalui titik O yang terletak pada garis AB. Langkah pertama, buat busur lingkaran di titik O dengan ukuran jari-jari sembarang. Busur lingkaran tersebut memotong garis AB di titik S dan T. Buat lingkaran dengan ukuran jari-jari sembarang di titik 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.

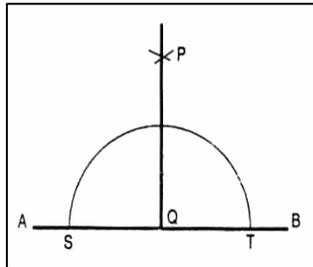
Gambar 4.10. menunjukkan cara membuat garis tegak lurus yang melalui titik A. Langkah awal buat garis AB, selanjutnya di dekat titik A diberi titik Q. Setelah itu buat busur lingkaran melalui titik Q dengan pusat busur lingkaran di titik P yang terletak di luar garis AB. Busur lingkaran tersebut memotong 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.



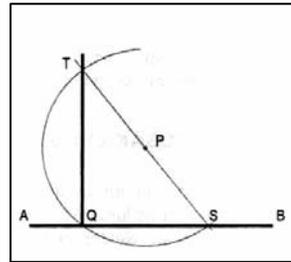
Gambar 4.7. Cara membagi dua garis lurus sama panjang



Gambar 4.9. cara membuat garis tegak lurus melalui titik T



Gambar 4.8. cara membuat garis tegak lurus melalui titik Q



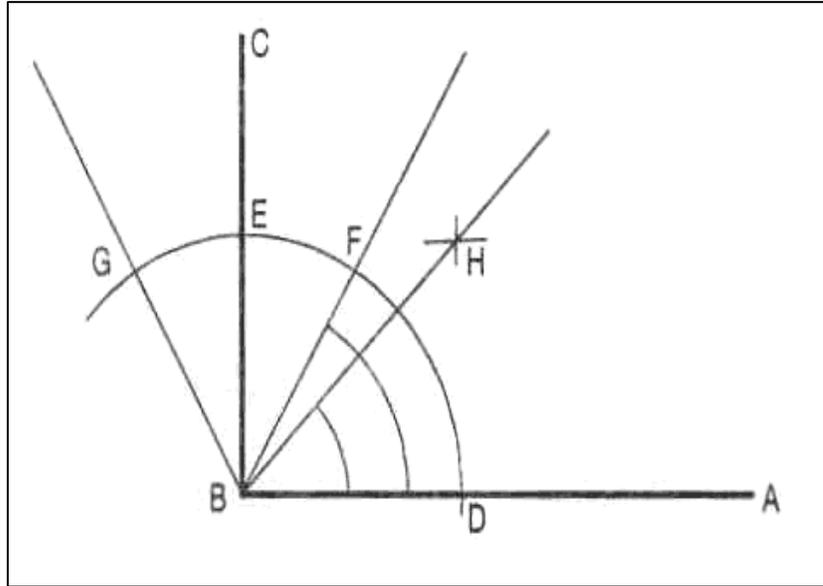
Gambar 4.10. cara membuat garis tegak lurus yang melalui titik A.

4.8.2. Membagi Sudut

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

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° .



Gambar 4.11. Cara membagi sudut 90° menjadi dua sama besar.

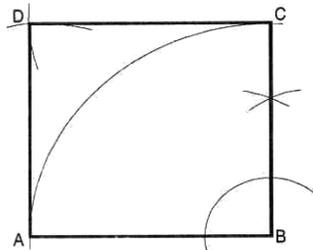
Gambar 4.12. menunjukkan cara membuat sebuah segi empat sama sisi. Langkah pertama, buat garis AB yang telah ditentukan panjangnya. Buat garis tegak lurus di titik B, kemudian buat busur lingkaran dengan jari-jari AB, titik B sebagai pusat. Garis tersebut memotong garis tegak lurus di titik C. Buat busur 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.

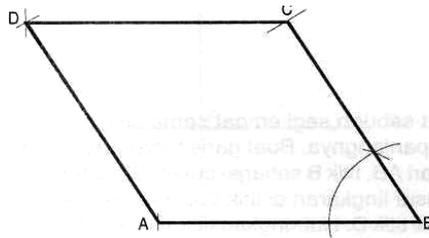
Gambar 4.15. menunjukkan cara membuat belah ketupat yang telah diketahui sisi tingginya. Langkah pertama buat garis lurus AB, kemudian tarik garis tegak lurus AB di titik A dan titik E pada garis AB. Buat busur lingkaran di titik A dan E dengan panjang jari-jari sama dengan tinggi belah ketupat. Busur 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.



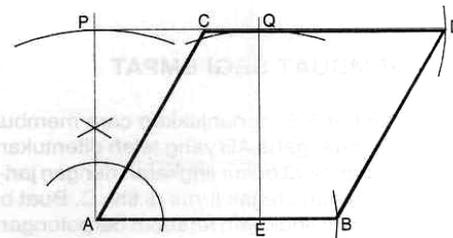
Gambar 4.12 Cara membuat sebuah segi empat sama sisi.



Gambar 4.13 Cara membuat empat persegi panjang dengan sisi panjang AB



Gambar 4.14 Cara membuat segi empat belah ketupat.



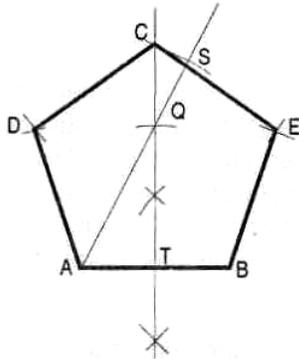
Gambar 4.15 cara membuat belah ketupat yang telah diketahui sisi tingginya.

4.8.3. Membuat Segi Lima

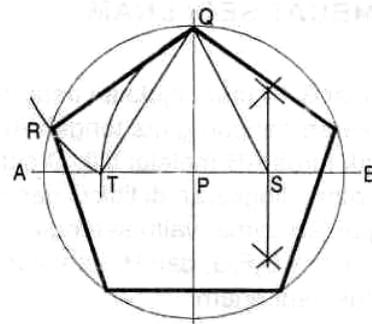
Gambar 4.16. menunjukkan cara membuat suatu segi lima yang panjang salah satu sisinya sudah diketahui. Garis AB adalah sisi dari segi lima, bagi garis tersebut menjadi dua bagian yang sama panjang, namai titik itu dengan titik T. Tarik garis tegak lurus melalui titik T dengan panjang sama dengan garis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



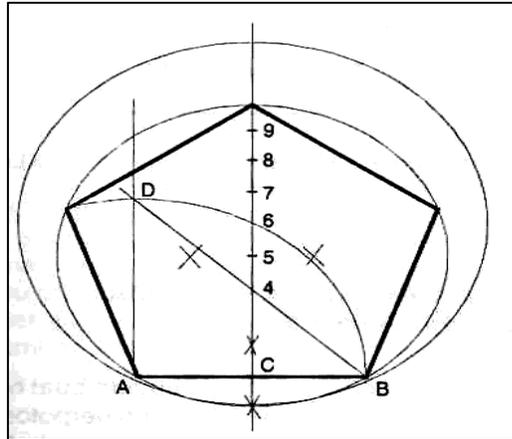
Gambar 4.16. Cara membuat suatu segi lima yang panjang salah satu sisinya sudah diketahui.



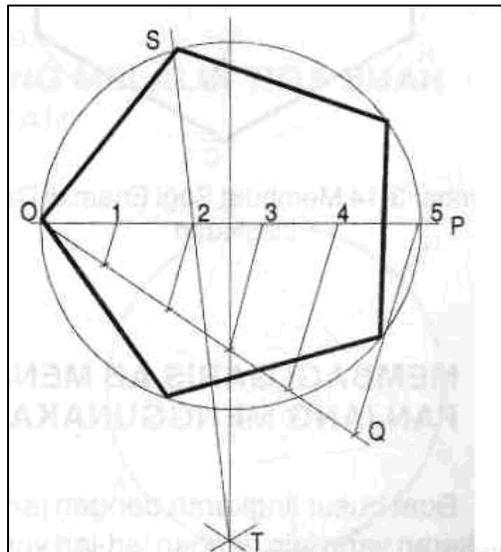
Gambar 4.17. Cara membuat segi lima yang berada di dalam lingkaran.

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.

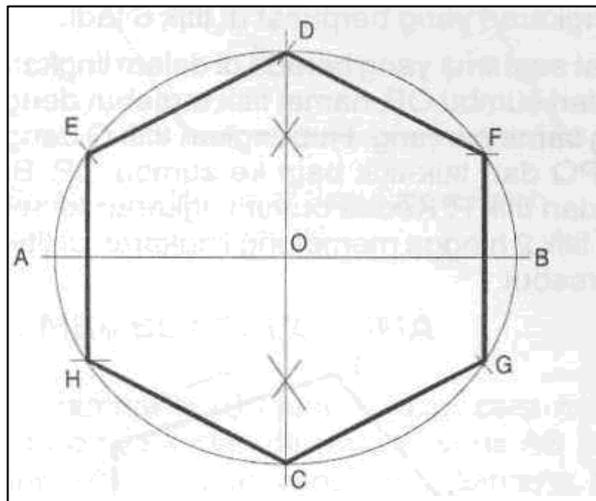


Gambar 4.19. Cara membuat segi lima yang berada di dalam lingkaran.

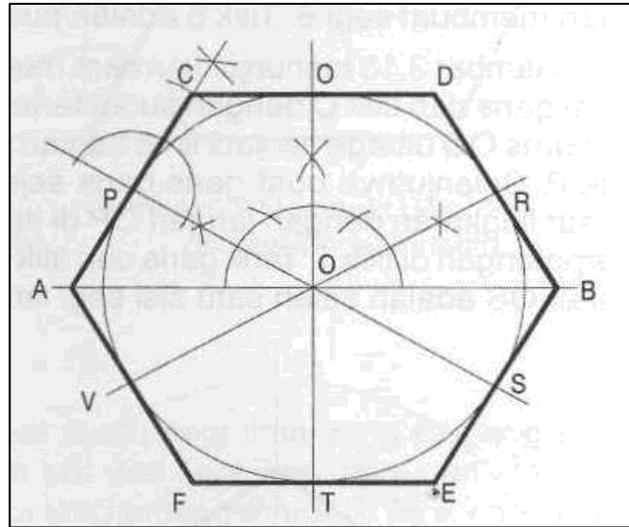
4.8.4. Membuat Segi Enam

Gambar 4.20. menunjukkan cara membuat sebuah segi enam di dalam lingkaran. Buat lingkaran dengan garis tengah AB dan titik O sebagai titik pusat lingkaran. Tarik garis tegak lurus AB melalui titik O 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° 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 jari-jari 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.

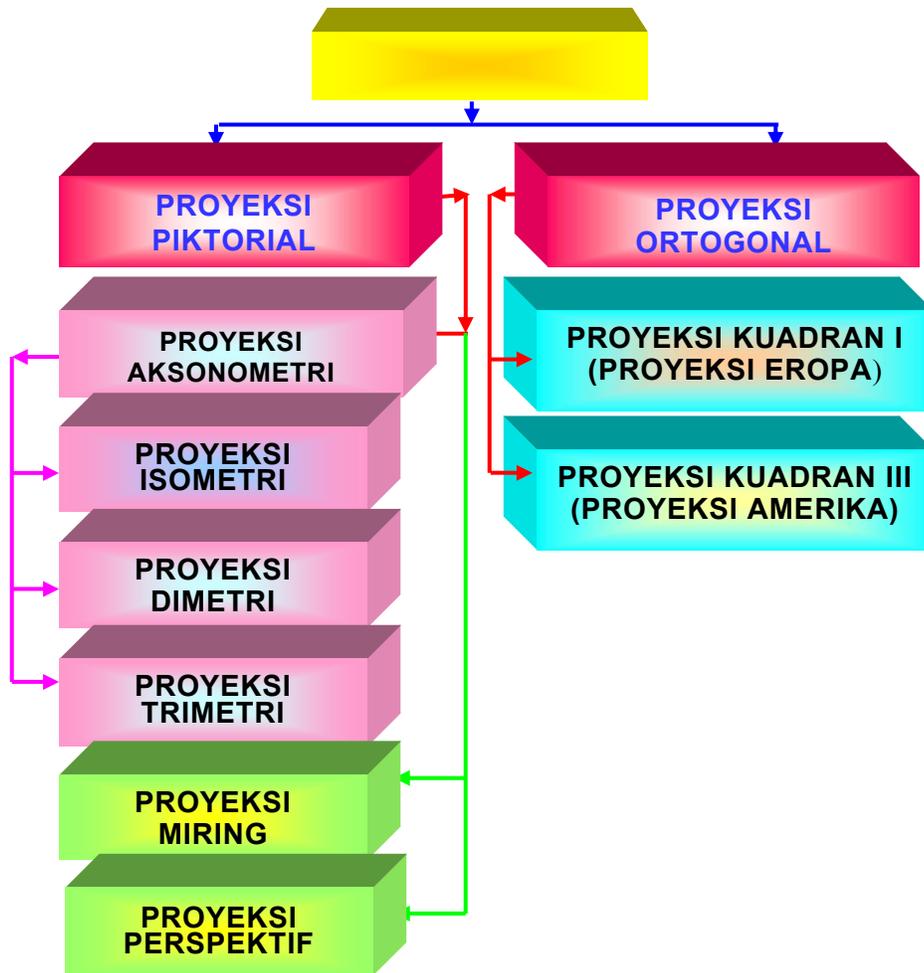
4.9. Proyeksi

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

Bukan 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 pandangan 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.

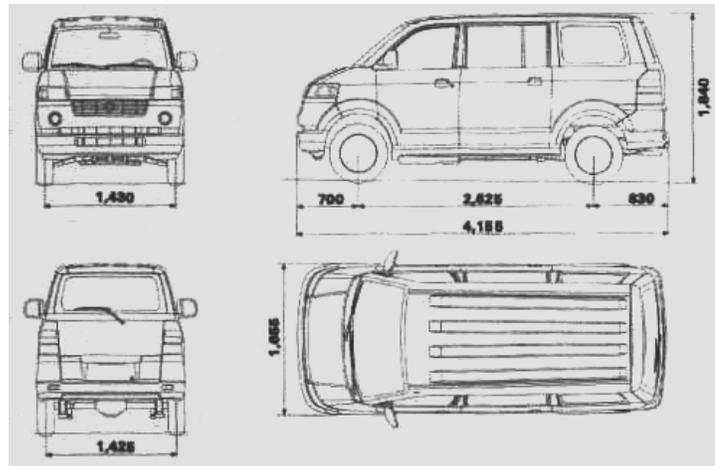


Gambar 4.22. Beberapa macam cara proyeksi

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

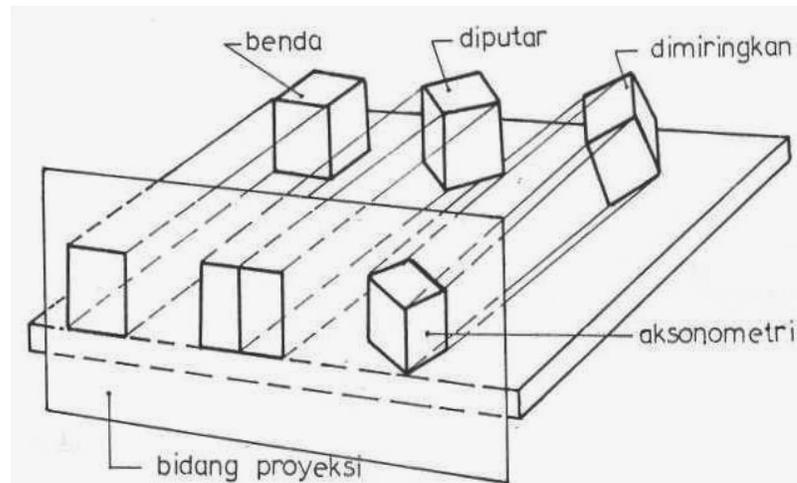


Gambar 4.24. Gambar ilustrasi teknik (Bukan gambar piktorial)
(www.balibestrate.com)

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

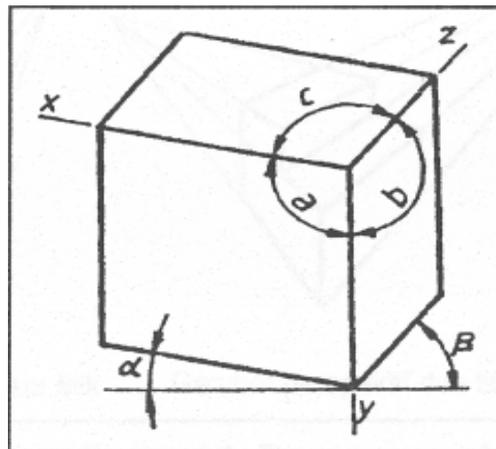
4.9.2. Proyeksi aksonometri

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 pada 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.

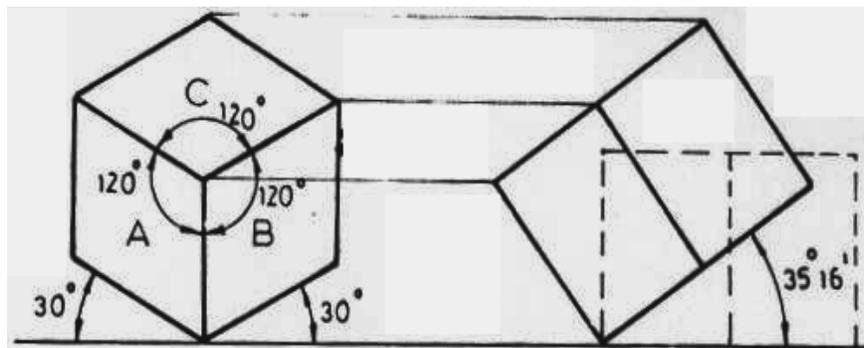
Tabel.4.3 Harga sudut-sudut proyeksi dan skala perpendekan dalam proyeksi aksonometri.

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

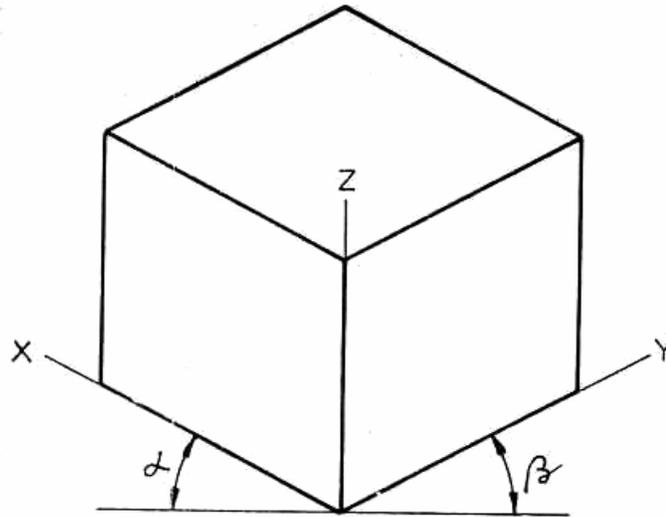
Apabila sebuah benda atau kubus kita letakkan pada sebuah bidang datar dengan diagonalnya tegak lurus terhadap bidang proyeksi, maka yang akan kelihatan hanyalah dua permukaan bidang saja yaitu bidang A dan B, seperti terlihat pada gambar 4.27.



Gambar 4.27. Sudut proyeksi isometri

Dan bila kubus tersebut kita miringkan, sehingga bagian bawah dari bidang kubus tersebut membentuk sudut $35^\circ 16'$ terhadap bidang datar. Maka proyeksi dari kubus yang berada pada bidang proyeksi akan tampak menjadi tiga buah 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 α dan β 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.

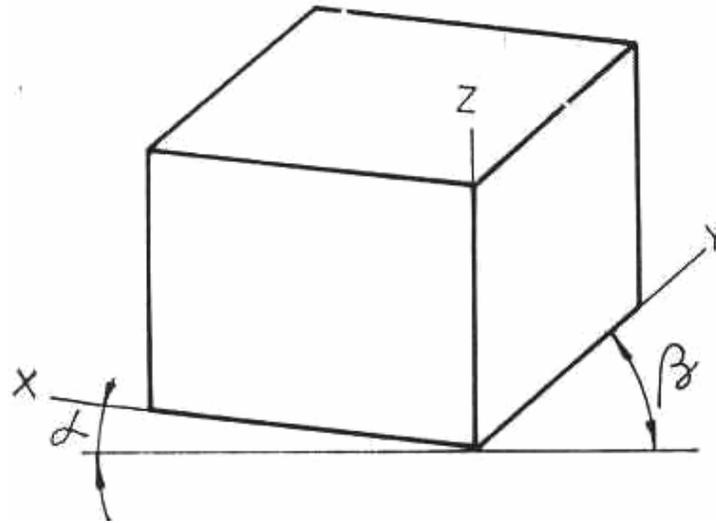


Gambar 4.28. Sudut proyeksi isometri

4.9.4. Proyeksi dimetri

Apabila sebuah benda digambarkan ke dalam 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.

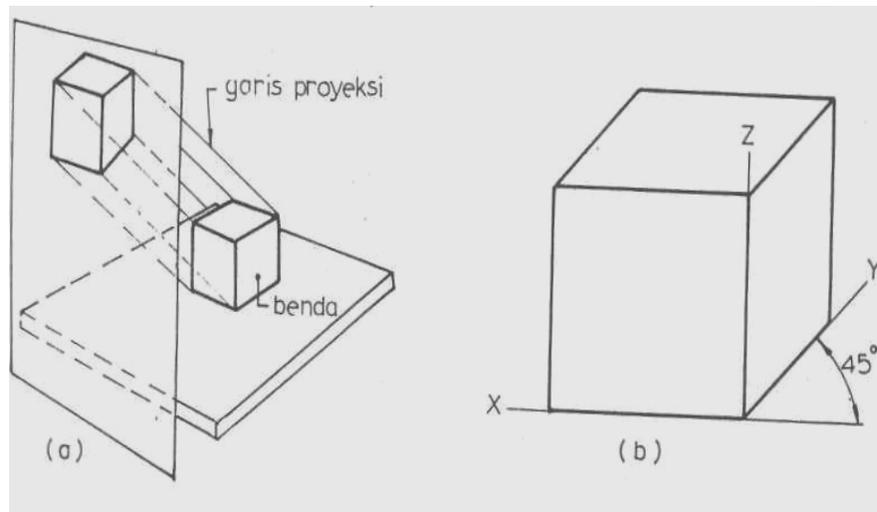
Cara penggambaran proyeksi dimetri ini seperti terlihat pada gambar 4.29. di mana penggambaran ke arah sumbu X dan Y digambarkan pada skala 1:1, sedangkan ke arah sumbu Z digambarkan pada skala 1:2 dan sudut $\alpha = 7^\circ$ sudut $\beta = 42^\circ$.



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.

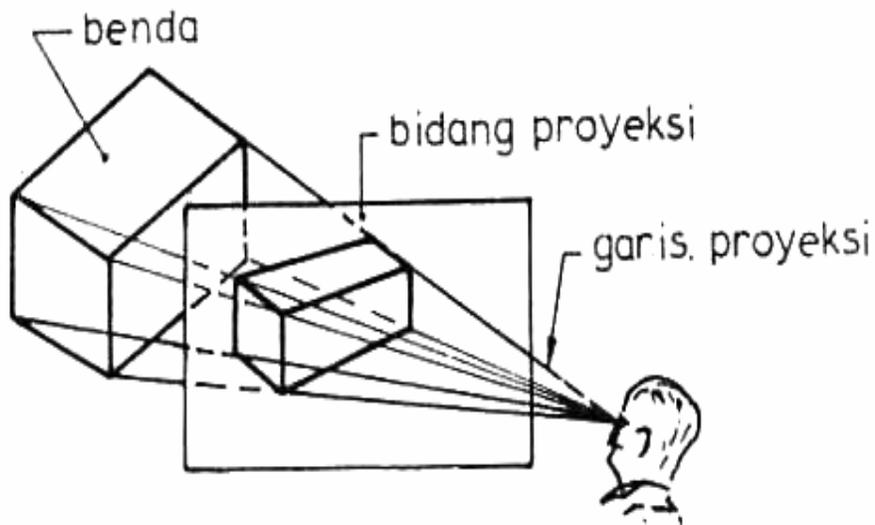
Cara memnggambarnya sebagai berikut:

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

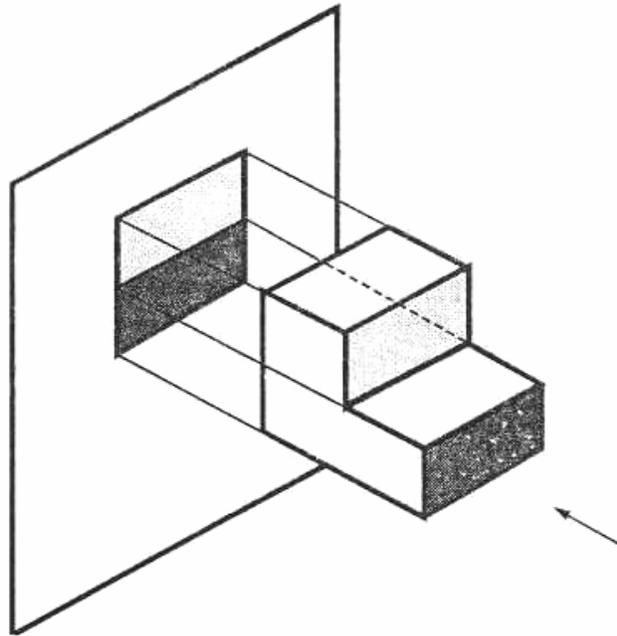
4.9.7. Proyeksi Eropa dan Amerika.

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*, dan 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.

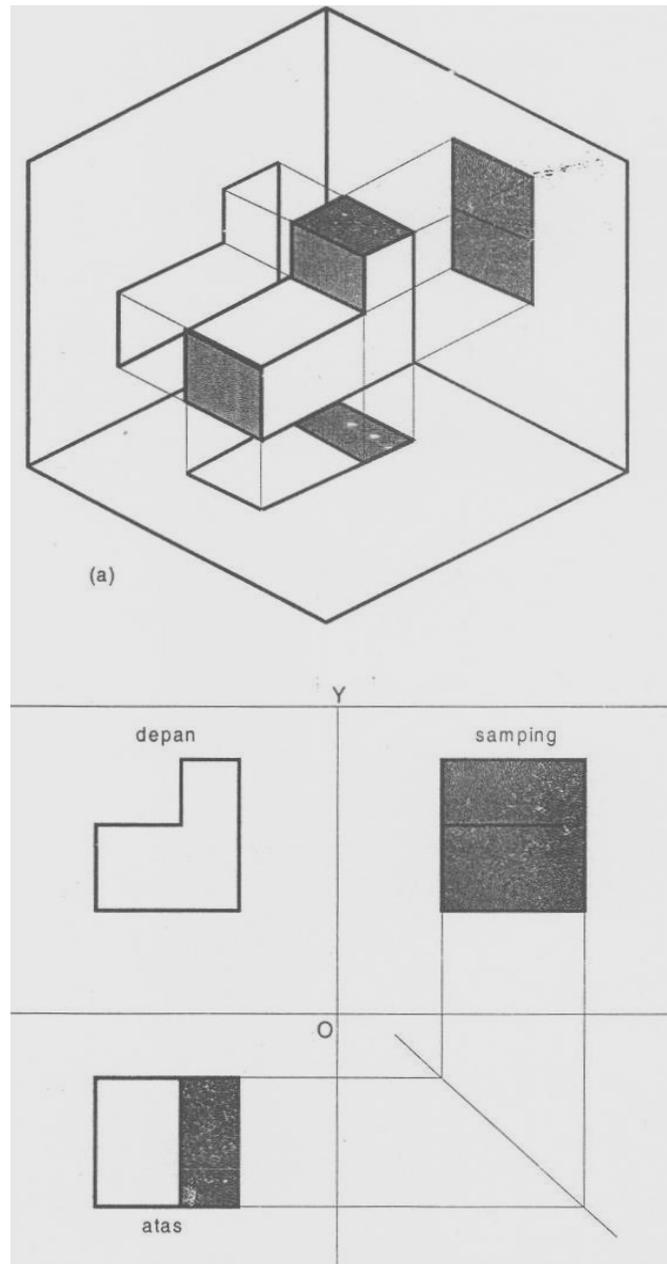


Gambar 4.32. Proyeksi sistem Eropa

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 pandangan atas terletak di bawah

benda, proyeksi pandangan depan terletak di belakang benda, dan proyeksi pandangan 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 pandangan samping adalah di sebelah kanan pandangan depan (lihat Gambar 4.33).

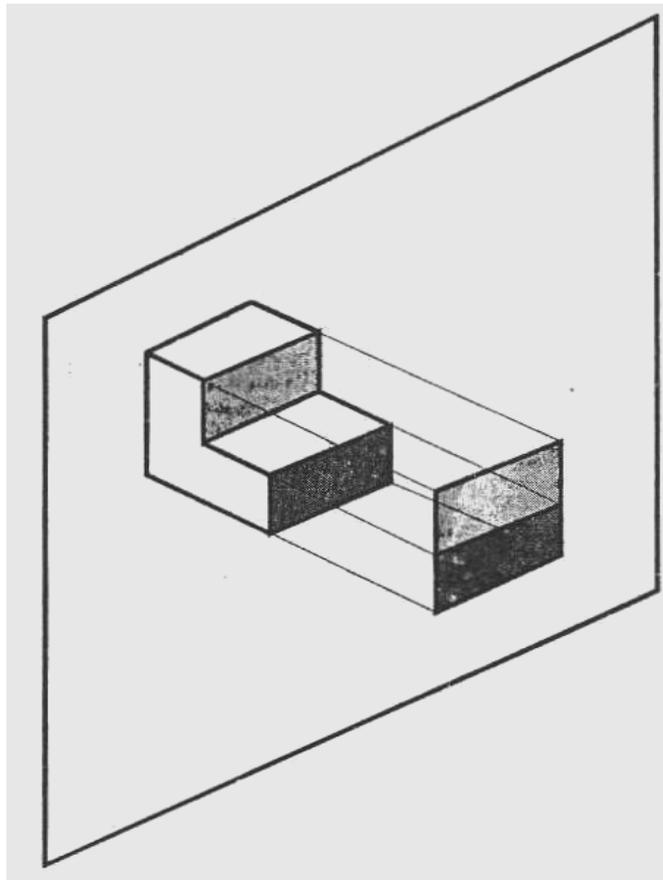


Gambar 4.33. Menggambar proyeksi sistem Eropa

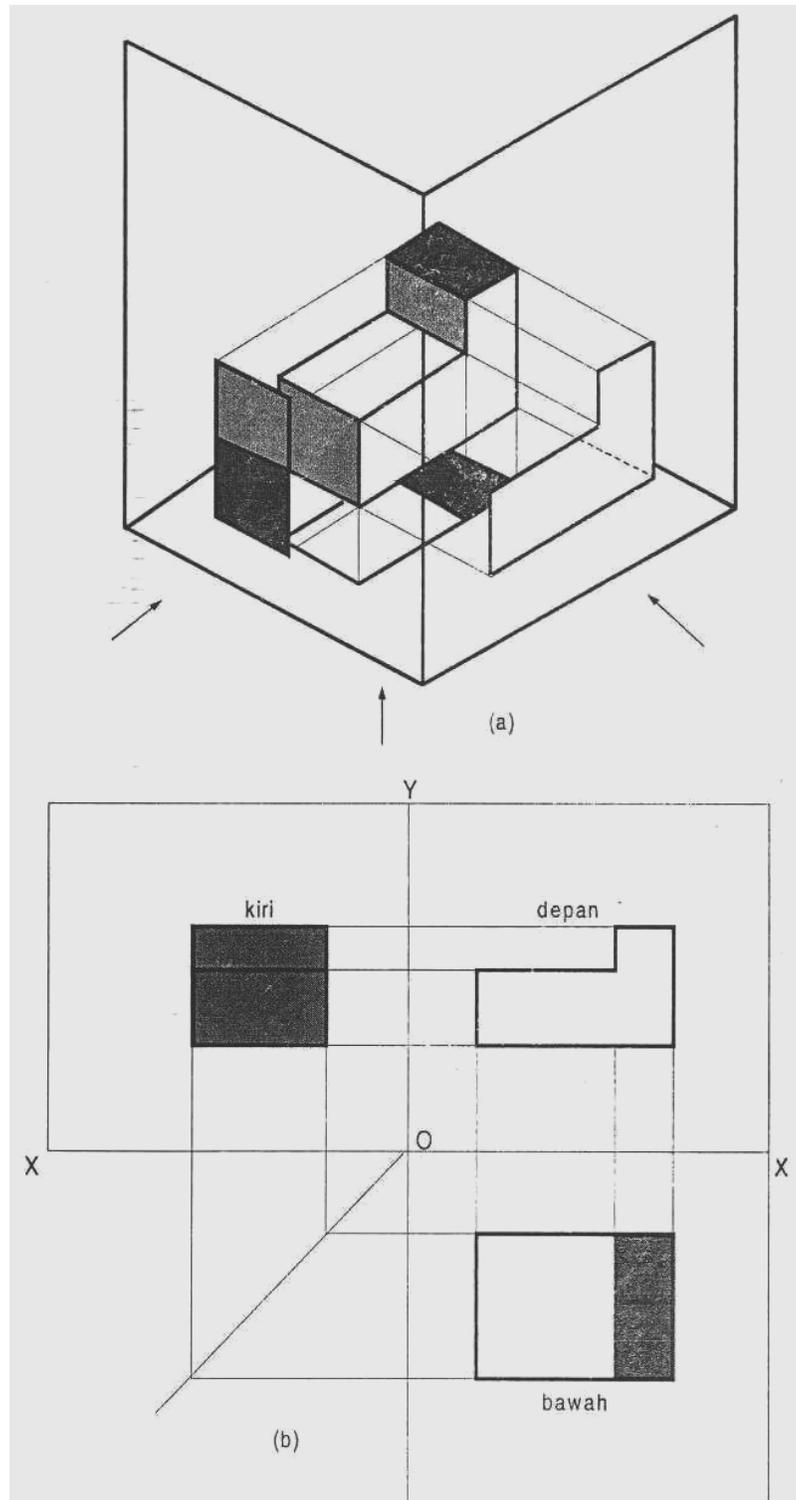
4.9.9. Proyeksi Sistem Amerika (Third Angle Projection)

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 pandangan bawah akan terletak di bawah pandangan depan, pandangan kiri terletak di sebelah kiri pandangan depan, demikian juga pandangan-pandangan 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 pemotongan 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 gambar 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 yang 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

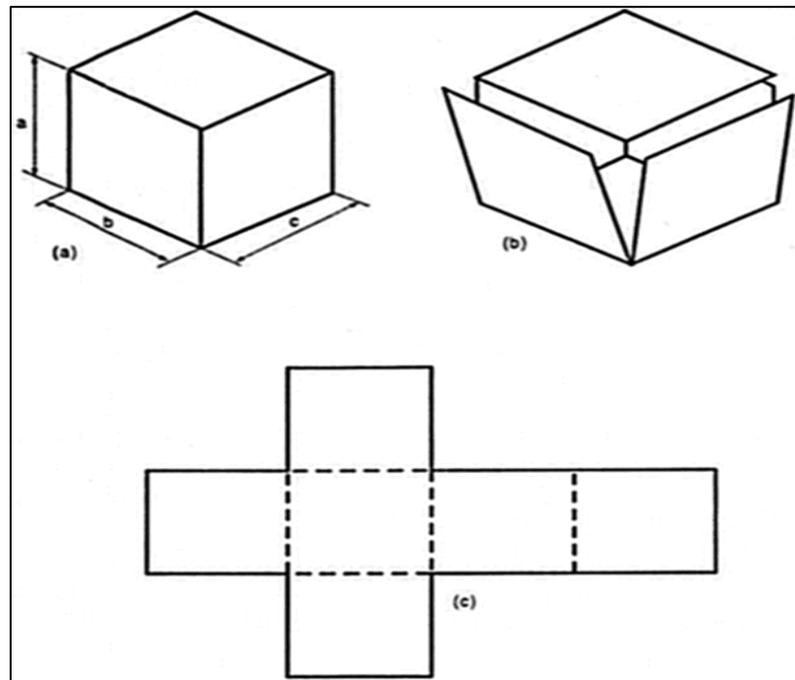
Benda padat geometrik dibatasi oleh permukaan geometrik dapat dogolongkan sebagai berikut: Benda padat yang dibatasi oleh permukaan bidang: tetrakedron, kubus, prisma, piramida dan lainnya. Benda padat yang dibatasi oleh permukaan lengkung tunggal: kerucut dan silinder (dibangkitkan oleh garis lurus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

4.10.4. Pembentangan

Bagan susunan permukaan lengkap suatu objek disebut gambar bentangan atau pola. Pembentangan 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 silinder juga dapat dibuka pada sebuah bidang. Gambar bentangan silinder lurus adalah sebuah segi panjang yang lebarnya sama dengan keliling silinder yang dihitung (πd). 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 dengan jelas bahwa 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 sesuai 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, triangulasi serta metode kombinasi.

4.10.6. Teknik menggambar bentangan

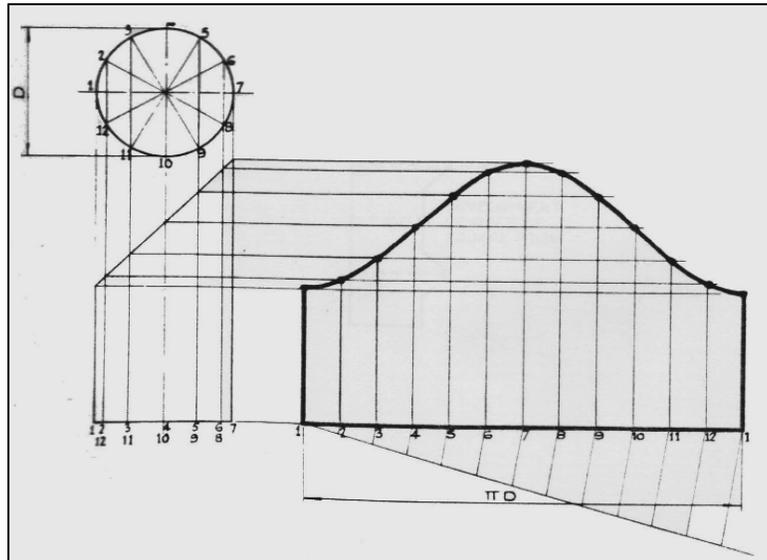
Teknik menggambar bentangan biasanya dilakukan dengan dua cara yakni secara grafis dan secara matematis. Kedua teknik ini mempunyai keuntungan yang berbeda-beda. Untuk proses penggambaran bentangan profil tertentu biasanya digunakan lukisan secara grafis. Tetapi untuk profil-profil

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.

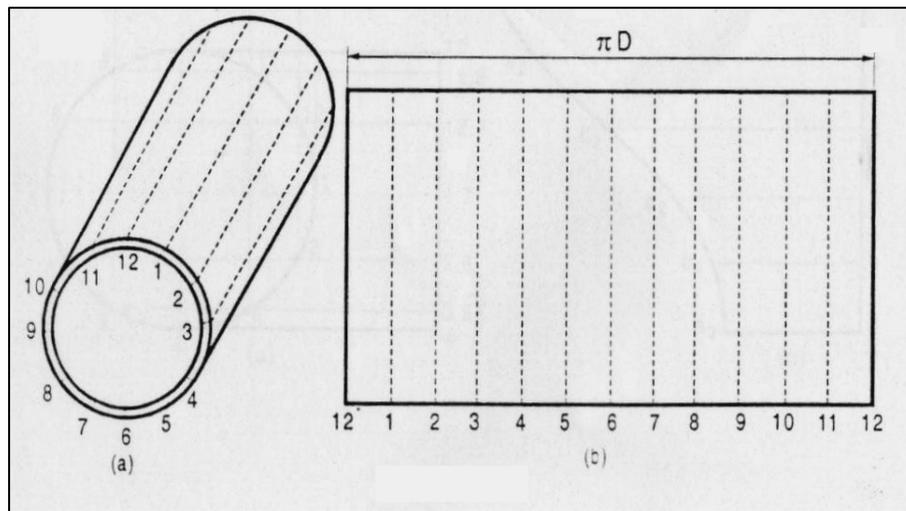
Hasil pengukuran dengan pemindahan jangka ini dari 1 ke 12 merupakan keliling lingkaran yang terbentuk. Semakin banyak pembagi jumlah lingkaran ini maka hasil yang diperoleh juga semakin teliti.



Gambar. 4.37. Bentangan Lingkaran secara grafis

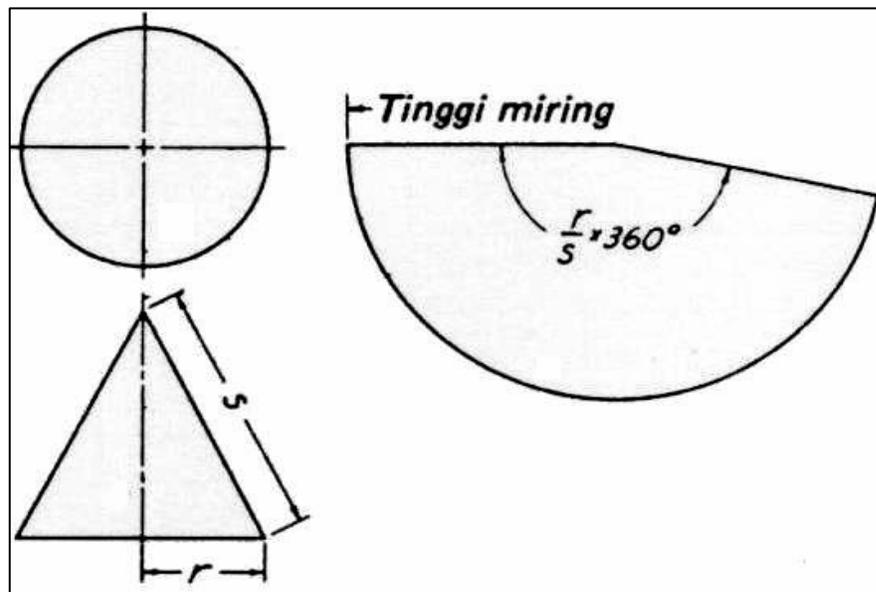
- Secara Matematis

Lukisan bentangan dari sebuah lingkaran ini lebih mudah dilakukan secara matematis. Caranya adalah dengan menghitung keliling lingkaran tersebut. Yakni keliling lingkaran = $\pi \cdot D$, 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.

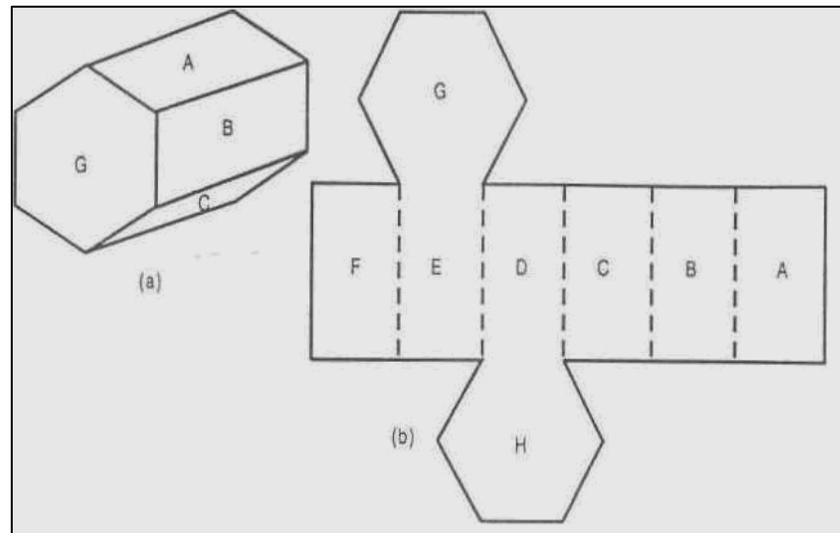


Gambar 4.39. Bentangan kerucut lurus/tegak secara matematis

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.

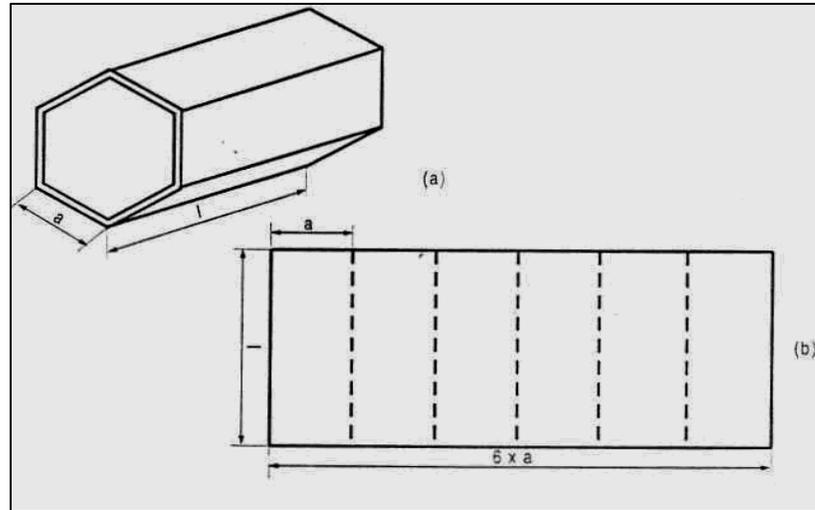
Gambar 4.40b menunjukkan suatu bentangan sebuah prisma. Bukaan tersebut merupakan empat persegi panjang. Panjang bukaan tersebut sama dengan keliling segi enam, dengan menggunakan metode garis sejajar/paralel. Sedangkan lebar dari segi empat sama dengan tinggi prisma.



Gambar 4.40. Bentangan prisma tertutup

4.10.8. Bukaan Pada Prisma

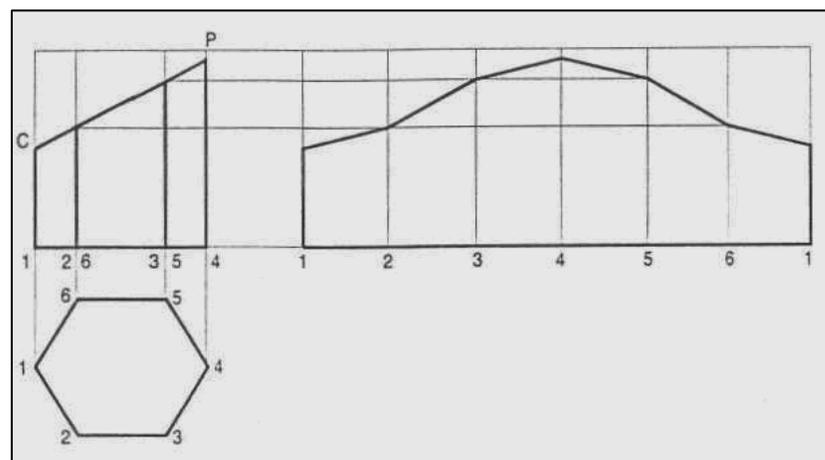
Gambar 4.41a menunjukkan gambar prisma seperti Gambar 4.40a, namun kanan kiri terbuka. Gambar 4.41a menunjukkan empat persegi panjang yang merupakan bukaan atau bentangan dari prisma. Panjang segi empat sama dengan $6 \times a$ dan lebar adalah L .



Gambar 4.41. Bentangan prisma terbuka

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

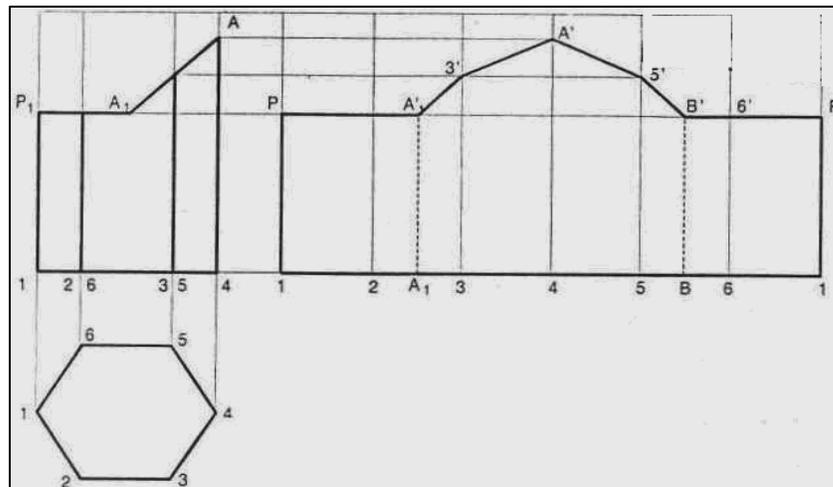
Langkah selanjutnya, buat garis mendatar yang panjangnya sama dengan keliling prisma segi enam tersebut. Kemudian empat persegi panjang tersebut dibagi menjadi enam bagian yang sama besar. Selanjutnya ukurkan tiap-tiap garis tinggi pada prisma, setelah itu dipindahkan ke dalam segi empat.



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 pandangan 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 panjangnya, demikian juga untuk sisi-sisi yang lain. Setelah itu, hubungkan titik P ke titik $2'$, dari titik $2'$ ke titik A_1' , dari titik A_1' ke titik $3'$, dari $3'$ ke titik A , demikian seterusnya.



Gambar 4.43. Bentangan prisma dipotong miring

4.10.9. Profil Persegi

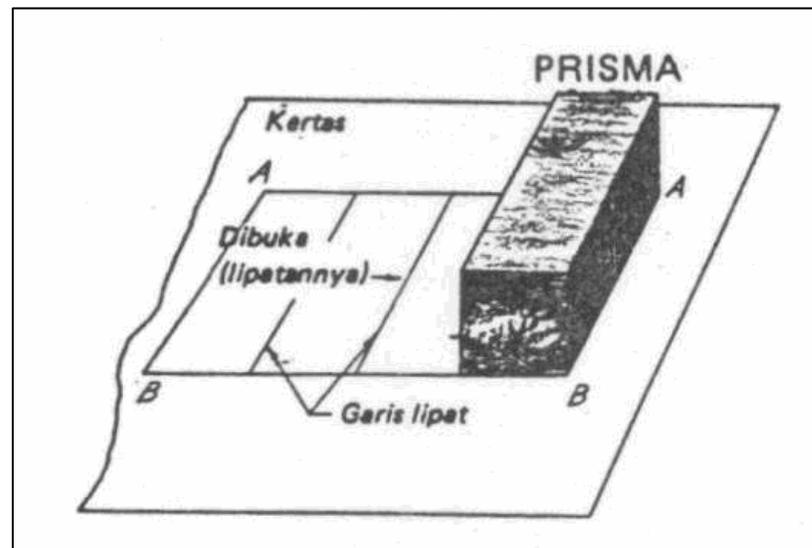
Permukaan baling dan permukaan lengkung berganda tidak dapat dibentangkan dengan cermat, tetapi permukaan ini dapat dibentangkan dengan sesuatu metode pendekatan. Biasanya, pola pendekatan akan cukup cermat untuk tujuan praktis, apabila bahan yang dipakai untuk membuat benda itu agak fleksibel.

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 menyediakan 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 menengadahkan, 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 pekerja logam lembaran harus membuat tanda pons untuk melipat pada permukaan dalam.



Gambar 4.44. Pembentangan prisma

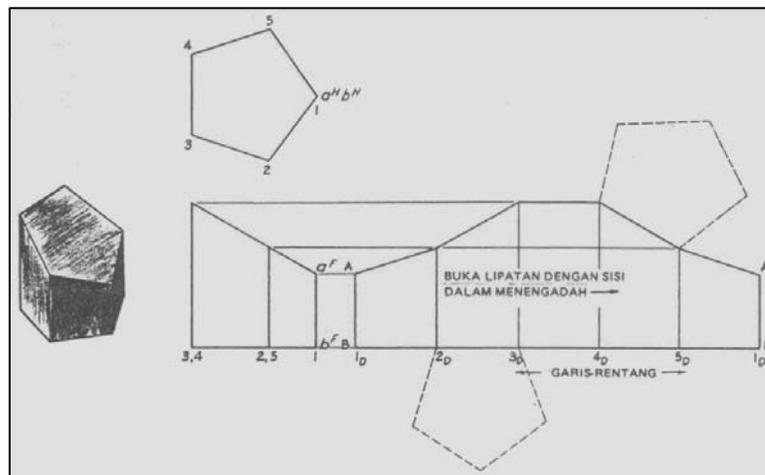
Sekalipun dalam pengolahannya nyata logam lembaran, ekstra logam harus disediakan untuk tumpangan (lap) pada kampuh, namun dalam bab ini tidak akan diperlihatkan tenggang (allowance) pada gambar bentangan. Juga banyak dipertimbangkan praktis lainnya telah diabaikan dengan sengaja, guna menghindari bingungnya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

4.10.11. Membenteng prisma lurus terpancung

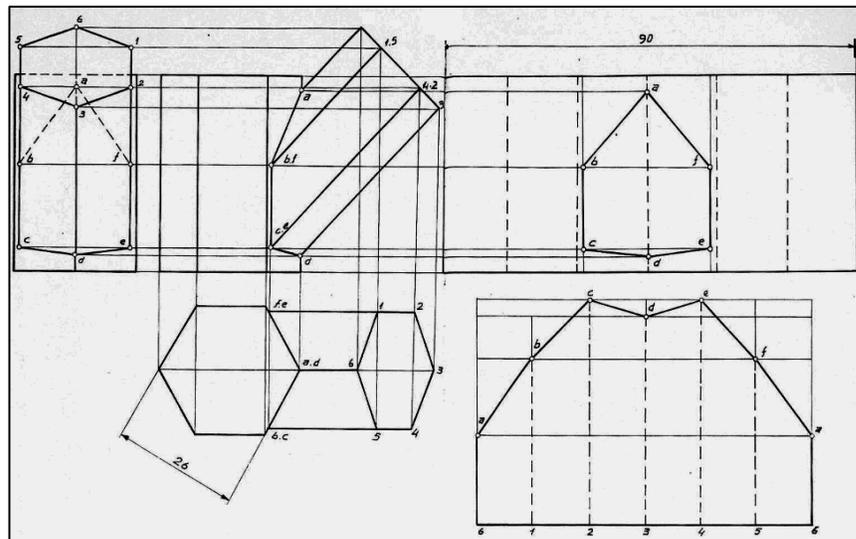
Sebelum gambar bentangan permukaan samping prisma dapat digambar, panjang sejati rusuk dan ukuran sejati suatu penampang lurus harus ditentukan. Pada prisma terpancung lurus yang terlihat dalam gambar 4.45, panjang sejati rusuk prisma diperlihatkan dalam tampang muka dan tampang sejati penampang lurus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

Permukaan samping “dibuka lipatannya” dengan lebih dahulu menggambar “garis yang direntangkan” dan mengukur lebar mukanya (jarak 1-2, 2-3, 3-4 dan seterusnya dari tampang atas) sepanjang garis rentang itu secara berturut-turut. Setelah itu ditarik garis konstruksi tipis melalui titik-titik ini, tegak lurus pada garis $1D$ $1D$, dan panjang rusuk yang bersangkutan diukirkan pada masing-masing garis konstruksi itu dengan memproyeksikan dari 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 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 membentengkan permukaan samping prisma lurus

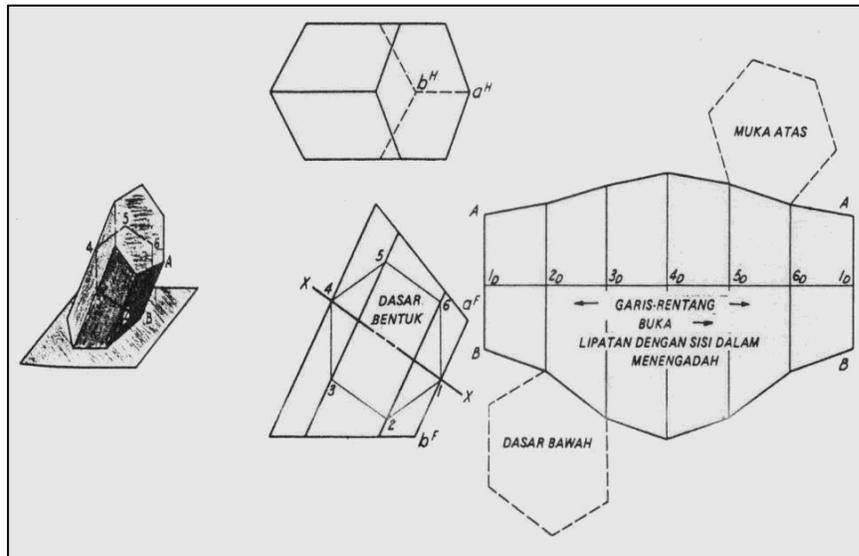


Gambar 4.46. Pembentangan prisma segi enam lurus dan miring

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 titik-titik bagi. Panjang bagian tiap-tiap rusuk yang bersangkutan, sebelah atas dan sebelah bawah bidang X-X, dipindahkan ke garis yang sesuai dalam gambar bentangan. Jarak pada sebelah 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

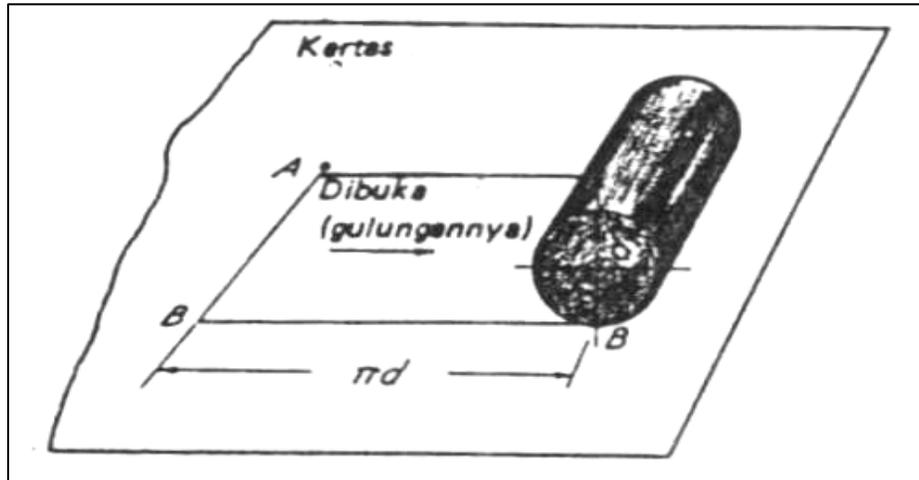
Apabila permukaan samping silinder lurus dibuka gulugannya pada sebuah bidang, maka dasarnya membentangi menjadi garis lurus. Panjang garis ini yang sama dengan keliling penampang lurus ($\pi \times$ garis tengah), dapat dihitung dan diukur sebagai garis rentang $1_D 1_D$.

Karena silinder itu dapat dianggap sebagai prisma bersegi banyak, pembentangnya 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.

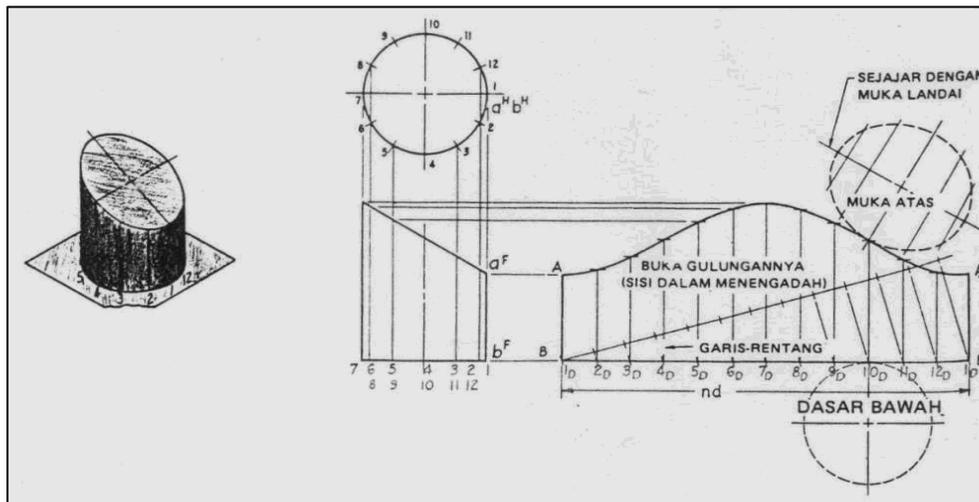
Biasanya elemen itu diregangkan dengan membagi keliling dasar, seperti diperlihatkan oleh lingkaran dalam tampak atas, dalam bagian yang sama banyaknya. Garis rentang dibagi dalam bagian yang sama banyaknya dan elemen tegak lurus ditarik melalui tiap-tiap titik bagi. Setelah itu panjang sejati tiap-tiap 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 dan tipis sebelum memakai alat 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 yang perlu digambar.

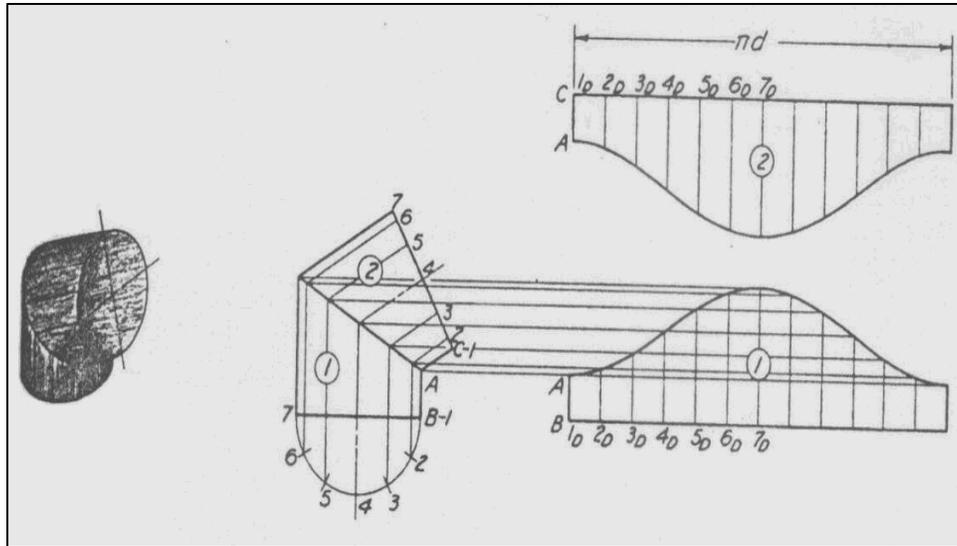
Sepotong dari tipe ini dapat merupakan sebagian siku yang dua potong, yang tiga potong atau yang empat potong. Potongan itu biasanya dibentangkan seperti dilukiskan dalam gambar 4.48. Garis rentangan tiap-tiap potongan sama panjangnya dengan perimeter (keliling) penampang yang dihitung.



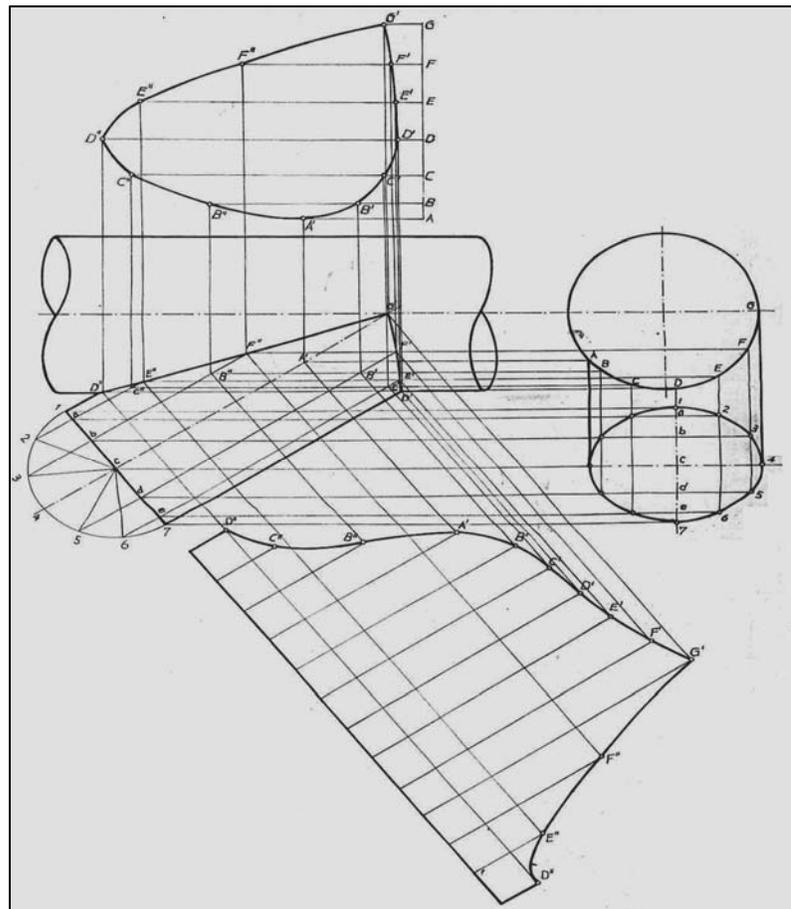
Gambar 4.48. Pembentangan silinder



Gambar 4.49. Pembentangan silinder lingkaran lurus dipotong miring



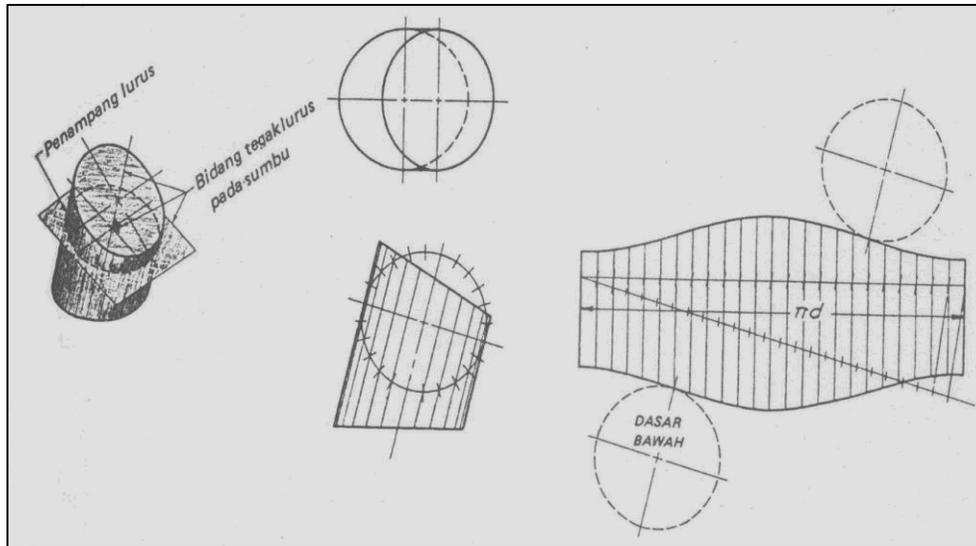
Gambar 4.50. Siku dua potong



Gambar 4.51. Bentangan silinder datar ditembus silinder miring

4.10.14. Membentangkan silinder miring

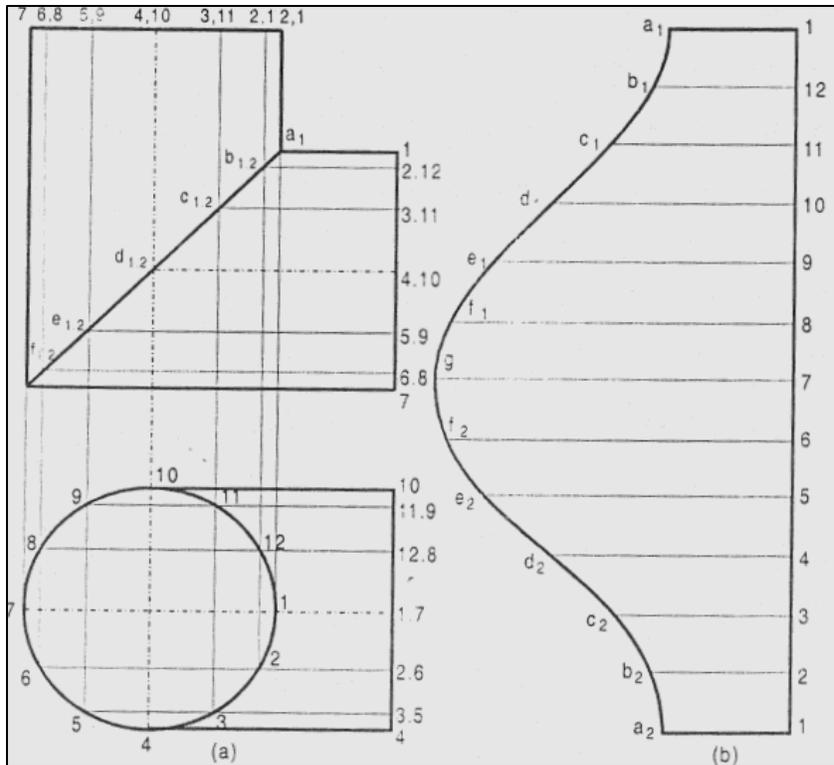
Karena menurut teori, silinder miring dapat dianggap sebagai merangkum (*Enclosing*) prisma miring teratur, yang mempunyai sisi dalam jumlah yang tak terhingga banyaknya, pembentangan permukaan samping silinder yang dapat dilihat dalam gambar 4.51. dapat dibuat dengan menggunakan metode yang dilukiskan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



Gambar 4.52. Pembentangan bidang miring

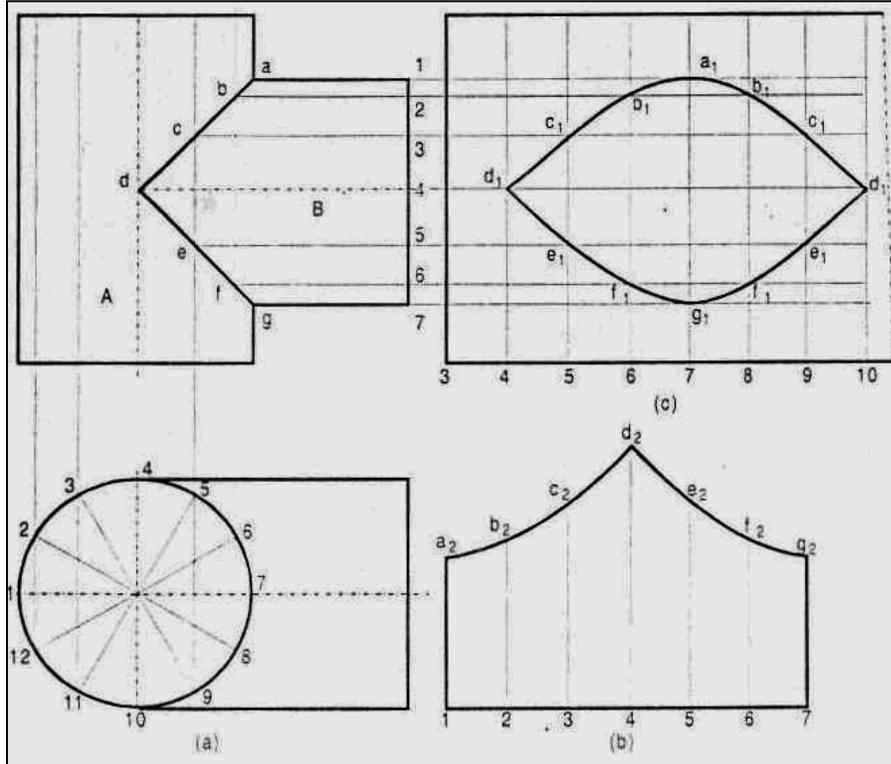
4.10.15. Bukaan dua buah tabung yang disambung

Gambar 4.53a menunjukkan sebuah sambungan siku-siku dari dua buah tabung. Bentuk lingkaran pada pandangan 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 pandangan 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 , garis b_1 sama dengan b_2 , garis c_1 sama panjang c_2 , 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

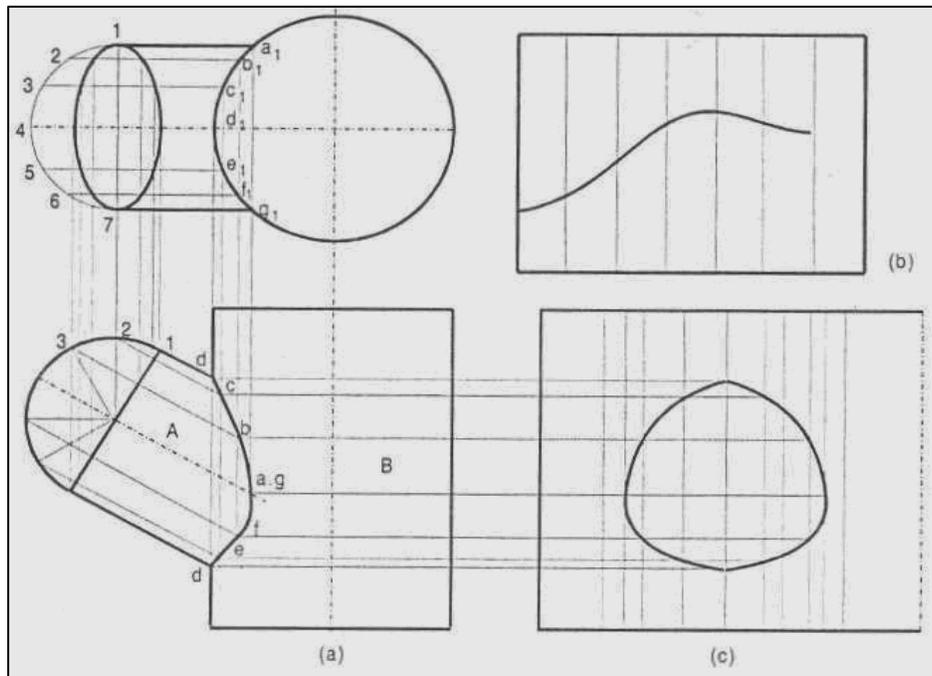
- Gambar 4.54. adalah sebuah sambungan berbentuk T dari dua buah tabung yang garis tengahnya sama. Lingkaran tersebut dibagi menjadi 12 bagian yang sama besar. Dari titik tersebut ditarik garis-garis ke bidang depan. Karena kedua tabung tersebut mempunyai garis tengah yang sama maka garis pertemuan kedua 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 menggambarinya, 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 pandangan 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.

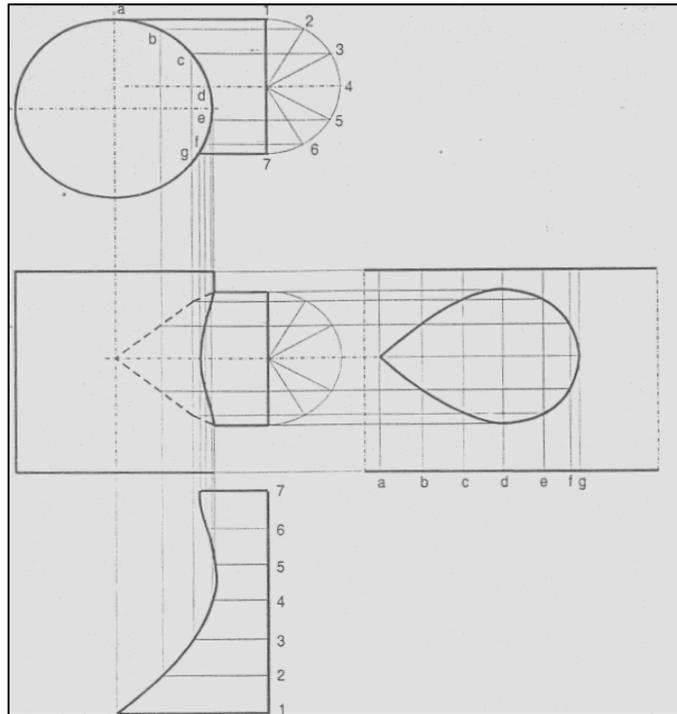


Gambar 4.55. Bentangan sambungan dua buah tabung dengan diameter yang berbeda

- 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)

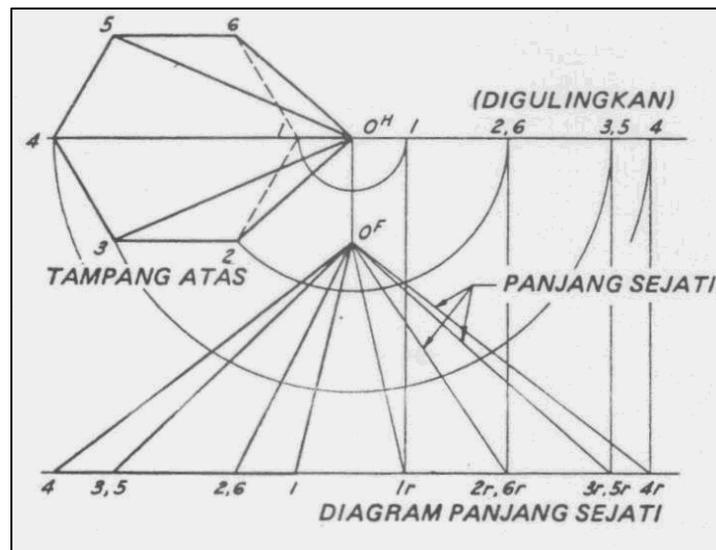
Guna membuat pembentangan permukaan samping obyek, seringkali diperlukan penentuan panjang sejati garis miring yang menggambarkan rusuknya. Metode umum untuk menentukan panjang sejati garis landai pada semua koordinat bidang proyeksi telah dijelaskan terperinci sebelumnya.

4.11.1. Diagram panjang sejati (true length)

Apabila perlu membentangkan permukaan untuk menemukan panjang sejati sejumlah rusuk atau sejumlah elemen, sesuatu kecacuan 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 tampak muka dalam ilustrasi menjadi kusut oleh garis, beberapa diantaranya menggambarkan elemen dan yang lain akan menggambarkan panjang sejatinya.

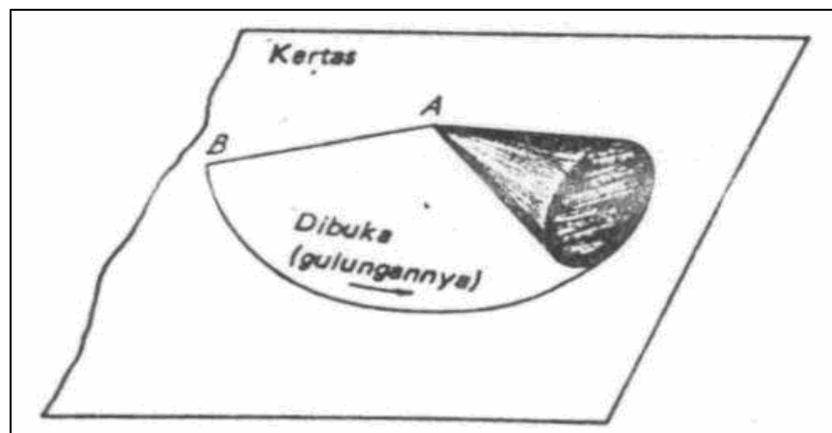
Gambar 4.54. memperlihatkan diagram yang memberikan panjang sejati rusuk piramida. Setiap garis yang

menggambarkan panjang sejati rusuk merupakan hipotenusa segitiga lurus, yang tingginya adalah tinggi rusuk dalam tampak muka dan yang dasarnya sama dengan panjangproyeksi rusuk dalam tampak atas. Panjang proyeksi atas rusuk piramida diukurkan mendatar dari garis vertikal, yang sebenarnya dapat ditarik dalam sembarang jarak dari tampak muka. Karena semua rusuk yang mempunyai tinggi yang 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)

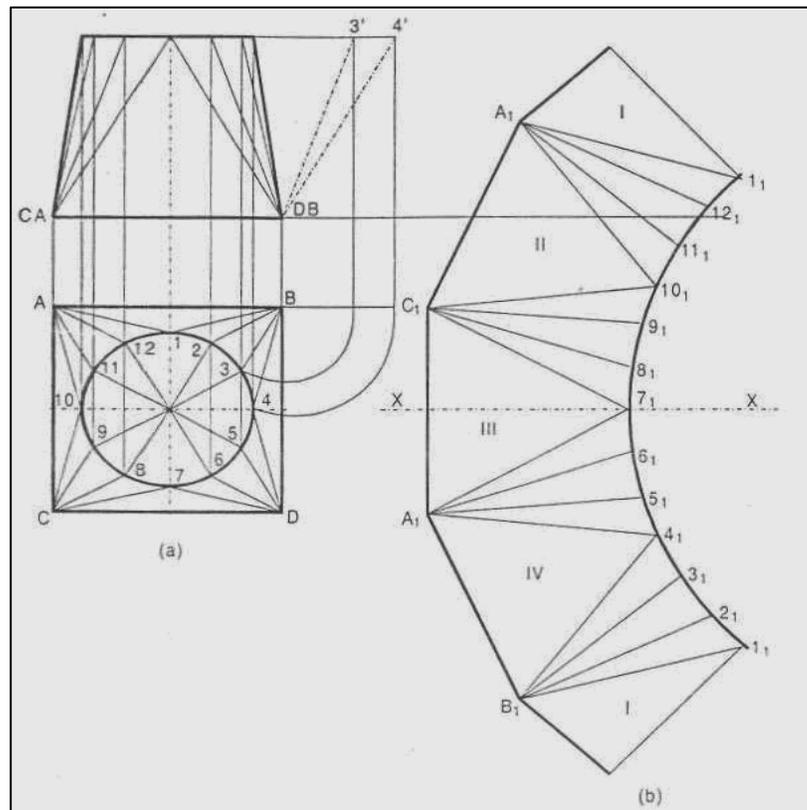
4.11.2. Pemakaian metode radial



Gambar 4.58. Pembentangan kerucut

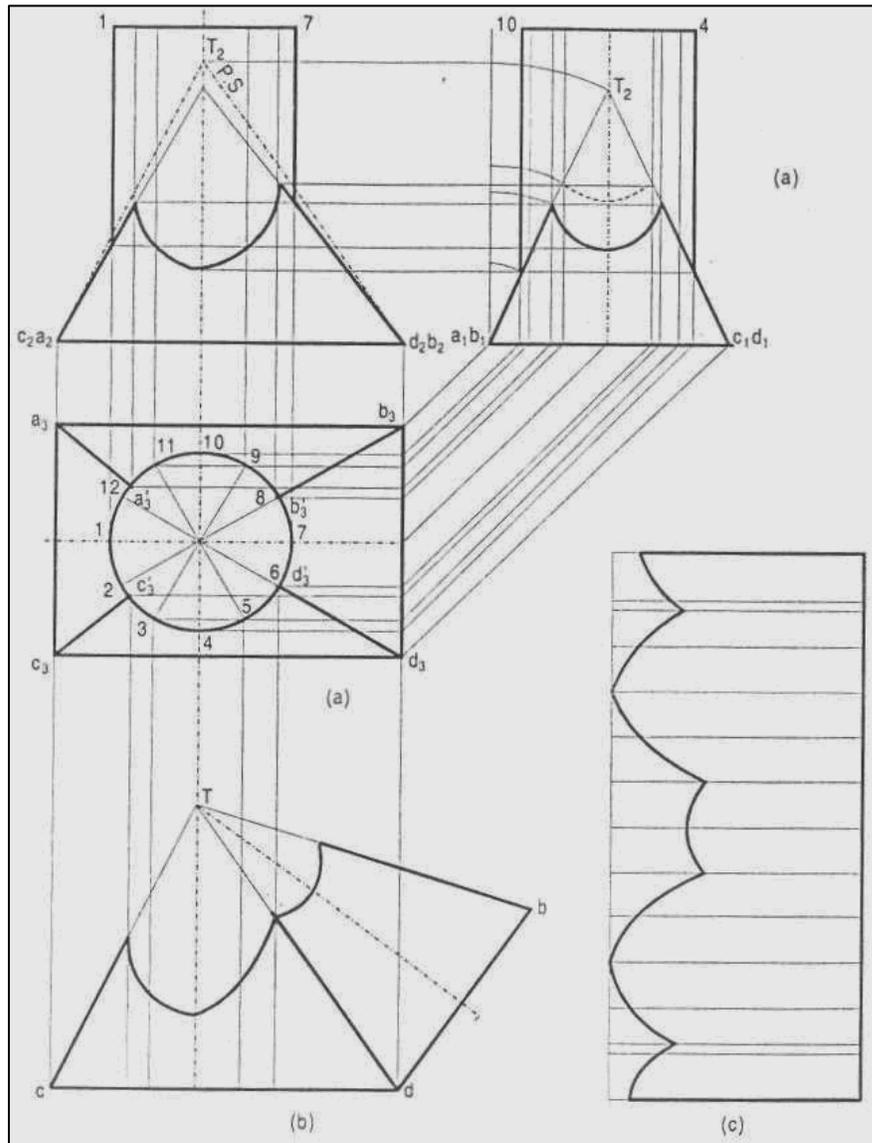
- **Bukaan bentuk benda berbeda ujungnya.**

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 B₃ dan B₄, adalah panjang yang sebenarnya. Buat garis sumbu x-x dan buat CD tegak lurus x-x. Buat garis D₁7₁ dan C₁7₁, garis tersebut sama panjang dengan garis B₄'. Buat lingkaran di titik 7, dengan jari-jari 1-2, dan buat lingkaran di titik D₁, dengan jari-jari B₃, hingga diperoleh titik 6₁. Buat lingkaran di titik 6₁, dengan jari-jari 1-2 dan buat lingkaran di titik D₁, jari-jari B₃, hingga diperoleh titik 5₁. Dengan pusat di titik D₁ buat lingkaran dengan jari-jari B₄, dan di titik 5₁ dibuat lingkaran dengan jari-jari 1-2 diperoleh titik 4₁. Demikian seterusnya sehingga garis 1₁-1₁ sama dengan keliling lingkaran.



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

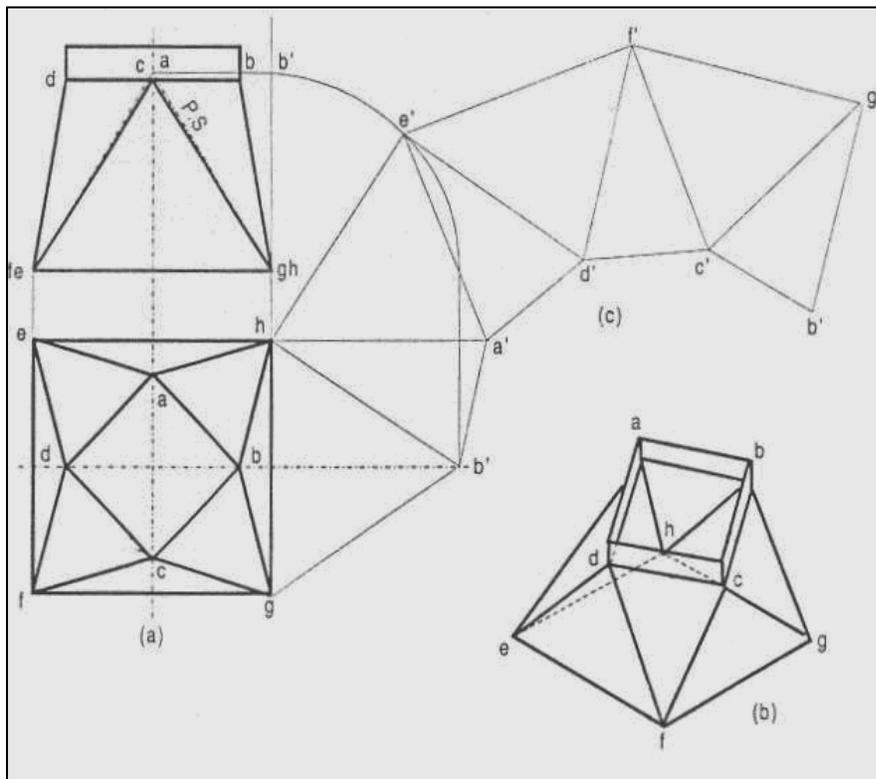
Gambar 4.60a adalah sebuah piramida yang disambung dengan silinder. Dengan pusat di titik b_1 , lingkarkan titik T_1 dan tarik garis mendatar sehingga diperoleh titik T_2 . Garis b_2T_2 adalah panjang sisi yang sebenarnya. Bukakan dari piramida ditujukan pada gambar 4.60b yang hanya ditunjukkan separo.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



Gambar 4.60. Bukaan dan sebuah piramida yang disambung dengan silinder

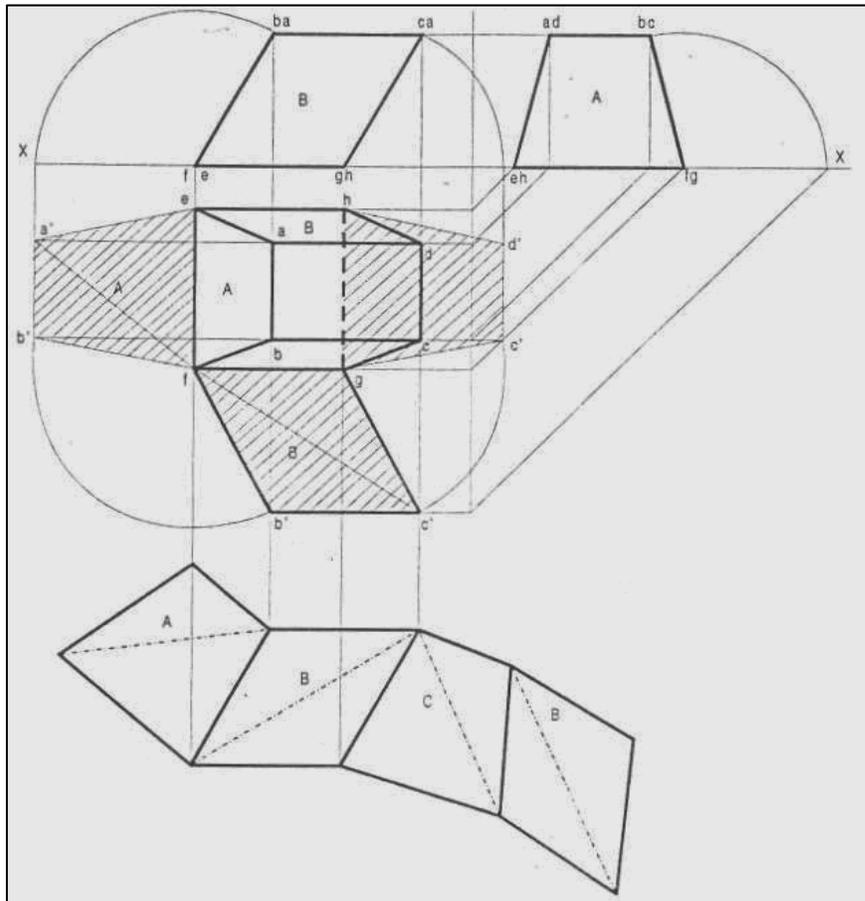
Gambar 4.61. adalah bukaan sebuah corong segi empat. Gambarlah beberapa contoh pandangan dalam proyeksi dari corong tersebut, kemudian cari panjang sisi yang sebenarnya. Caranya, buat busur lingkaran di titik g dengan jari-jari gb sehingga diperoleh titik b'. Dari titik b' tersebut ditarik garis mendatar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

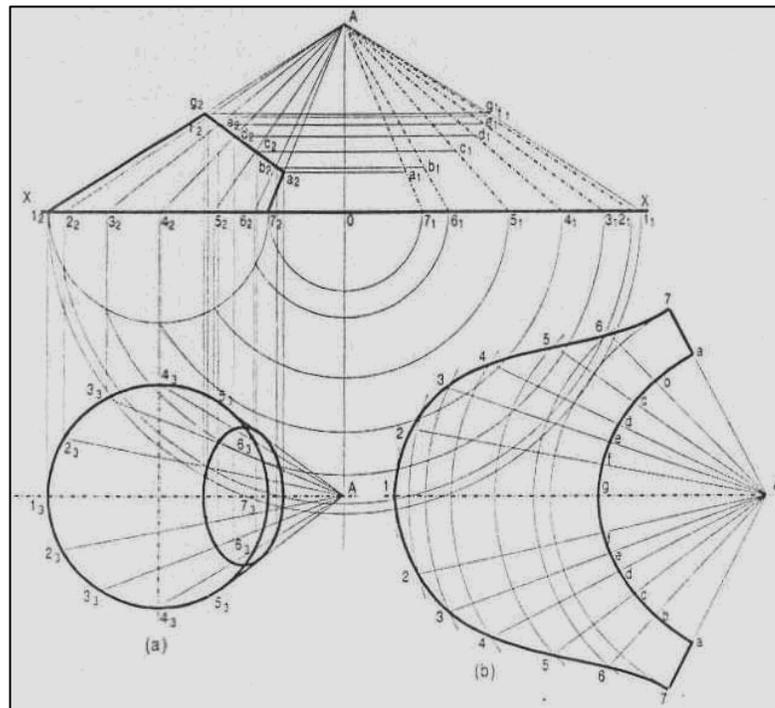


Gambar 4.62. Bukaan corong segi empat dari bahan pelat

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.

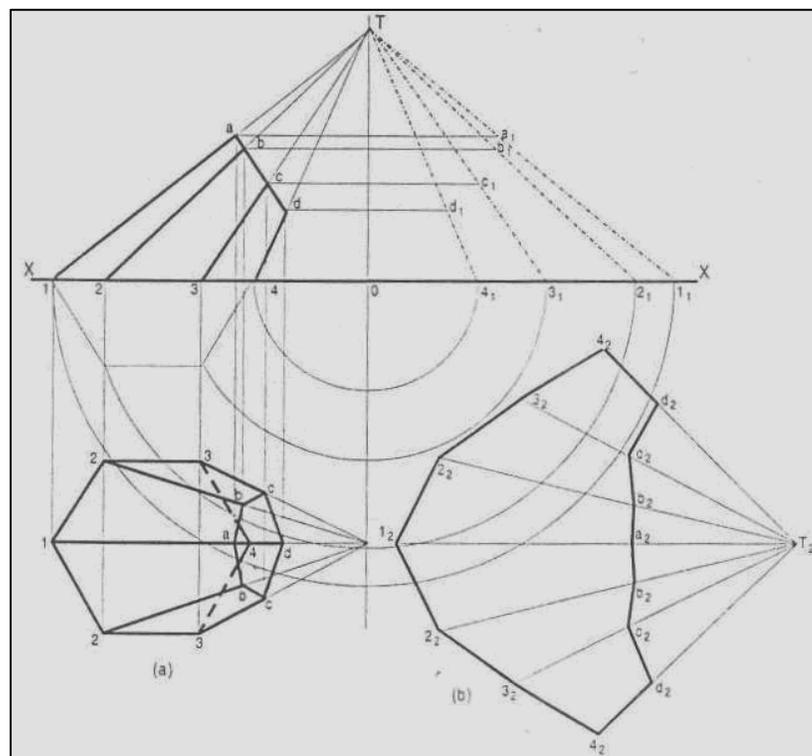
Busur tersebut berpotongan dengan x-x. Dari titik ini tariklah garis dengan sudut 45° dengan sumbu raendatar sehingga berpotongan dengan sumbu tegak. Kemudian tarik garis mendatar dari titik tersebut sehingga berpotongan dengan garis dc di titik c'. Selain itu juga berpotongan dengan perpanjangan garis 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 menggambaranya, buat lingkaran perpotongan pada pandangan atas, kemudian bagi dalam 12 bagian yang sama besar. Dengan pusat di titik O, 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_2A . Ukurkan panjang sisi yang sebenarnya pada garisgaris 7_1 , 6_1 , 5_1 , hingga 1_1 . 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.



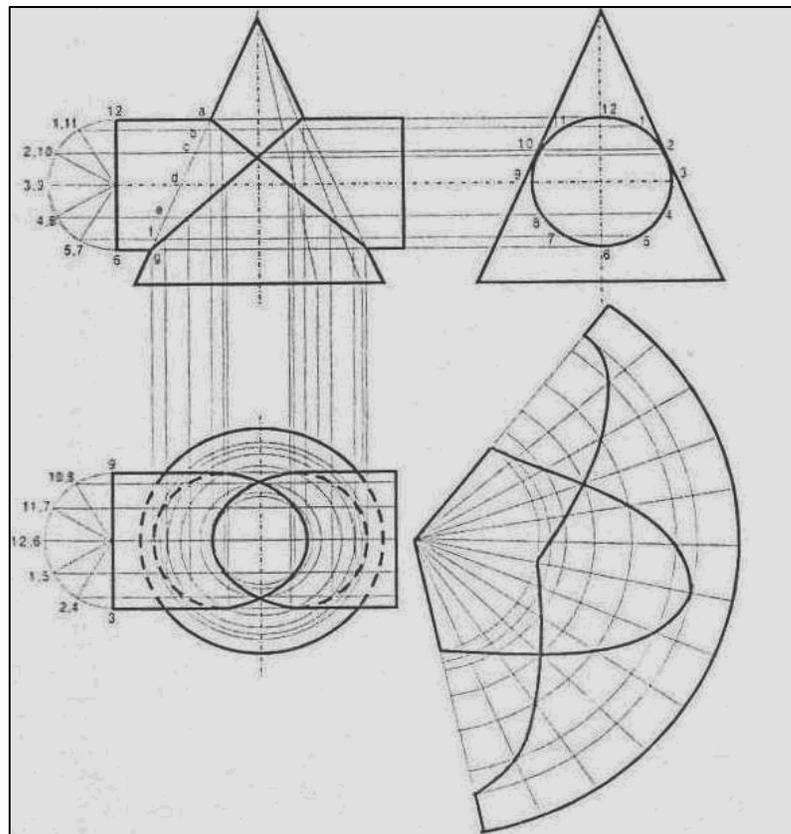
Gambar 4.64. Bukaan sebuah piramida dengan alas berbentuk segi enam

Gambar 4.64b adalah bukaan dari piramida. Cara menggambaranya 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 titik 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 ukur 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 1_1a_1 . Kemudian titik-titik a_2, b_2, c_2 , dan seterusnya dihubungkan.

4.11.3. Menggambar kerucut dengan silinder

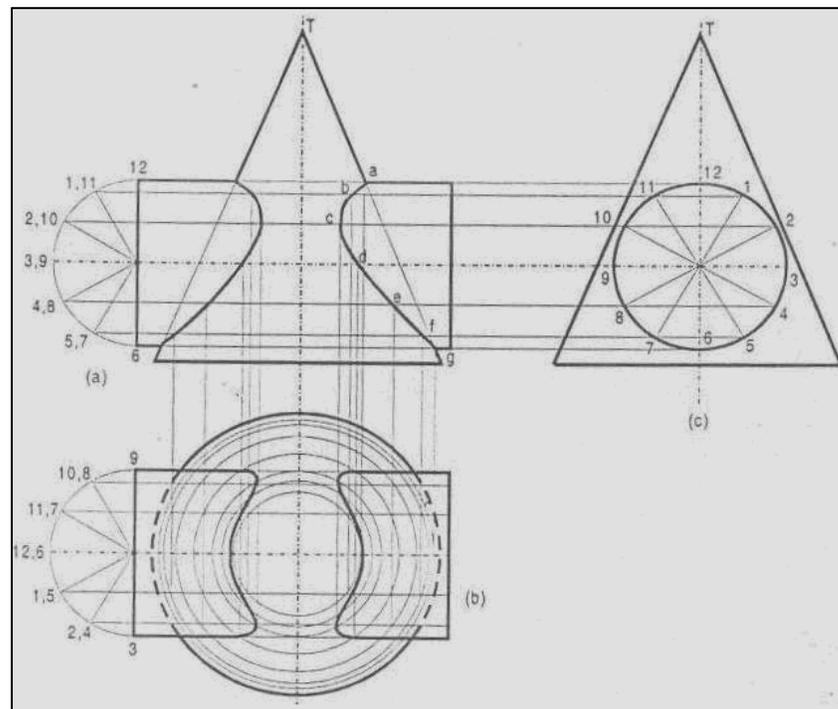
Buat ketiga pandangan dari kerucut yang ditembus silinder. Silinder tersebut dibagi menjadi 12 bagian yang sama besar. Kemudian tarik garis-garis mendatar ke pandangan depan sehingga terdapat beberapa bagian yang sama (lingkaran dibagi 12 bagian yang sama besar).



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 pandangan, lingkaran yang terdapat dalam pandangan 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 pandangan 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 pandangan 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 pandangan depan.

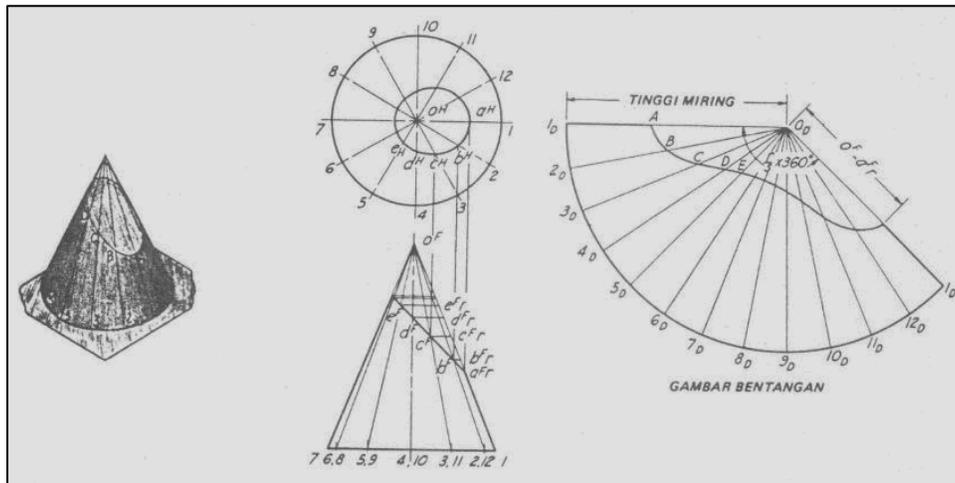
4.11.4. Membentangkan kerucut terpancung

Gambar bentangan kerucut lurus terpancung harus dibuat dengan menggunakan 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 banyaknya dengan banyaknya pembagian tampak atas.

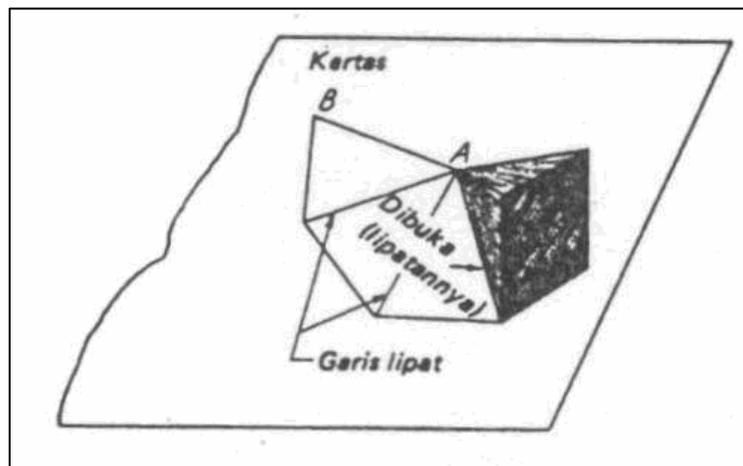
Pada titik ini dalam prosedur, perlulah untuk menentukan panjang sejati elemen benda terpancung dengan cara yang sama dengan cara memperoleh panjang sejati piramida terpancung.

Dengan informasi ini, gambar bentangan yang dikehendaki dapat dibuat lengkap dengan mengukur 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 terpancang

4.11.5. Pemakaian metode segitiga



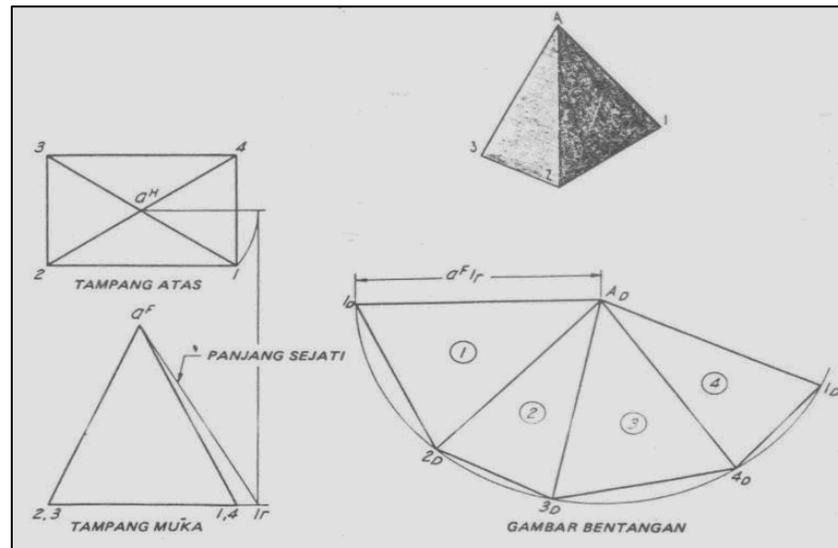
Gambar 4.68. Pembentangan piramida

- **Membentangkan piramida lurus**

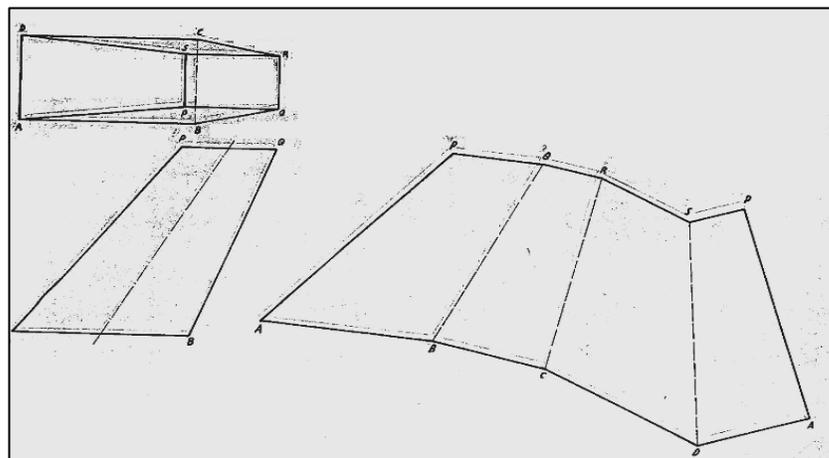
Untuk membentangkan permukaan (membuka lipatan) permukaan samping piramida lurus, perlulah untuk lebih dahulu menentukan panjang sejati rusuk dan ukuran sejati dasar. Dengan informasi ini, pembentangan dapat dibuat dengan menampakkan muka dalam urutan berturut-berturut dengan rusuk bersama disambungkan.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

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

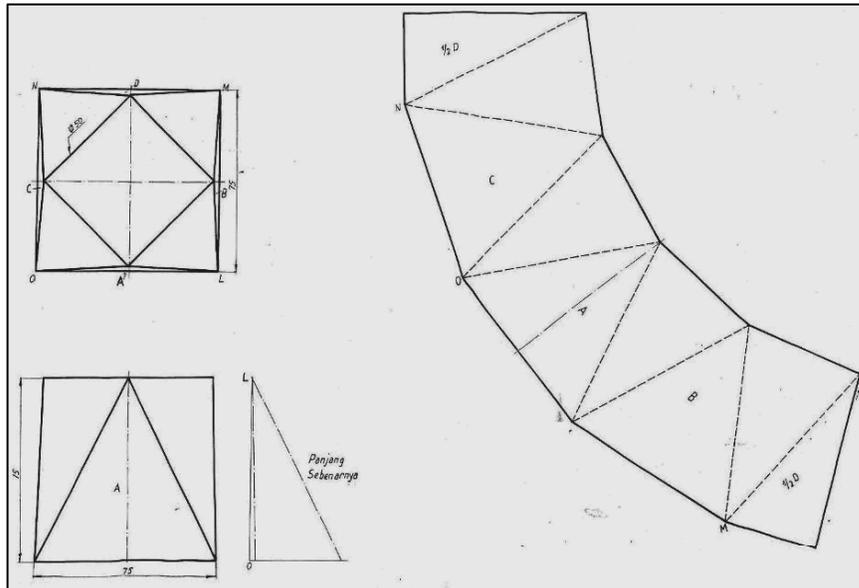
Karena semua rusuk piramida yang terlihat dalam gambar 4.70. sama panjangnya, maka hanyalah perlu untuk menemukan panjang satu rusuk A_1 dengan mengulingkannya dalam kedudukan a^f . Rusuk dasar, 1-2, 2-3 dan seterusnya adalah sejajar dengan bidang proyeksi mendatar dan sebagai akibatnya kelihatan dalam 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

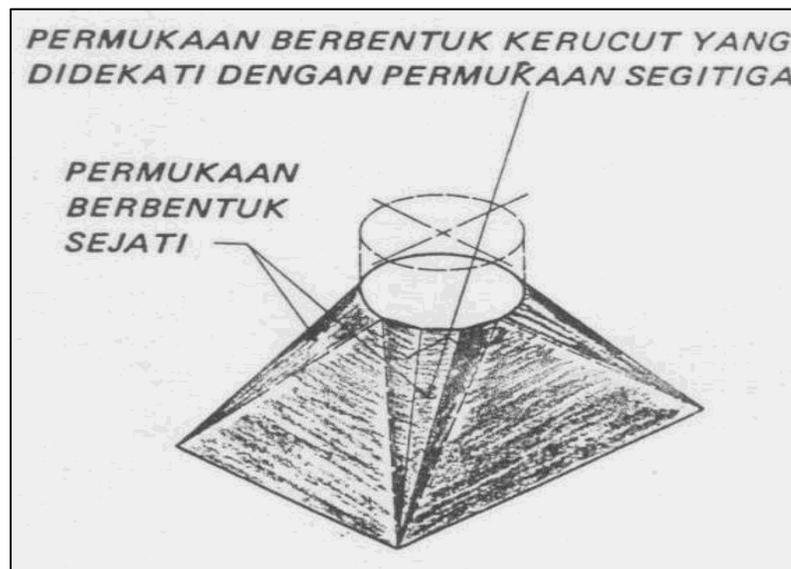


Gambar 4.70. Pembentangan prisma segi empat miring



Gambar 4.71. Pembentangan triangulasi segi tiga dan segi empat

4.11.6. Pemakaian metode triangulasi

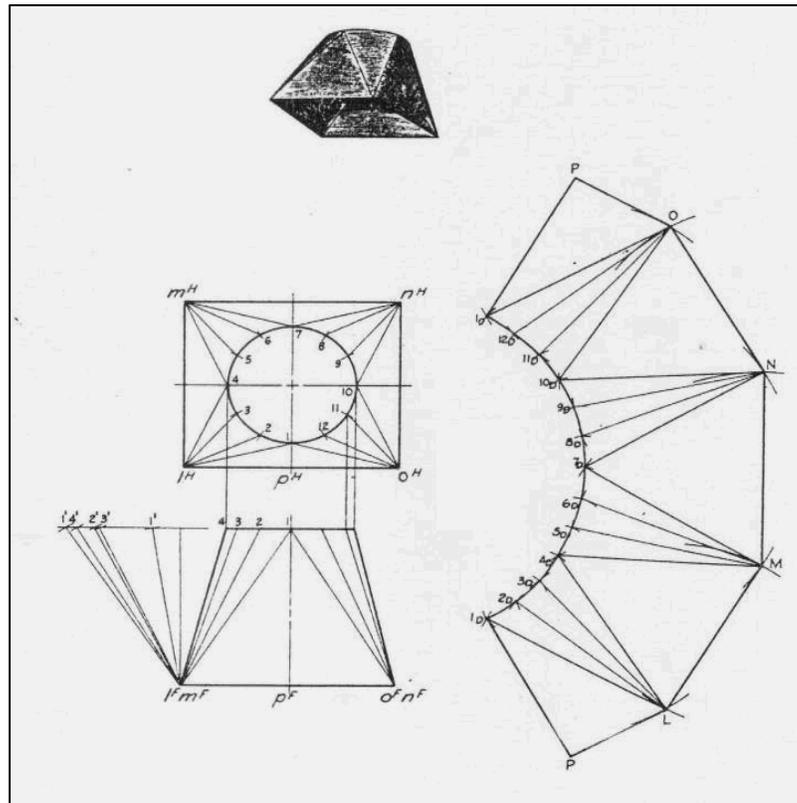


Gambar 4.72. Triangulasi permukaan.

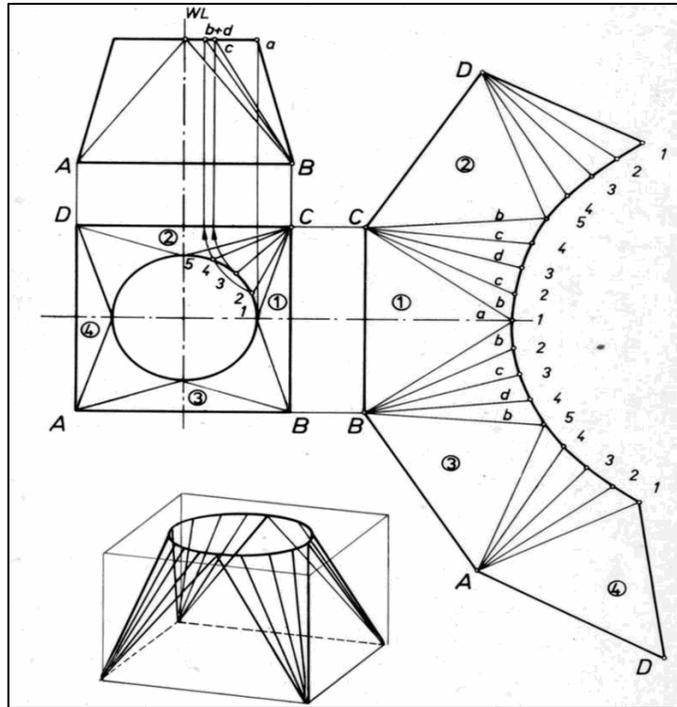
- **Metoda triangulasi pembentangan dengan pendekatan permukaan yang mampu dibentangkan.**

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.

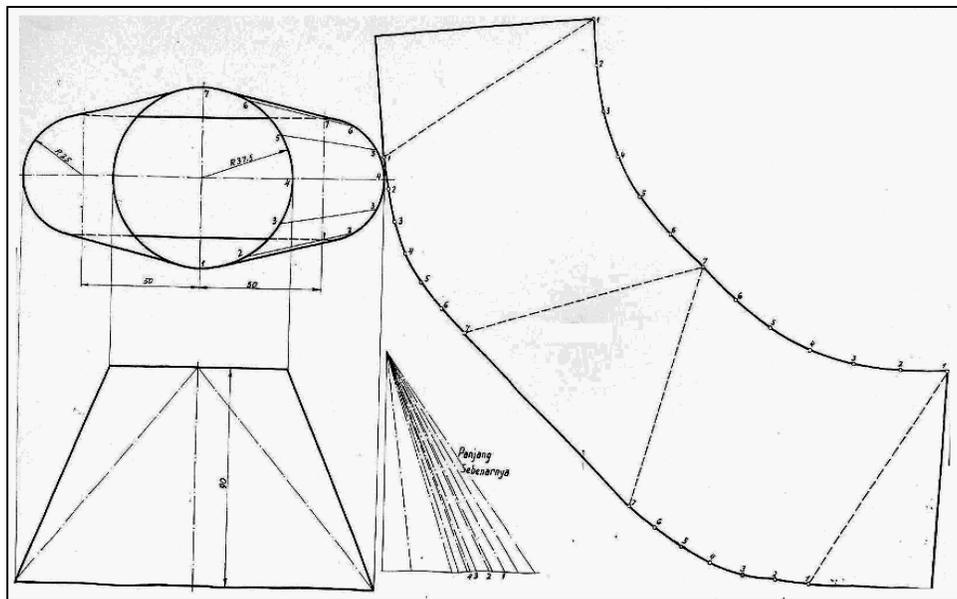
Prosedurnya terdiri dari sama sekali menutupi permukaan samping dengan segitiga kecil dengan jumlah banyak, yang akan terletak dengan pendekatan pada permukaan. Segitiga ini, apabila disusun dalam uluran sejati dengan rusuk milik bersama disambungkan, menghasilkan gambar bentangan dengan pendekatan yang 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

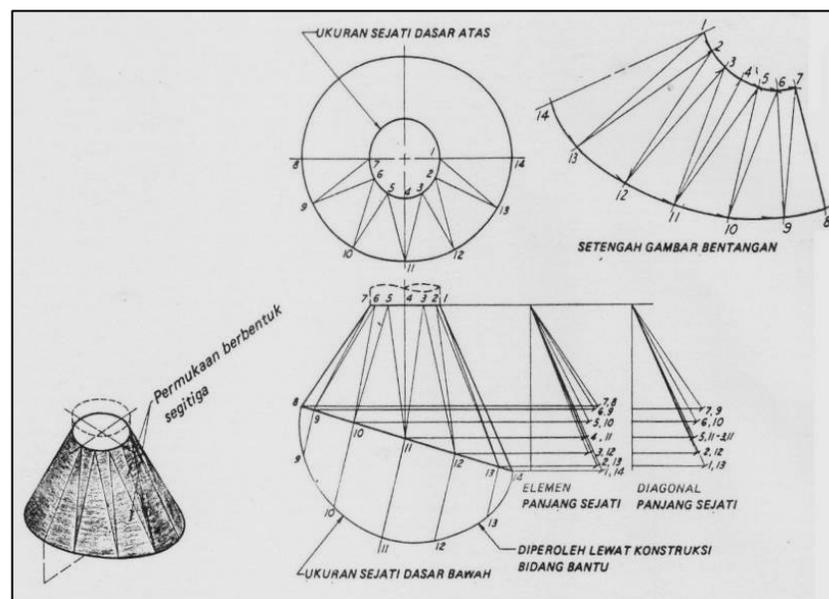


Gambar 4.75. Bagian peralihan pipa bulat dan pipa lonjong

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

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 hendaknya dibagi dalam bagian sama dalam jumlah yang sama seperti parohan tampang bantu. Dengan menyambung titik bagi, permukaan dapat dibagi pada awalnya dalam bentuk 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.



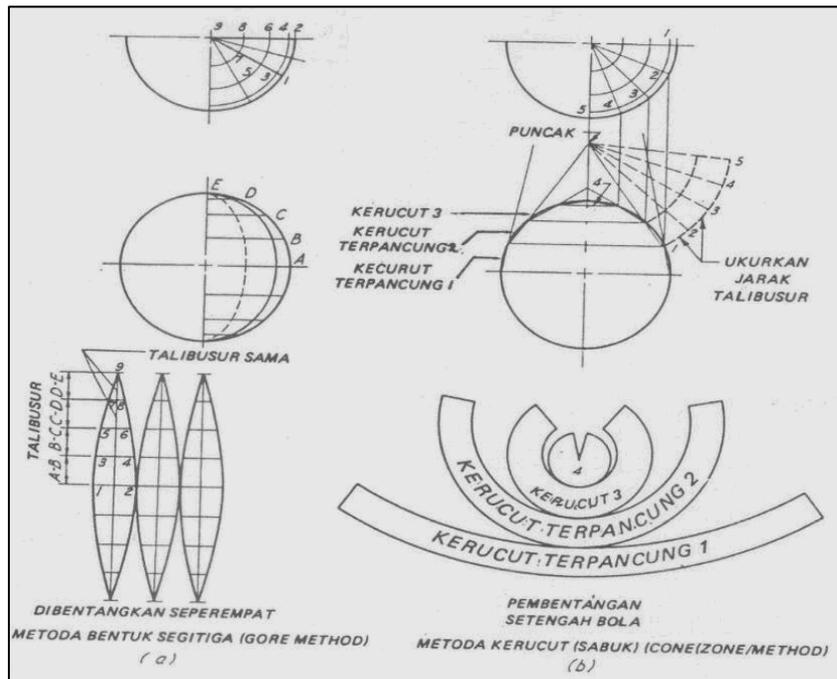
Gambar 4.76. Pembentangan Bagian peralihan pipa lewat triangulasi

4.12. Profil Bola/Membentangkan bola

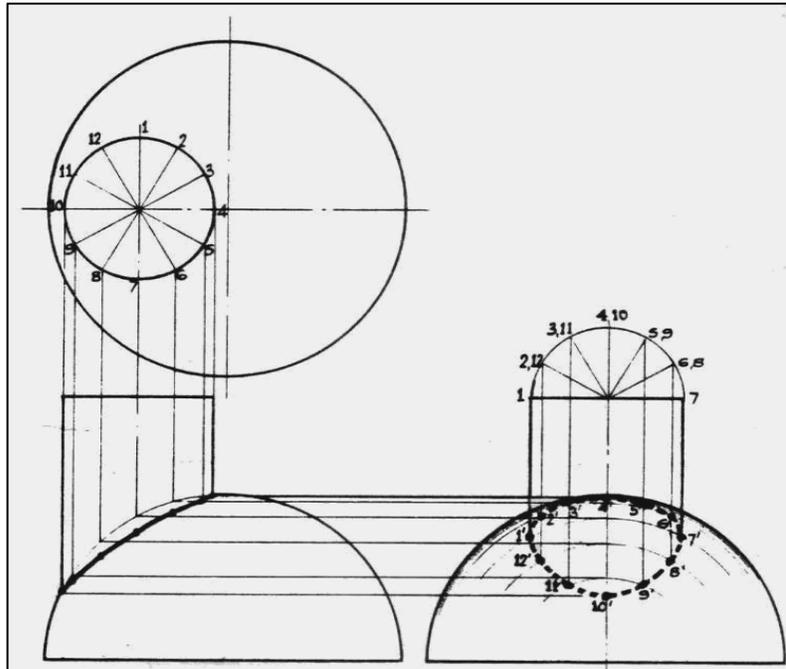
Permukaan bola merupakan permukaan lengkung berganda yang dapat dibentangkan hanya lewat waktu metode pendekatan. Metode pendekatan yang lazim dipakai dilukiskan dalam gambar 4.77.

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.

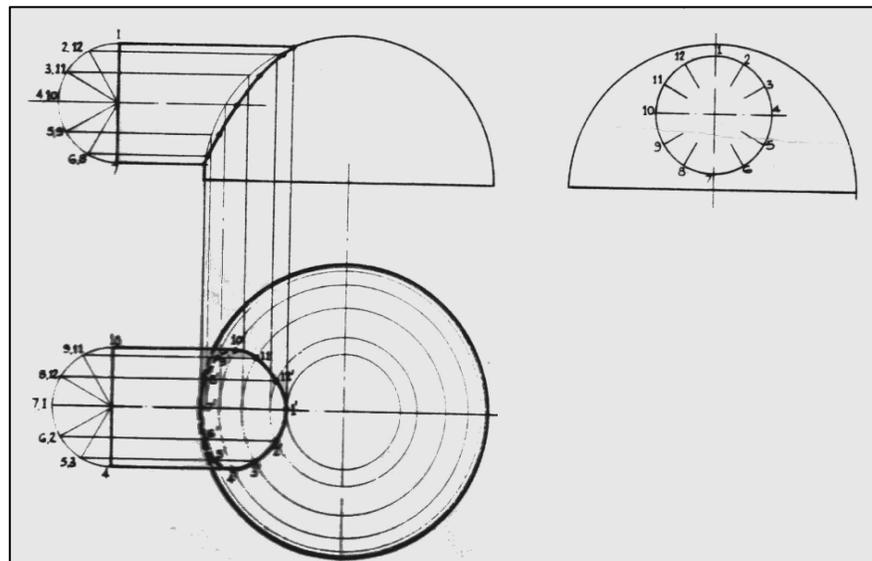
Di (b) bola dipotong oleh bidang sejajar yang membaginya dalam sejumlah bagian mendatar; permukaannya mendekati permukaan bola. Masing-masing bagian ini dapat dianggap sebagai kerucut lurus terpancung yang puncaknya bertempat pada perpotongan tali busur yang dipanjangkan.



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 geometrik

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 dimana 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 mengenai 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 geometrik.

Guna membuat lengkap suatu tampak gambar kerja atau suatu tampak yang perlu untuk membentangkan permukaan bentuk geometrik yang berpotongan, serengkali harus diketemukan garis perpotongan antara permukaan. Pada gambar kerja biasa, garis perpotongan 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 dimiliki 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 garis yang serupa itu dapat dipecahkan dengan salah satu metode umum, tergantung dari tipe permukaan yang 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.

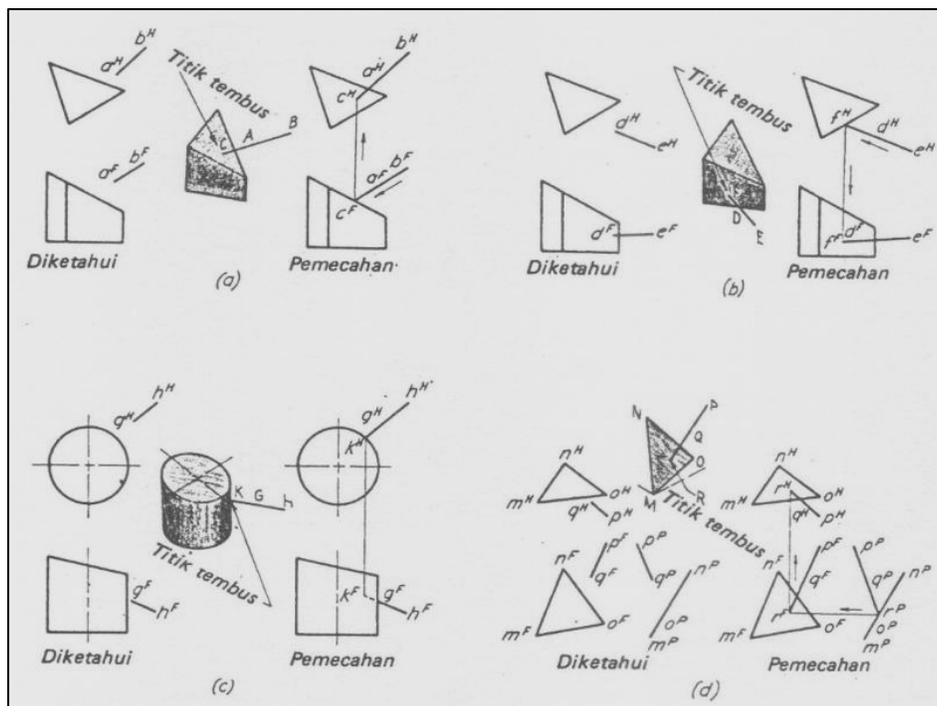
Kelompok 2: soal yang melibatkan bentuk geometrik yang atau mempunyai permukaan lengkung tunggal atau mempunyai permukaan lengkung berganda.

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

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

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

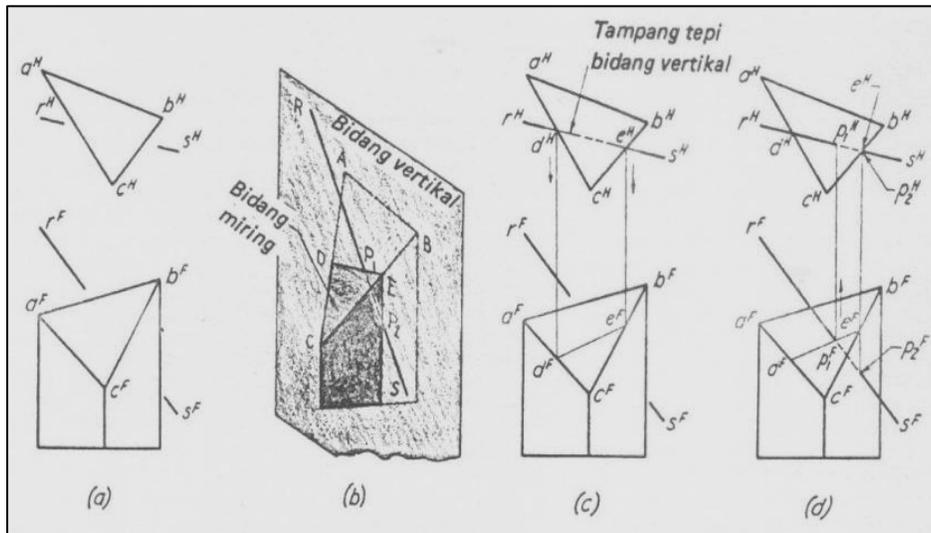
Tampak F dan tampak H untuk titik R di (d) dapat diketemukan dengan mudah dengan memproyeksikan setelah tampak P di (r^P) untuk R sekali ditetapkan dengan memperpanjang $p^P q^P$ untuk perpotongan dengan tampak garis permukaan.



Gambar 4.80. Menentukan titik tembus lewat pemeriksaan

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

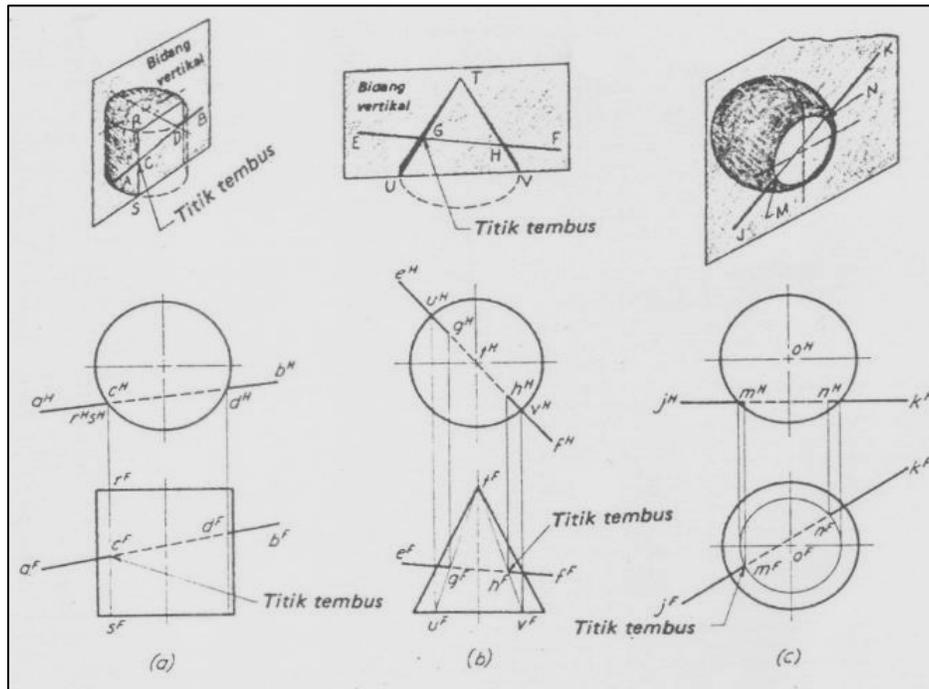
Apabila garis menembus bidang miring yang diketahui dan tampak tepi tidak diketahui, seperti dalam gambar 4.81, bidang proyektor garis (bidang potong) dapat dipakai untuk menetapkan garis perpotongan yang akan ditempati garis tembus. Dalam lukisan, dipilih bidang proyeksi vertikal yang akan ditempati 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).

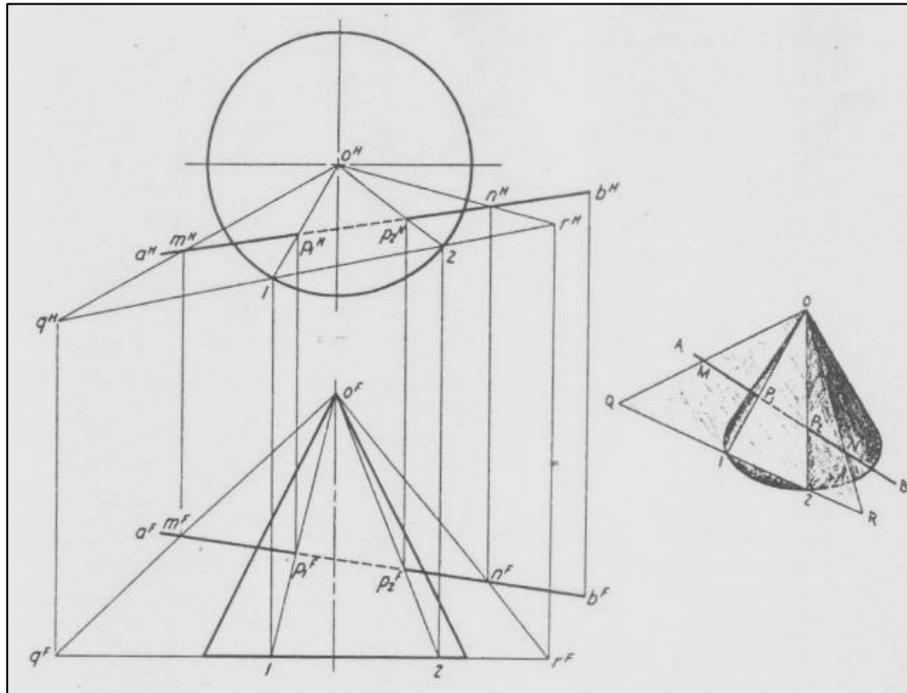
Titik dimana garis menembus silinder, kerucut atau bola dapat diketemukan dengan mudah melalui pemakaian bidang proyektor (proyektor plane) (bidang potong) yang ditempati oleh garis yang diketahui seperti dilukiskan di (a), (b) dan (c).



Gambar 4.82. Menentukan tempat dimana garis menembus benda pada geometrik

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

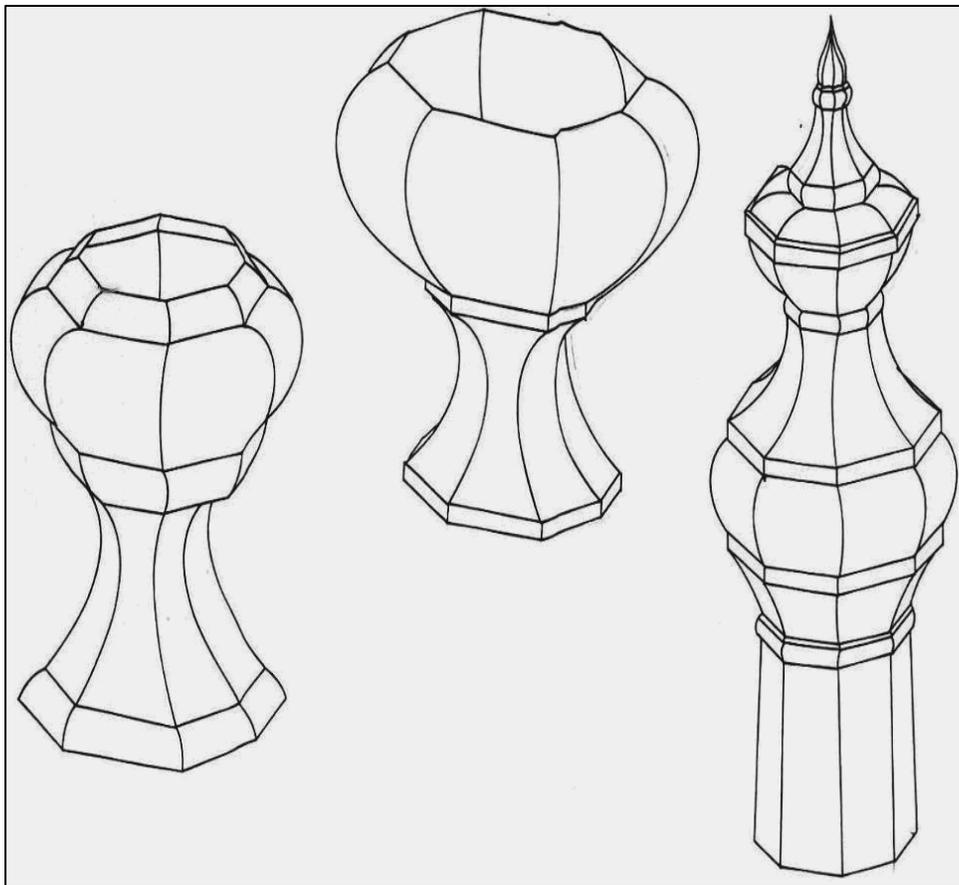
Titik tembus untuk garis dan kerucut merupakan titik perpotongan antara garis dan kedua elemen spesifik pada kerucut yang terletak dalam bidang proyektor yang ditempati oleh garis dan oleh titik puncak kerucut. Ini menyinggung suatu kondisi istimewa yang untuk keperluan itu dapat dipakai bidang proyektor garis. Untuk hal ini, berlaku pernyataan sebagai berikut: titik 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 terhingga banyaknya dapat diambil untuk ditempati oleh garis AB dalam gambar 4.80, tetapi kesemuanya itu akan menghasilkan garis perpotongan melengkung, kecuali dalam hal satu bidang yang dipilih untuk lewat melalui titik puncak O kerucut



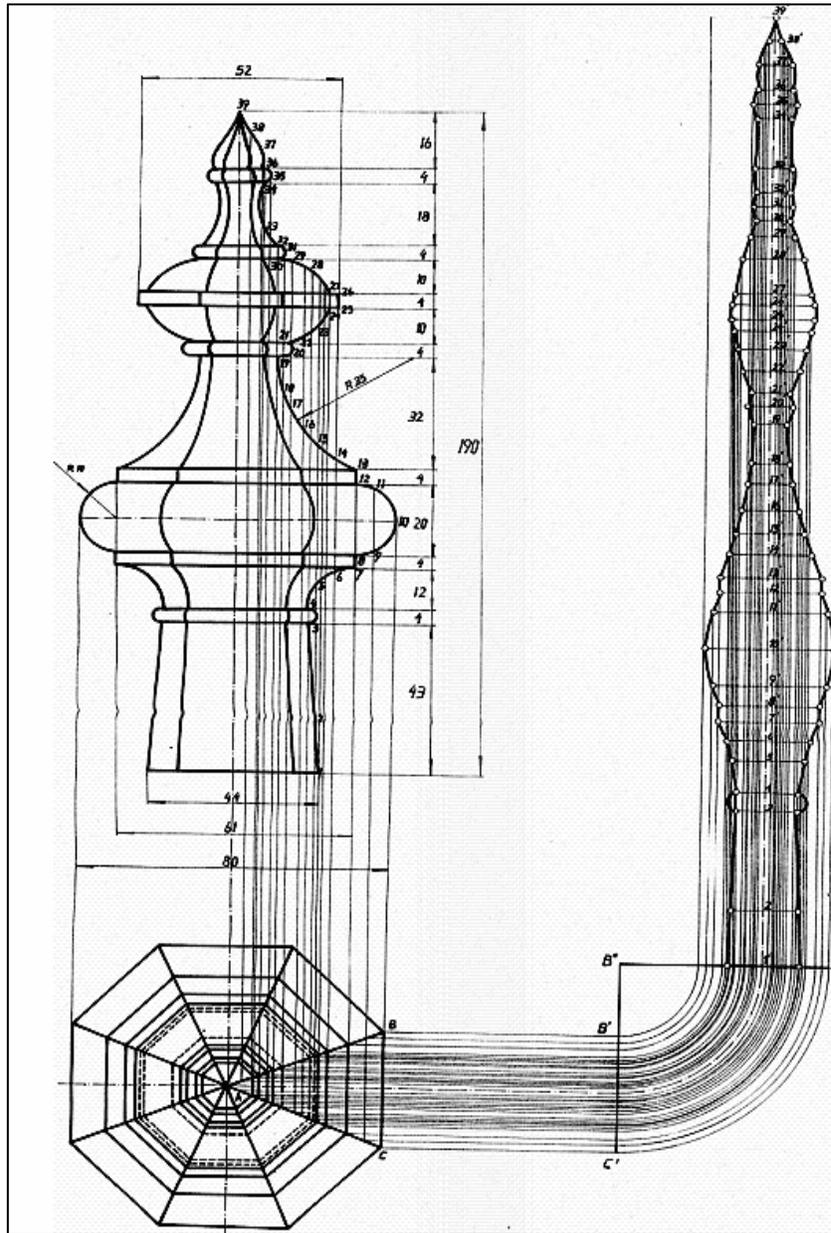
Gambar 4.83. Menentukan titik dimana garis menembus kerucut – hal umum.

4.14. Contoh Aplikasi Gambar Teknik

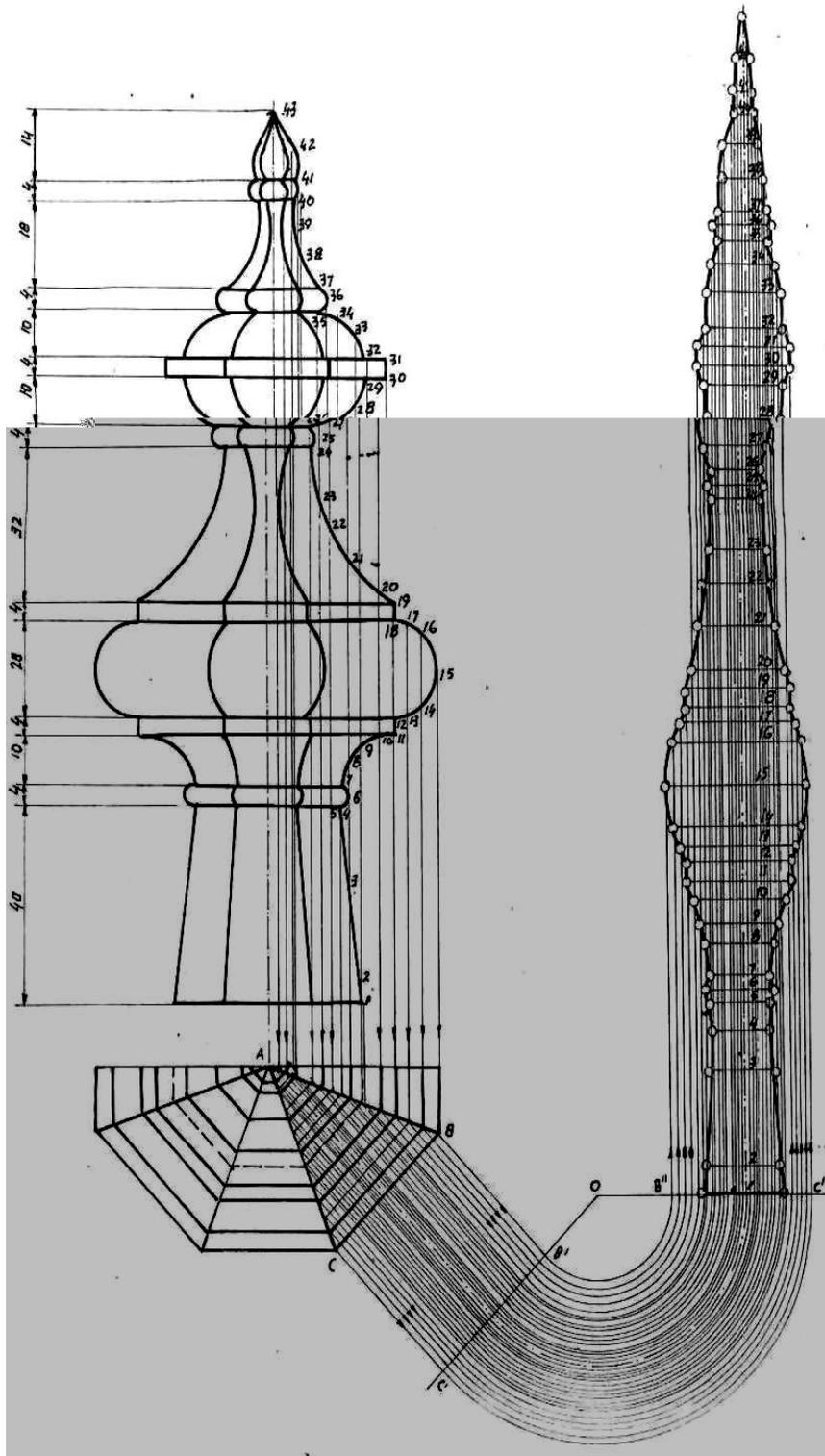
Berikut ini diberikan contoh-contoh aplikasi hasil teknik gambar bentangan untuk membuat *ornament* (hiasan) mesjid. Pada gambar 4.84. adalah gambar pictorialnya. Kemudian pada gambar 4.85 contoh gambar bentangan yang cukup rumit dengan menggunakan sistem proyeksi siku. Pada gambar 4.86. adalah contoh 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°

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 penggunaan 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 internasional".

Peralatan yang dipergunakan dalam menggambar teknik adalah sebagai berikut:

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

Gambar bentangan atau bukaan dimaksudkan untuk mempermudah pemotongan 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 pandangan tunggal. Dulu dikenal dengan istilah *gambar bagan* atau *gambar satu pandangan*. Proyeksi ortogonal dibagi dua yaitu proyeksi sistem Eropa dan proyeksi sistem Amerika. Biasanya proyeksi Eropa disebut dengan *First Angle Projection*, dan proyeksi sistem Amerika disebut *Third Angle Projection*.

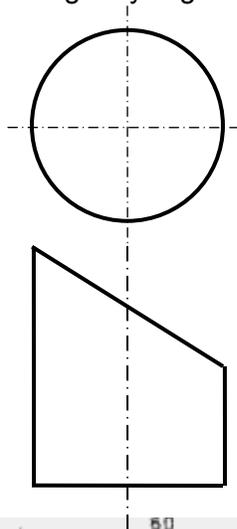
Garis perpotongan dua permukaan adalah garis yang dimiliki bersama oleh kedua bidang itu. Garis perpotongan dua permukaan ditemukan dengan menentukan sejumlah titik yang dimiliki bersama oleh kedua permukaan itu melalui titik ini menarik garis atau garis-garis dalam urutan yang tepat. Garis perpotongan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

4.16. Soal Latihan

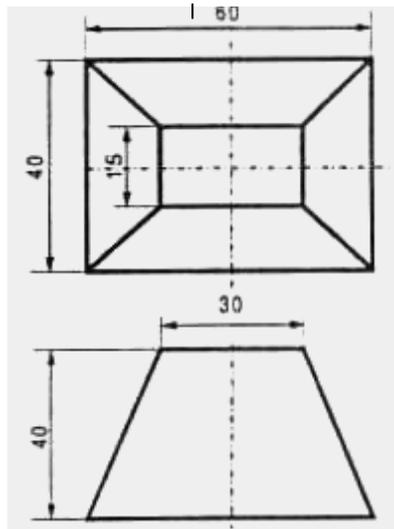
1. Tuliskan daftar peralatan gambar secara lengkap yang dibutuhkan untuk menggambar, kemudian jelaskan fungsi masing-masing!
2. Jelaskan penggunaan Gambar Bentangan di Industri!
3. Apa yang dimaksud dengan konstruksi geometri?
4. Lihat gambar disamping, kemudian bagilah tiga buah sudut yang sama besar dengan menggunakan jangka.



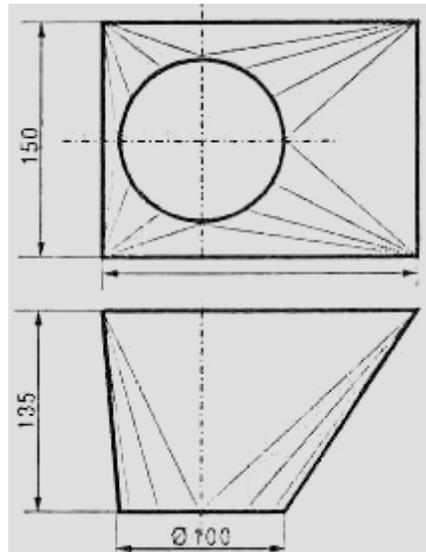
5. Lukislah sebuah segi lima beraturan (Pentagon) dengan menggunakan dua cara/metoda, panjang sisinya 25 mm!
6. Lukislah sebuah segi enam beraturan (Hexagon) dengan menggunakan dua cara/metoda, panjang sisinya 30 mm!
7. Lukislah sebuah segi tujuh beraturan (Heptagon) dengan jari-jari lingkaran 30 mm!
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.



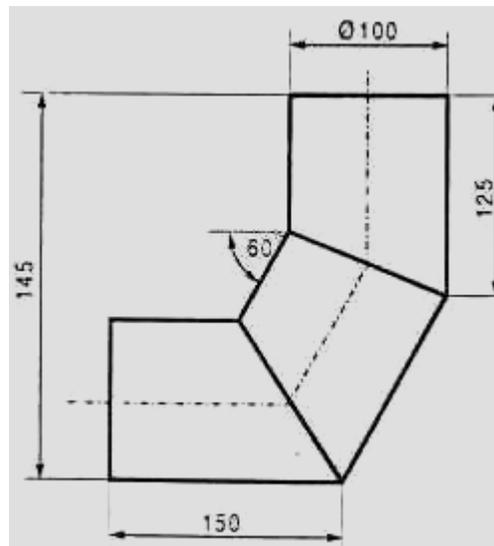
12. Lukislah gambar bukaan/bentangannya gambar di samping ini!



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



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



BAB 5



5.1. Alat Ukur

Orang-orang yang bergerak pada bidang teknik akan selalu berhubungan dengan bidang pengukuran. Dalam dunia ilmu pengetahuan teknik, ada dua sistem pengukuran yang digunakan dalam sistem pengukuran, yaitu *sistem imperial* dan *sistem metrik*. Sistem metrik atau yang lebih dikenal dengan sistem satuan internasional (SI) ini adalah sistem yang paling terkenal dan hampir 90% bangsa-bangsa di dunia menggunakan sistem ini.

Dalam sistem imperial, satuan panjang dinyatakan dengan yard, yang paling dibagi menjadi unit-unit lebih kecil, yaitu *inchi* (inch) dan kaki (*feet*) lain lagi dengan sistem metrik, mereka mendasarkan ukuran dasar untuk satuan panjang adalah meter, dengan bagian-bagian panjang yang lebih kecil diberikan milimeter (mm), seterusnya sentimeter (cm), desimeter (dm) dan meter (m). ukuran yang lebih besar dari meter adalah dekameter (dam), hektometer (hm) dan kilometer (km).

Dalam bidang keteknikan, ukuran milimeter masih terlalu kasar, maka ukuran yang lebih kecil dari milimeter masih digunakan, contohnya 0,002 mm. ukuran ini digunakan terutama untuk pengerjaan benda-benda yang presisi. Satuan berat pada sistem imperial ditetapkan dengan *pound* atau (lb), sedangkan pada sistem metrik satuan berat adalah kilogram (kg). Persamaan antara sistem imperial dan sistem

metrik adalah pada satuan waktu, dimana keduanya menggunakan besaran detik, menit dan jam untuk satu satuan waktu.

Membicarakan alat ukur pada bengkel kerja mesin, juga berarti membicarakan alat ukur pada kerja bangku, karena bengkel kerja bangku adalah merupakan bagian dari bengkel kerja mesin.

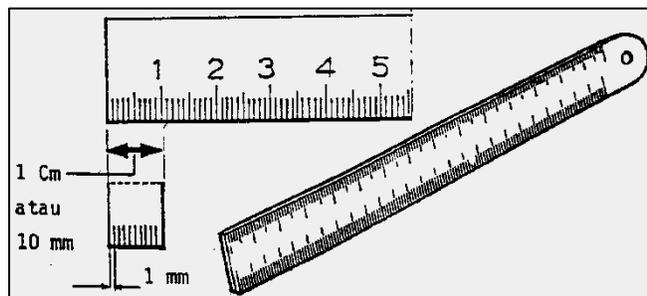
Pada bengkel kerja mesin peralatan ukur yang digunakan harus benar-benar *presisi*, karena benda kerja yang akan diukur adalah benda kerja *presisi*. Biasanya benda kerja yang dihasilkan pada bengkel kerja mesin adalah benda kerja yang akan digabungkan satu sama lainnya, sehingga menghasilkan peralatan. Untuk dapat saling digabungkan maka ukuran masing-masing benda kerja harus benar-benar presisi. Guna menghasilkan pengukuran yang presisi, maka peralatan ukur, cara memegang alat ukur, dan cara melakukan pengukuran harus benar-benar diketahui secara baik. Di samping itu para pekerja di dalam bengkel kerja mesin harus mengetahui kesalahan-kesalahan yang biasa terjadi dalam pengukuran. Untuk itulah maka setiap pekerja dalam bengkel kerja mesin harus belajar cara memilih alat ukur dan mempelajari cara pengukuran yang benar.

5.1.1. Mistar baja

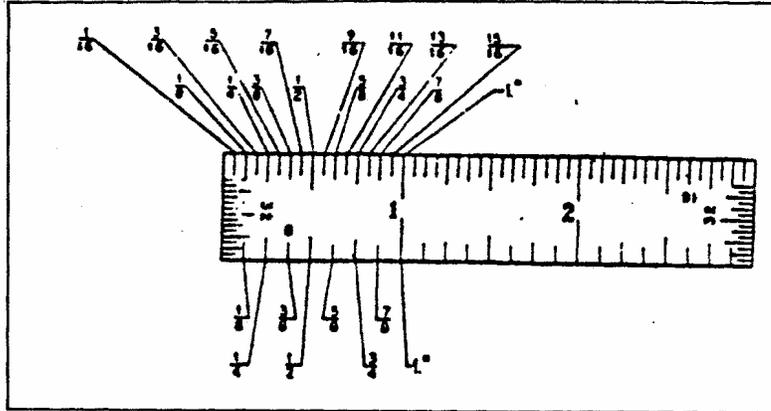
Mistar baja adalah alat ukur dasar pada bengkel kerja mesin. Alat ukur ini dapat dikatakan alat ukur yang kurang presisi, karena ia hanya melakukan pengukuran paling kecil sebesar 0,5 mm tidak dapat dilayani oleh mistar baja. Dengan demikian alat ukur ini tidak dapat digunakan untuk melakukan pengukuran sampai seperseratus milimeter (0,01 mm).

Jenis mistar baja yang dipakai pada bengkel kerja mesin mempunyai ukuran yang berbeda-beda, tetapi pada umumnya panjang mistar baja adalah 150 mm sampai 300 mm, dengan skala ukur terdiri dari satuan setengah milimeter dan satuan satu milimeter.

Dalam bengkel kerja mesin mistar baja ada dua sistem, yaitu sistem metrik dan sistem imperial. Pada sistem imperial untuk satuannya dinyatakan dengan *inchi*, sedangkan pada sistem metrik satuan dinyatakan dengan milimeter.

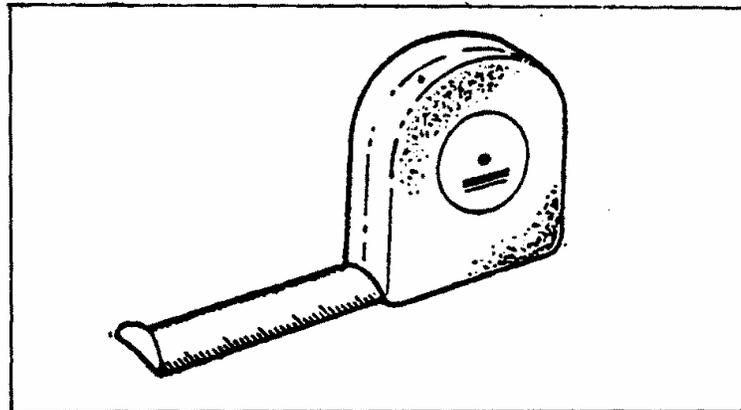


Mistar baja sistem imperial mempunyai ketelitian dari 1/8 inci, 1/16 inci, 1/32 inci dan 1/64 inci. Dalam bengkel kerja bangku dan kerja mesin biasanya hanya terdapat sampai ketelitian 1/32 inci.



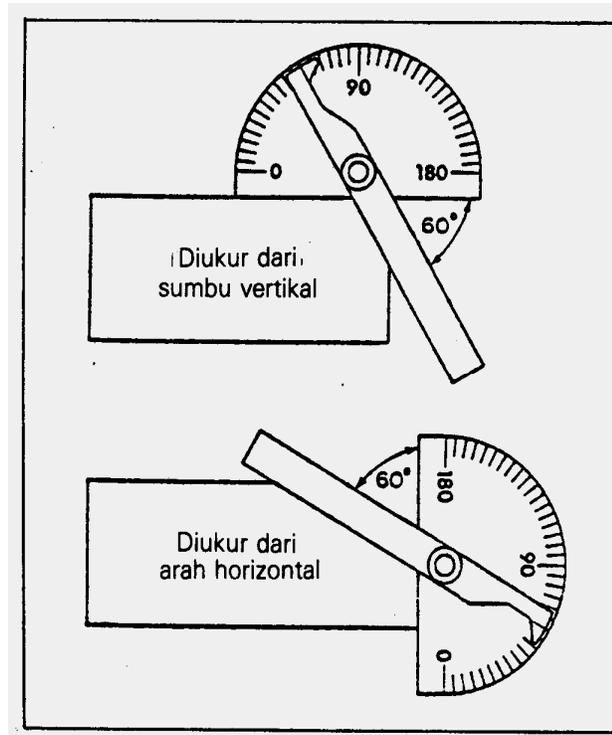
5.1.2. Mistar gulung

Mistar gulung adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur benda kerja yang panjangnya melebihi ukuran dari mistar baja, atau dapat dikatakan untuk mengukur benda-benda yang besar. Mistar gulung ini tingkat ketelitiannya adalah setengah milimeter, sehingga ia tidak digunakan untuk mengukur benda kerja secara presisi. Panjang dari mistar gulung ini bervariasi dari 2 meter sampai 30 dan 50 meter, tetapi dalam bengkel kerja mesin ukuran yang terpanjang adalah 3 meter.

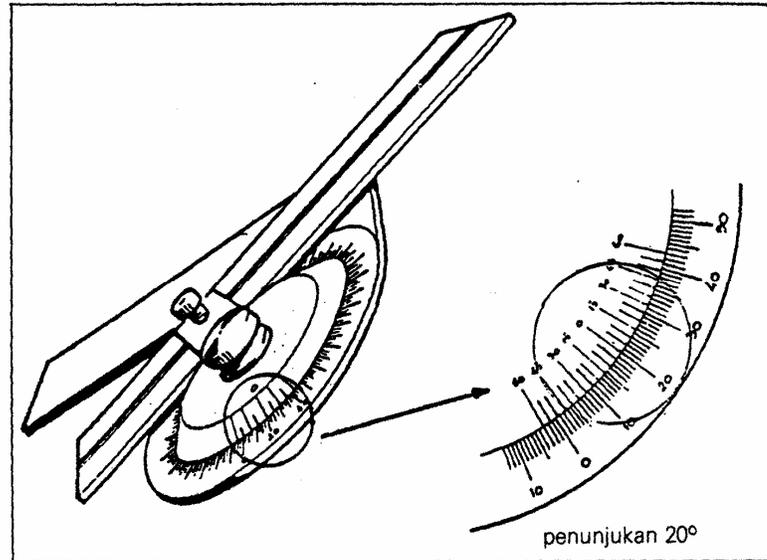


5.1.3. Protractor

Alat ukur ini digunakan untuk mengukur besaran-besaran sudut pada benda kerja dan untuk membantu pekerjaan melukis dan menandai. *Protractor* dibuat dengan beberapa bentuk, sesuai dengan jenis kegunaannya dan tingkat ketelitiannya. Batas ukur dari protractor adalah dari 0 derajat sampai 180 derajat.



Untuk pengukuran besaran sudut dengan teliti, artinya pengukuran besaran sudut kurang dari satu derajat (1 derajat) digunakan vernier bevel protractor. Alat ini mempunyai ketelitian sebesar 5 menit. Jadi dengan menggunakan *vernier bevel protractor* kita dapat melakukan pengukuran mulai dari ukuran sudut 5 menit sampai 180 derajat.

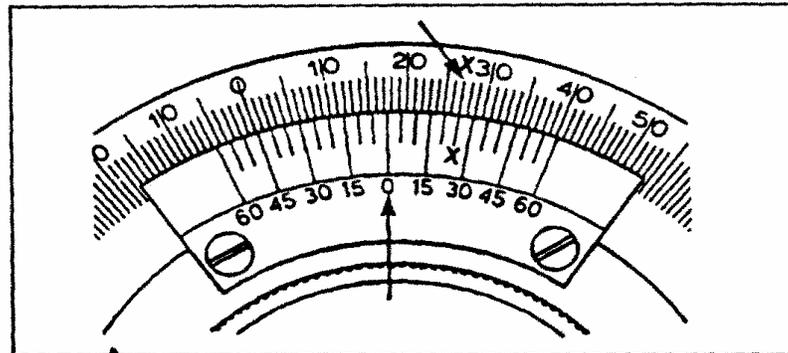


Gambar 5.5. Vernier Bevel Protractor.

Cara membaca ukuran pada *vernier bevel protractor* adalah sebagai berikut:

- Baca ukuran pada skala utama
- Baca ukuran yang ditunjukkan pada skala vernier
- Jumlahkan ukuran dari skala utama dan skala vernier.

Hasil dari penjumlahan tersebut merupakan besar dari ukuran yang diminta.



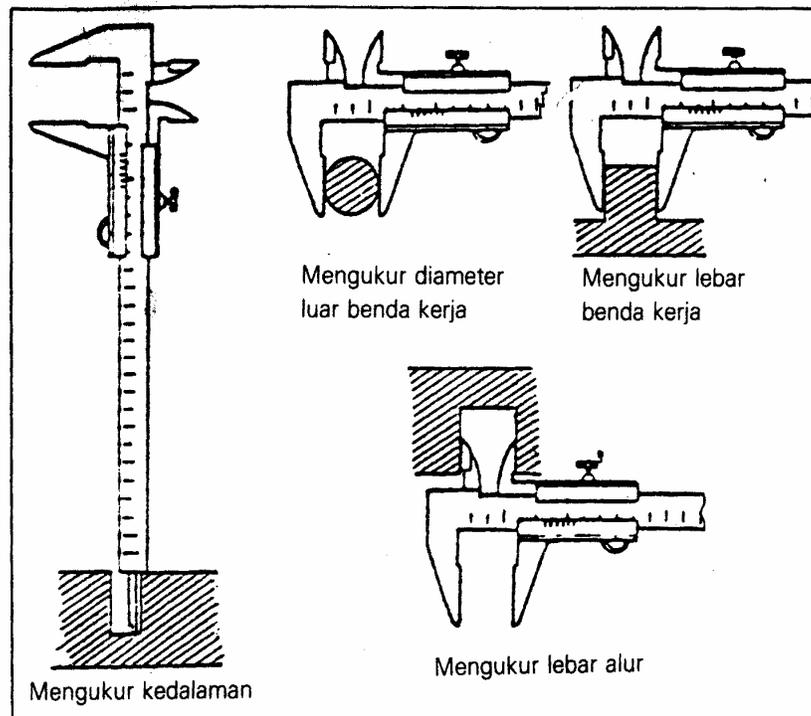
Gambar 5.6. Penunjukkan ukuran vernier bevel protractor.

5.1.4. Vernier Caliper

Vernier caliper atau mistar *ingsut* adalah alat ukur *presisi*, sehingga ia dapat digunakan untuk mengukur benda kerja yang secara presisi atau benda kerja dengan tingkat

kepresisian $1/100$ mm. ketelitian dari alat ukur ini biasanya $5/100$ mm.

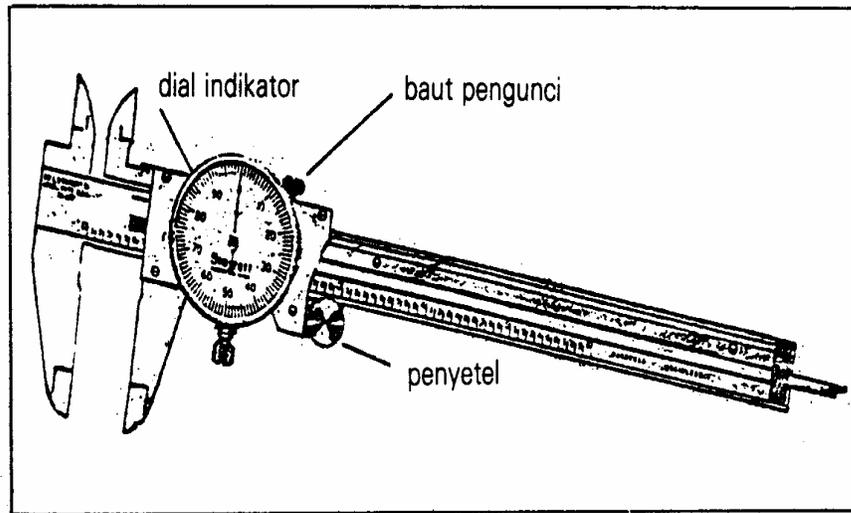
Vernier caliper dapat digunakan untuk mengukur diameter bagian luar benda kerja, kedalaman lobang, diameter bagian dalam suatu benda kerja, lebar suatu celah dan panjang dari suatu benda kerja, apabila ukuran dari vernier caliper tersebut mencukupi.



Gambar 5.7. Pengukuran dengan Vernier Caliper

Ukuran vernier caliper ada beberapa macam, seperti vernier caliper dengan panjang 0 sampai 150 mm, 0 sampai 175 mm, 0 sampai 250 mm, 0 sampai 300 mm (sistem metrik). Sedangkan untuk mengukur ukuran benda kerja yang besar juga digunakan *vernier caliper* (jangka sorong) dengan ukuran panjang lebih dari 1 (satu) meter.

Bentuk lain dari vernier caliper adalah *vernier caliper* yang dilengkapi dengan dial indikator, sehingga ia dapat melakukan pengukuran secara lebih teliti dan cara pembacaannya menjadi lebih mudah. Ketelitian vernier caliper jenis ini adalah 0,05 mm.

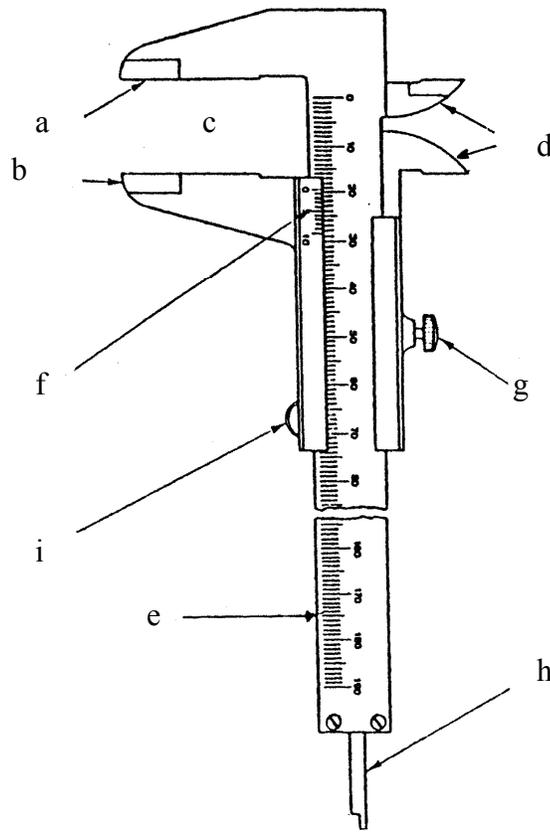


Gambar 5.8. *Vernier Caliper* dengan dial indikator

Cara membaca vernier caliper dengan dial indikator adalah sebagai berikut:

- Baca ukuran pada skema kerja
- Baca ukuran yang ditunjukkan pada dial indikator
- Karena ketelitian dial indikator adalah 0,05 mm, maka beberapa bagian yang ditunjukkan oleh dial indikator harus dikalikan dengan besaran 0,05 mm
- Jumlahkan kedua ukuran tersebut dan ukuran ini merupakan ukuran akhir benda kerja.

Bagian-bagian utama *vernier caliper* dapat diperlihatkan pada gambar 5.9. Bagian-bagian ini terdiri dari 9 komponen yang terangkai menjadi satu.



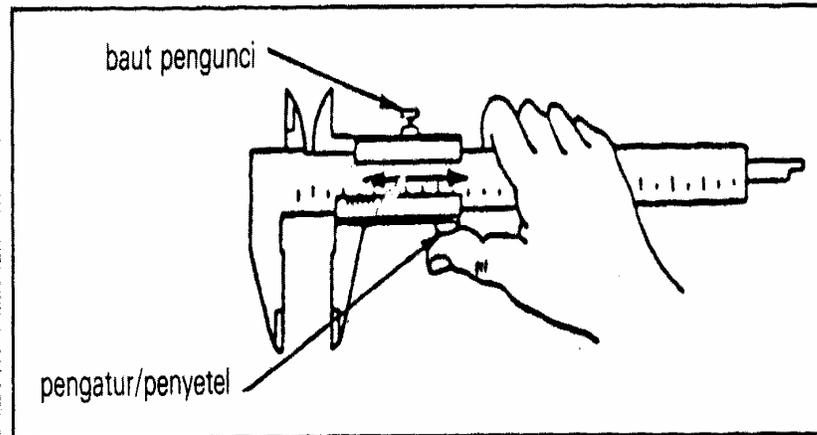
Gambar 5.9. Vernier Caliper

Keterangan gambar

- a. Rahang tetap
- b. Rahang yang dapat digerakkan
- c. Sensor untuk pengukuran bagian luar benda kerja
- d. Sensor untuk pengukuran bagian dalam benda kerja
- e. Skala utama
- f. Skala vernier
- g. Baut pengunci
- h. Batang pengukur kedalaman benda kerja
- i. Penyetel

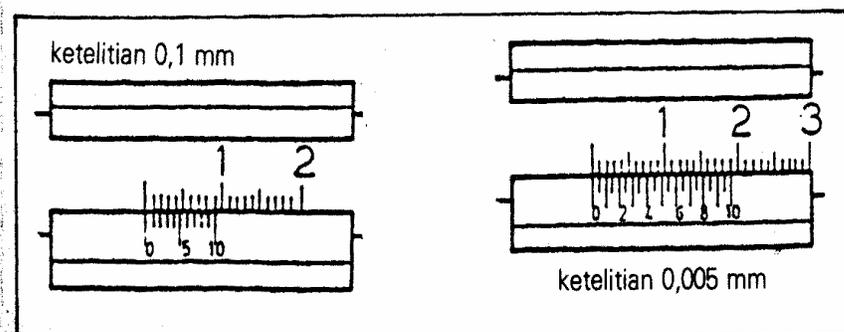
Baut pengunci digunakan apabila *vernier caliper* akan digunakan untuk melakukan pengukuran benda kerja dengan ukuran sama dan dalam jumlah yang banyak. Penyetel pada *vernier caliper* digunakan untuk menggeserkan bagian rahang vernier, sehingga mencapai posisi tertentu sesuai dengan benda kerja yang akan diukur. Perlu diingat bahwa sebelum menggerakkan penyetel, terlebih dahulu baut pengunci

dilonggarkan. Apabila tidak, maka rahang tidak akan dapat bergerak baik membuka atau menutup.



Gambar 5.10. Cara menggerakkan penyetel vernier caliper.

Ketelitian dari vernier caliper bermacam-macam, yaitu dari ketelitian 0,1 mm, 0,5 mm dan 0,001 mm. Vernier caliper dengan ketelitian 0,1 mm, berarti pada skala noniusnya dibagi menjadi 10 bagian, di mana setiap bagian berarti 0,1 mm,, sedangkan pada skala utama setiap bagian berarti besarnya 1 mm. Untuk *vernier caliper* dengan ketelitian 0,05 mm, maka pada skala noniusnya satu bagian pada skala utama dibagi menjadi 20 bagian, artinya setiap bagian berharga 0,05 mm

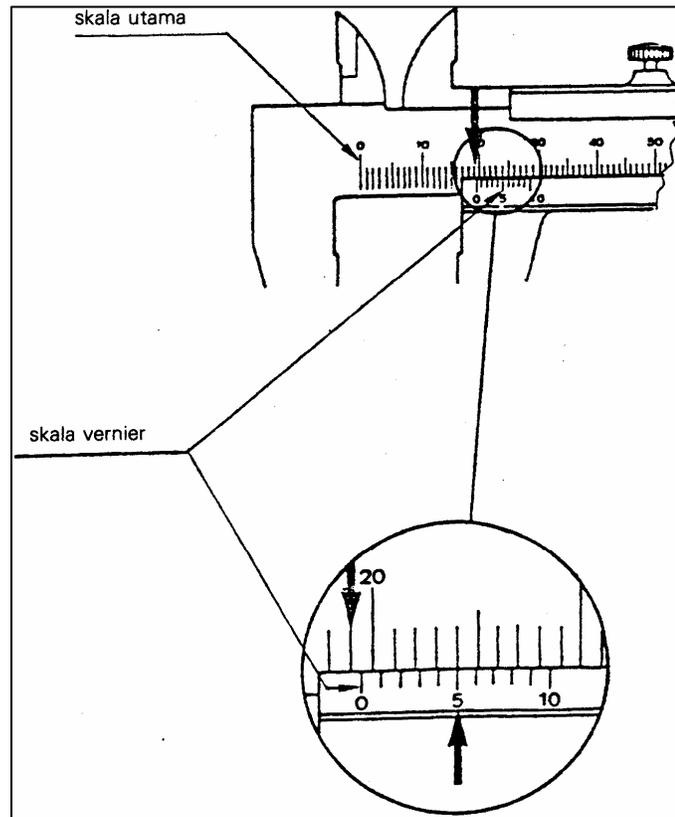


Gambar 5.11. Skala utama pada bagian nonius

➤ **Cara membaca *vernier caliper* dengan ketelitian 0,1 mm.**

Setelah melakukan pengukuran pada benda kerja dan rahang atau sensor-sensor telah dikuncikan, maka segera kita mengeluarkan benda kerja dari sensor/rahang ukur, untuk seterusnya dilakukan pembacaan ukuran yang didapatkan.

Sebagai contoh hasil pengukuran seperti diperlihatkan pada gambar di bawah ini.

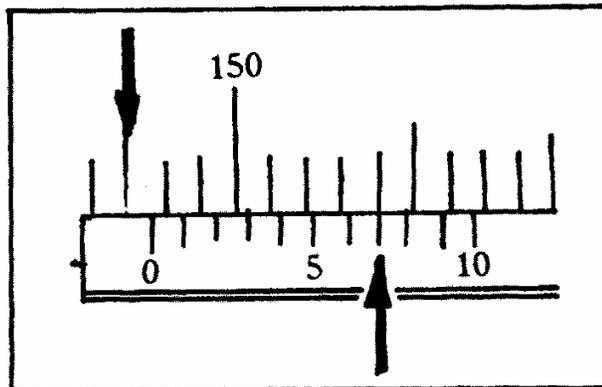


Gambar 5.12. Pembacaan pada *vernier caliper*

Langkah pembacaan ukuran tersebut adalah sebagai berikut:

- Baca pada skala utama vernier dan cari di mana posisi garis 0 pada skala nonius. Dalam gambar di bawah didapatkan bahwa garis 0 skala nonius menunjukkan angka di atas 19 dan di bawah 20 pada skala utama. Dengan demikian ukuran tersebut adalah 19 mm lebih, tetapi kurang dari 20 mm. sekarang kelebihan tersebut dicari dengan cara pada langkah ke dua.
- Perhatikan sekarang pada skala vernier/nonius. Lihat garis mana pada skala nonius yang segaris dengan garis pada skala utama vernier caliper. Dalam gambar di atas ternyata kelima pada nonius segaris dengan garis pada skala utama. Ketelitian vernier caliper adalah 0,1 mm. Dengan demikian garis ke lima tersebut berarti: $5 \times 0,1 = 0,5$ mm.
- Jadi ukuran yang ditunjukkan oleh vernier caliper seperti terlihat pada gambar di atas adalah: $19 \text{ mm} + 0,5 \text{ mm} = 19,5$ mm.

Contoh lain pembacaan ukuran pada vernier caliper dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



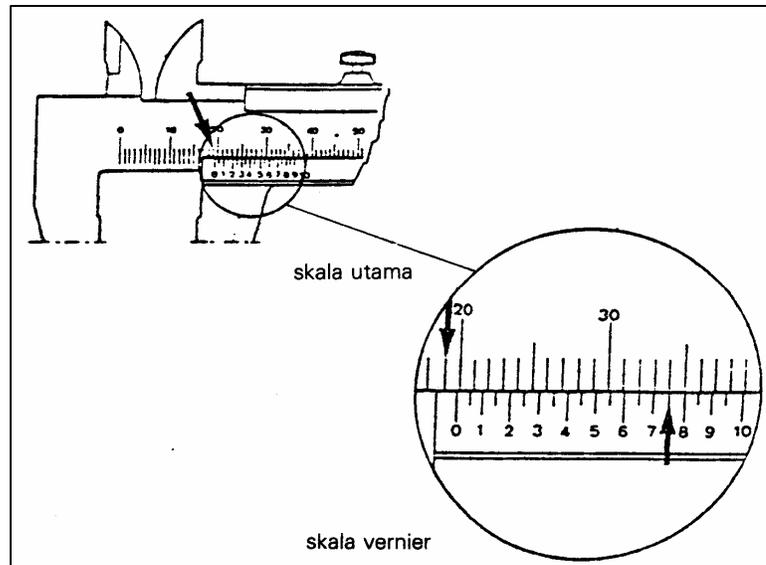
Gambar 5.13. Penunjukan ukuran pada vernier caliper.

Dari gambar di atas dapat dihitung berapa besar ukuran yang ditunjukkan pada vernier caliper. Langkah pembacaan adalah sebagai berikut:

- Baca skala utama, berapa besar angka yang berada disebelah kiri garis 0 pada skala nonius atau skala vernier. Dalam gambar tersebut menunjukkan angka 147, berarti skala utama menunjukkan ukuran 147 mm.
- Lihat pada skala vernier/nonius, garis mana yang segaris dengan garis pada skala utama. Dalam gambar tersebut garis ke tujuh yang segaris dengan garis pada skala utama. Ini berarti $7 \times 0,1 \text{ mm}$ atau $= 0,7 \text{ mm}$ ($0,1 \text{ mm}$ karena ketelitian vernier caliper adalah $0,1 \text{ mm}$)
- Dengan demikian besar pengukuran dari pengukuran yang ditunjukkan pada gambar di atas adalah : $147 \text{ mm} + 0,7 \text{ mm} = 147,7 \text{ mm}$

➤ **Membaca pengukuran pada *vernier caliper* dengan ketelitian $0,05 \text{ mm}$**

Pada prinsipnya cara pembacaan pada vernier caliper dengan ketelitian $0,05 \text{ mm}$ ini sama dengan pembacaan *vernier caliper* dengan ketelitian $0,1 \text{ mm}$. Perbedaannya adalah pada pembacaan skala nonius atau skala vernier caliper ini, maka di bawah ini diberikan contoh pemakaian alat tersebut.

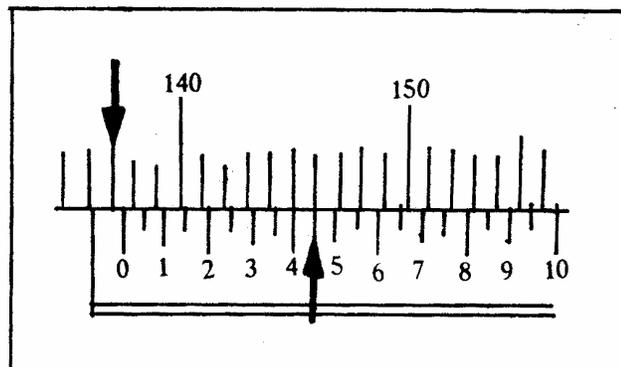


Gambar 5.14. Penunjukkan pengukuran pada *vernier caliper*

Langkah pembacaanya adalah sebagai berikut:

- Baca pada skala utama vernier. Dalam gambar di atas didapatkan bahwa angka atau garis yang berada di sebelah garis nol pada skala nonius/vernier adalah angka 19, artinya adalah 19 mm.
- Selanjutnya perhatikan pada skala vernier atau nonius, garis mana pada skala nonius/vernier yang segaris dengan garis pada skala utama. Dalam gambar di atas adalah garis yang lima belas. Ini berarti ukuran yang ditunjukkan adalah sebesar: $15 \times 0,05 \text{ mm} = 0,75 \text{ mm}$
- Jadi ukuran yang ditunjukkan pada gambar di atas adalah sebesar: $19 \text{ mm} + 0,75 \text{ mm} = 19,75 \text{ mm}$.

Pada gambar di bawah ini ditunjukkan suatu hasil pengukuran dengan menggunakan *vernier caliper*, hitunglah berapa besar ukuran yang ditunjukkan oleh *vernier caliper*.



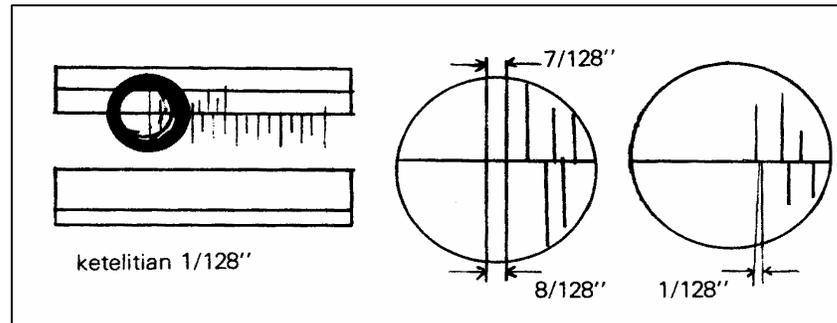
Gambar 5.15. Penunjukkan ukuran pada *vernier caliper*.

Langkah pembacaannya adalah sebagai berikut:

- Pembacaan pada skala utama kiri garis nol skala nonius adalah sebesar 137, artinya adalah 137 mm.
- Pada skala nonius yang segaris dengan garis ada skala utama adalah garis yang ke sembilan, artinya adalah $9 \times 0,05 \text{ mm} = 0,45 \text{ mm}$.
- Jadi ukuran yang ditunjukkan pada gambar adalah sebesar: $137 \text{ mm} + 0,45 \text{ mm} = 137,45 \text{ mm}$.

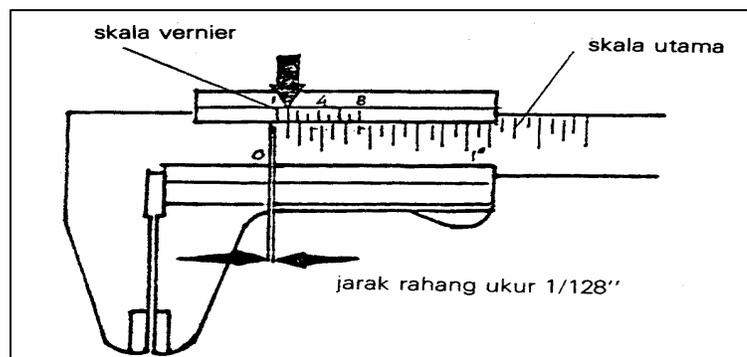
➤ **Membaca pengukuran pada vernier caliper sistem imperial ketelitian 1/128 inchi.**

Pada skala vernier/skala nonius panjang totalnya sebesar 7/16 inchi dan panjang ini dibagi menjadi 8 bagian. Maka tiap bagian berharga 7/128 inchi. Pada skala utama panjang 1 (satu) inchi dibagi menjadi 16 bagian, maka masing-masing bagian berharga 1/16 inchi atau 8/128 inchi. Dengan demikian perbedaan ukuran untuk setiap bagian antara skala utama dan skala vernier adalah sebesar: $8/128 - 7/128 = 1/128$ inchi.



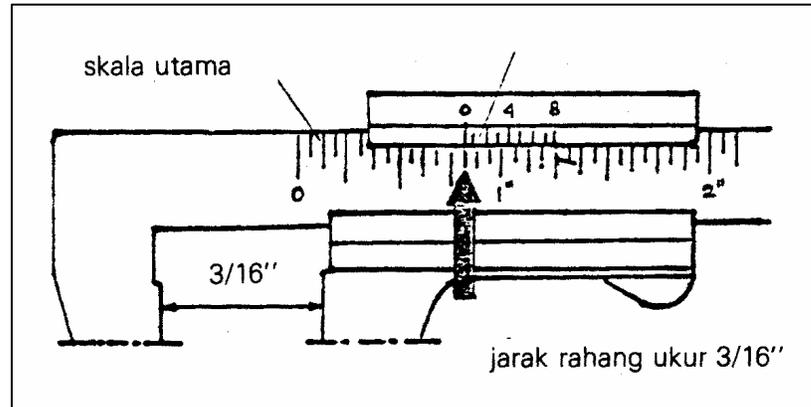
Gambar 5.16. Pembacaan skala vernier caliper

Sebagai contoh apabila garis vernier nomor 1 segaris dengan garis pertama sesudah angka nol dari angka utama ini berarti lebar pembukaan rahang atau sensor ukur adalah sebesar 1/128 inchi.



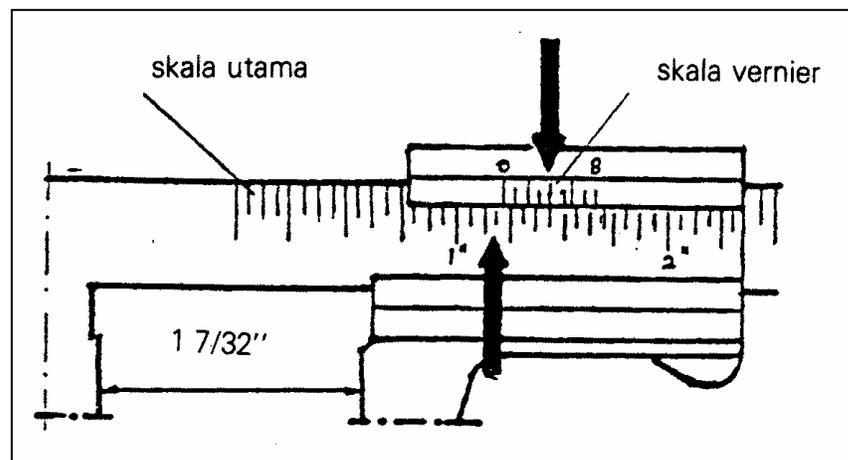
Gambar 5.17. Rahang vernier pada posisi membuka 1/128 inchi.

Pada gambar di bawah ini menunjukkan posisi garis nol pada skala vernier segaris dengan garis ke 13 (tiga belas) pada skala utama, maka *vernier caliper* tersebut menunjukkan ukuran $13/16$ inchi.



Gambar 5.18. Posisi pengukuran $13/16$ inchi.

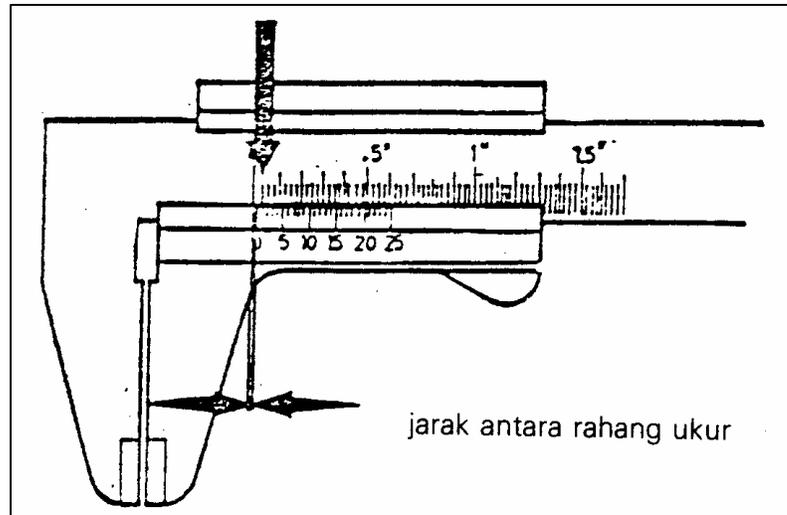
Pada gambar di bawah ini diperlihatkan suatu ukuran dengan data sebagai berikut; garis nol pada skala vernier berada setelah angka 1 inchi dan ditambah 3 garis berikutnya yang berarti $3/16$ inchi. Pada skala vernier terlihat garis ke empat yang segaris dengan garis pada skala utama, ini berarti menunjukkan ukuran $4/128$ inchi atau $1/32$ inchi. Dengan demikian gambar vernier di bawah menunjukkan ukuran sebesar: 1 inchi + $3/16$ inchi + $1/32$ Inchi = $1 \frac{7}{32}$ inchi.



Gambar 5.19. Posisi pengukuran $1 \frac{7}{32}$

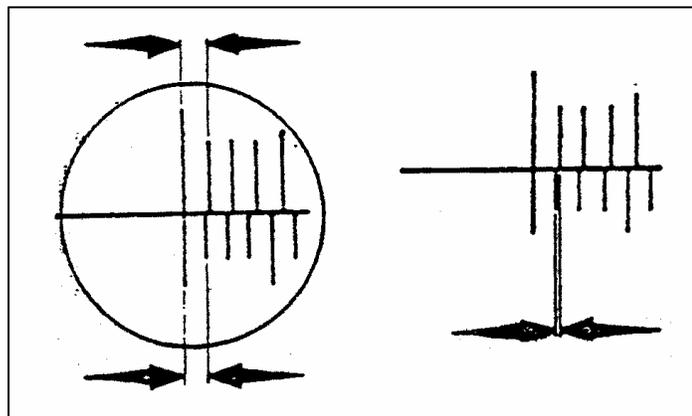
➤ **Membaca vernier caliper dengan ketelitian 0,001 inchi.**

Di dalam bengkel kerja mesin dimungkinkan adanya vernier caliper sistem dengan pecahan desimal. Pada vernier caliper ini panjang satu inchi pada skala utama dibagi menjadi 10 bagian sama besar. Kemudian pada setiap bagian masih dibagi kembali menjadi 4 bagian, ini berarti dalam lebar atau panjang 1 inchi dibagi menjadi 40 bagian sama besar. Dengan demikian, maka harga setiap bagiannya adalah $1/40$ sama dengan 0,025 inchi.



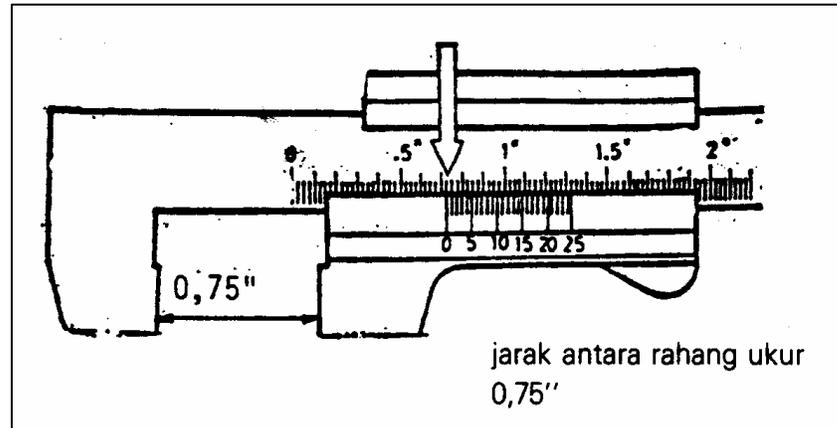
Gambar 5.20. Vernier dengan ketelitian 0,001 inchi.

Pada skala vernier/skala nonius terdapat 24 garis skala yang dibagi menjadi 25 bagian, sehingga harga tiap bagian adalah sebesar $24/25 \times 0,025$ inchi, sama dengan 0,024 inchi, maka perbedaannya adalah sebesar $0,025 - 0,024 = 0,001$ inchi.



Gambar 5.21. Penunjukkan perbedaan sebesar 0,001 inchi.

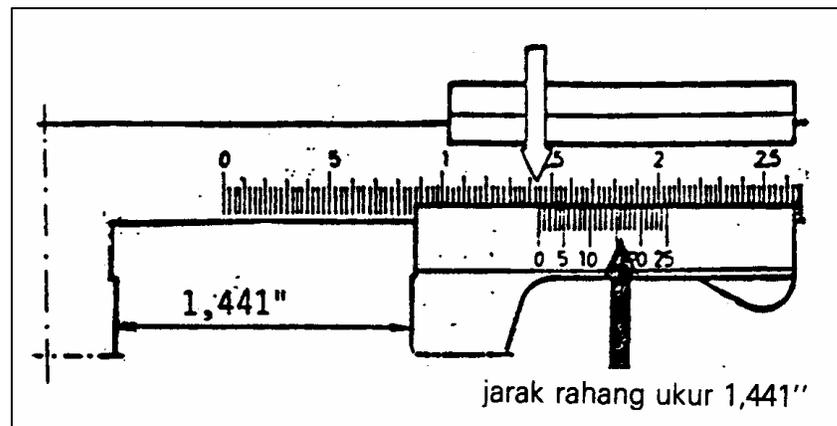
Pada gambar di bawah ini diberikan contoh pembacaan vernier caliper dengan tingkat ketelitian sebesar 0,001 inci. Dari gambar tersebut, ditentukan berapa besar pengukuran yang ditunjukkan oleh *vernier caliper*.



Gambar 5.22. Posisi pengukuran pada *vernier caliper*.

Pada gambar di atas garis nol pada skala nonius vernier berada pada garis pertama sesudah garis yang menunjukkan angka pembacaan 0,700 inci, maka gambar di atas menunjukkan pembacaan sebesar $0,70 + 0,025$ inci atau sama dengan 0,725 inci.

Kemudian lihat gambar di bawah ini, berapakah besar ukuran yang ditunjukkan oleh *vernier caliper* ini.



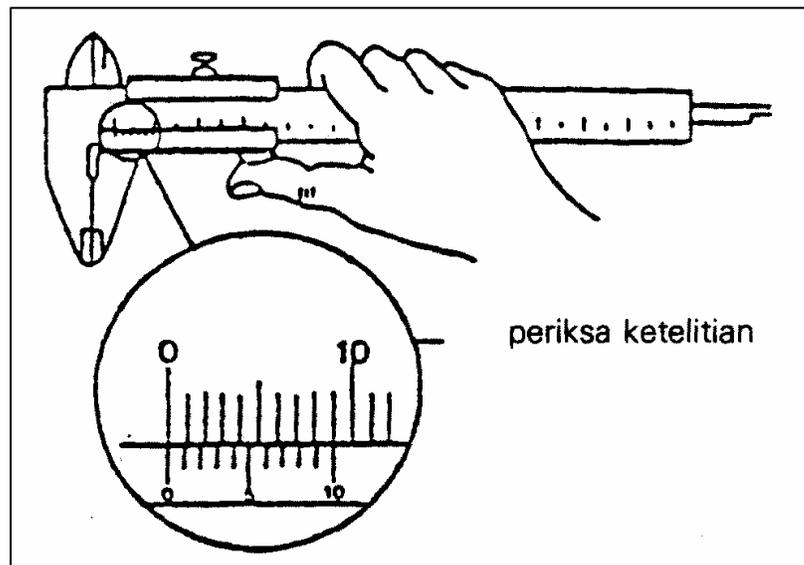
Gambar 5.23. Posisi penunjukan pada *vernier caliper*.

Dari gambar di atas terbaca bahwa garis nol pada skala vernier berada pada garis pertama sesudah garis ukur 1,4 inci.

Kemudian dibaca garis yang mana yang segaris dengan garis-garis pada skala vernier, ternyata garis yang ke 16 yang segaris dengan garis pada skala utama. Ini berarti menunjukkan ukuran 0,016 inchi dan besarnya ukuran ini harus ditambahkan dengan ukuran utama. Dengan demikian besar ukuran yang ditunjukkan oleh gambar di atas adalah sebesar: $1,425 + 0,016 = 1,441$ inchi.

➤ **Persiapan sebelum melakukan pengukuran**

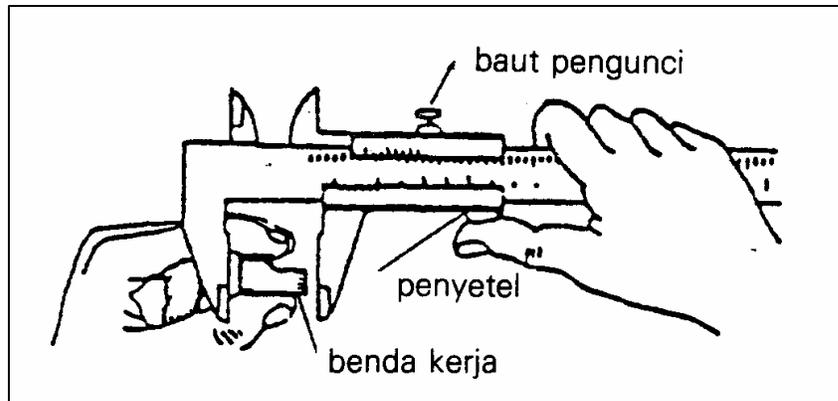
Sebelum melakukan pengukuran dengan menggunakan *vernier caliper* bersihkan *vernier caliper* dengan menggunakan kain yang lunak dan bersih. Kemudian periksa vernier caliper apakah penunjukannya masih nol (0), apabila ke dua rahangnya dirapatkan. Untuk merapatkan rahangnya gunakan penyetel. Benda kerja yang akan diukur bersihkan terlebih dahulu dari kotoran.



Gambar 5.24. Menyiapkan *vernier caliper*.

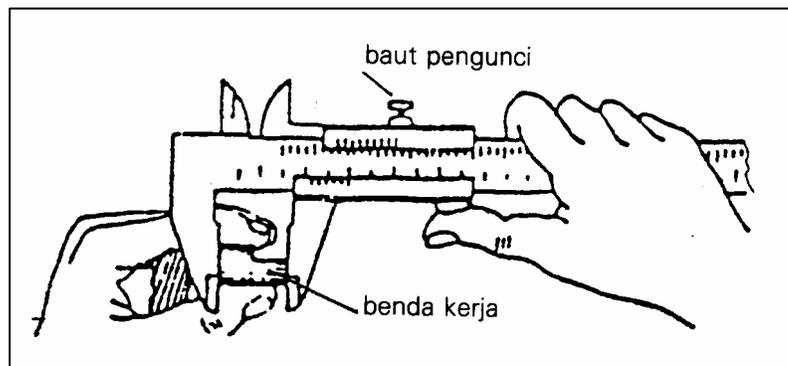
➤ **Melakukan pengukuran luar.**

Pertama-tama atur kedudukan rahang pengukur untuk pengukuran bagian luar benda kerja pembukaan rahang diperkirakan lebih besar dari ukuran benda kerja yang akan diukur.

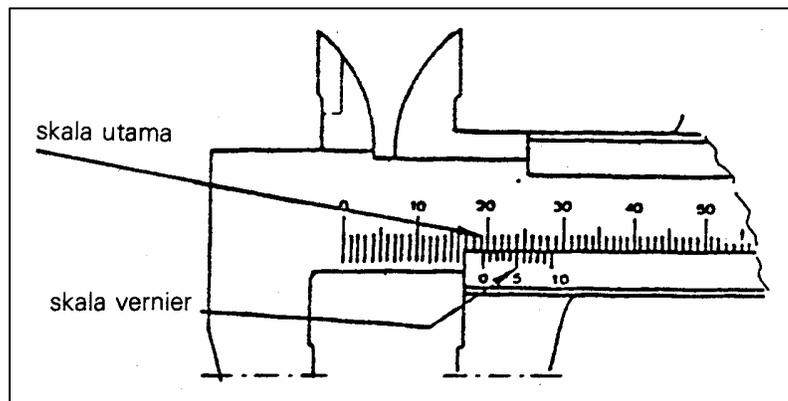


Gambar 5.25. Memperkirakan pembukaan rahang ukur.

Selanjutnya tempatkan benda kerja di antara rahang dan aturlah rahang hingga semua rahang pengukur menjepit benda kerja. Penjempitan tidak boleh terlalu longgar dan tidak boleh terlalu sesak dan semua permukaan rahang menyentuh permukaan benda kerja. Kalau langkah ini telah selesai tinggalah kita membaca ukuran yang ditunjukkan oleh *vernier caliper*.



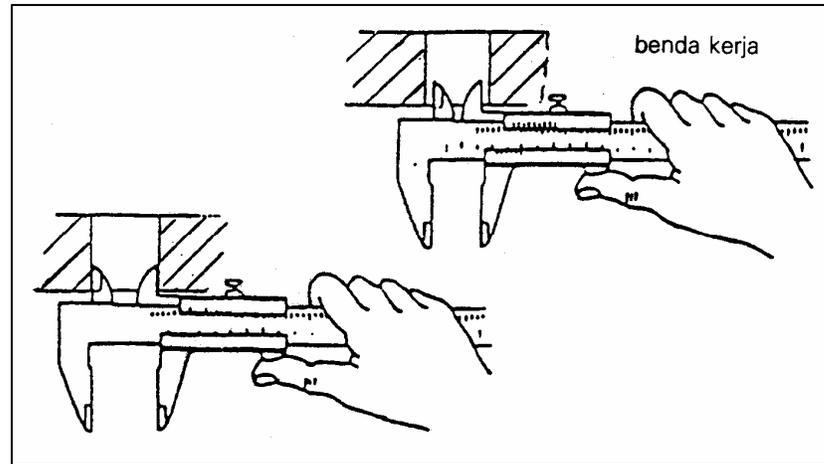
Gambar 5.26. Menggerakkan rahang vernier caliper.



Gambar 5.27. Membaca ukuran pada *vernier caliper*

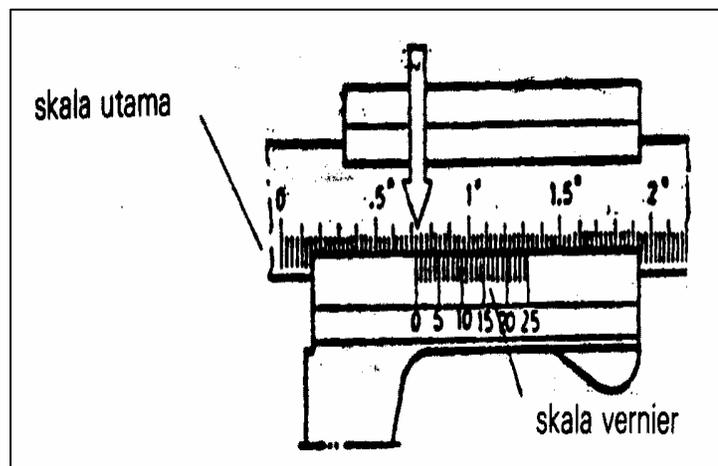
➤ **Mengukur ukuran bagian dalam benda kerja**

Sebelum melakukan pengukuran bagian dalam dari suatu benda kerja, maka bersihkanlah terlebih dahulu *vernier caliper* terutama pada sensor pengukur bagian dalam benda kerja. Untuk melakukan pengukuran bagian dalam benda kerja, maka bukalah rahang/sensor ukur dengan perkiraan harus lebih kecil dari ukuran permukaan bagian dalam benda kerja. Tempatkan rahang pengukur hingga menyentuh permukaan benda kerja.



Gambar 5.28. Menggerakkan rahang

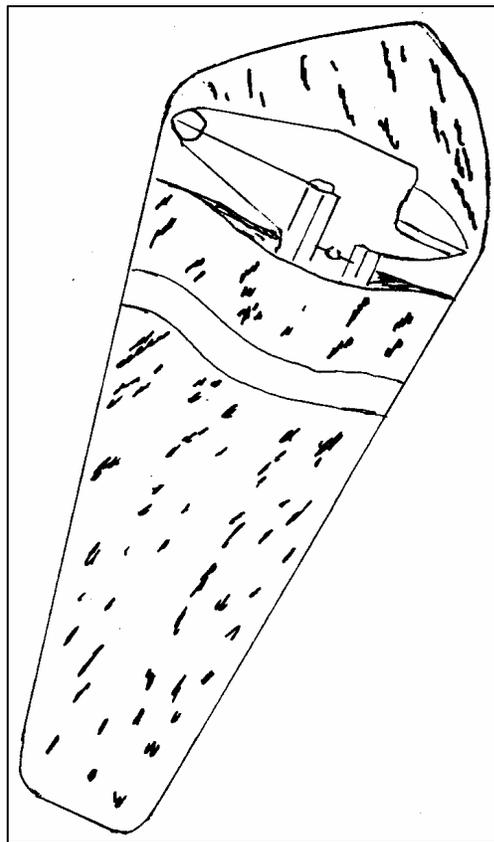
Gerakkan penyeteri ranang hingga menyentuh dinding benda kerja dan menjepit benda kerja. Perlu diingat bahwa, dalam melakukan pengukuran lobang, yakinkan rahang vernier betul-betul sejajar dengan titik senter lobang pada benda kerja. Langkah inilah yang ditunjukkan oleh *vernier caliper*.



Gambar 5.29. Membaca ukuran pada vernier caliper.

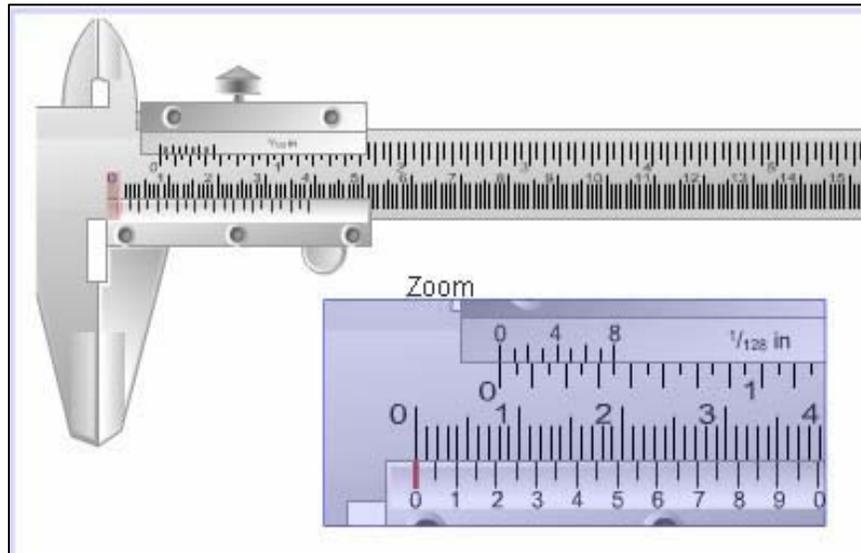
➤ **Menyimpan vernier caliper**

Sebelum *vernier caliper* disimpan, terlebih dahulu vernier caliper dibersihkan dengan menggunakan kain kering dan bersih dan seterusnya lapiasi *vernier caliper* dengan minyak pelumas. Jaga vernier caliper agar tetap standar, karena vernier caliper adalah alat ukur presisi. Tempatkan *vernier caliper* pada tempat penyimpanannya dan jaga jangan sampai jatuh. Sebaiknya setelah *vernier caliper* dipakai beberapa bulan vernier caliper ini dibersihkan dengan jalan membuka bagian-bagiannya dan membersihkannya dengan kain yang bersih dan kering, sebab setelah dipakai lama, kemungkinan adanya debu atau kotoran lain yang masuk di antara celah-celahnya.

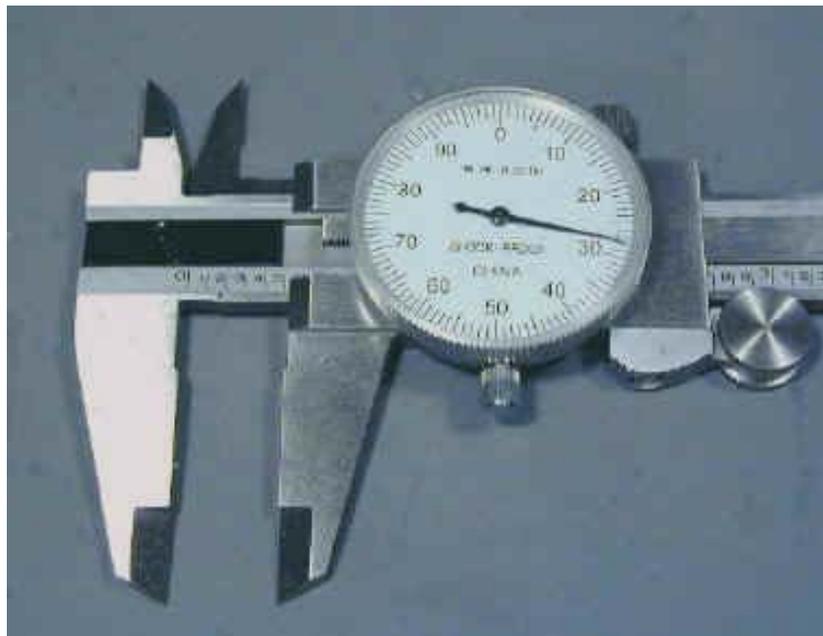


Gambar 5.30. Tempat menyimpan *vernier caliper*

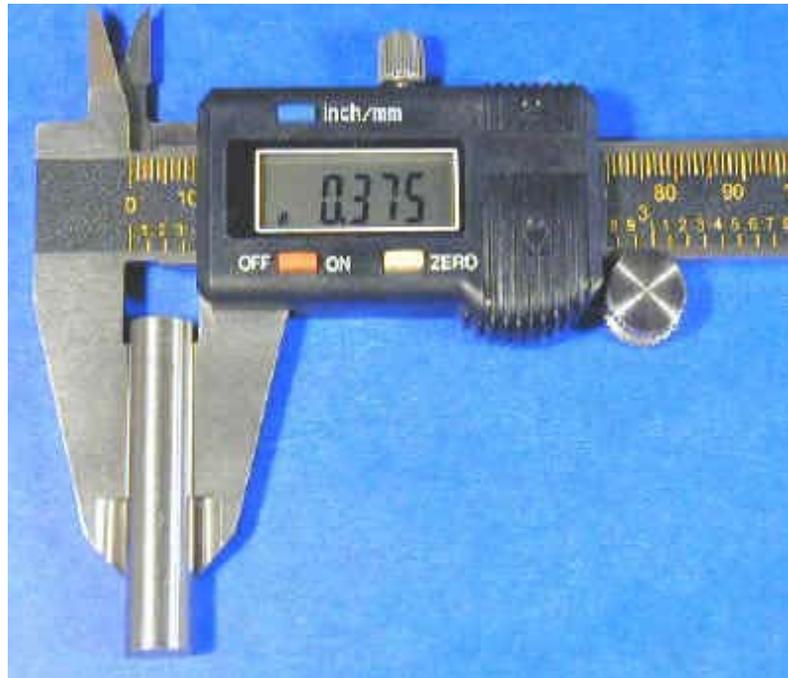
➤ Jenis-Jenis *Vernier Caliper*



Gambar 5.31. *Vernier Caliper* Analog



Gambar 5.32. *Vernier Caliper* dengan Dial Indikator

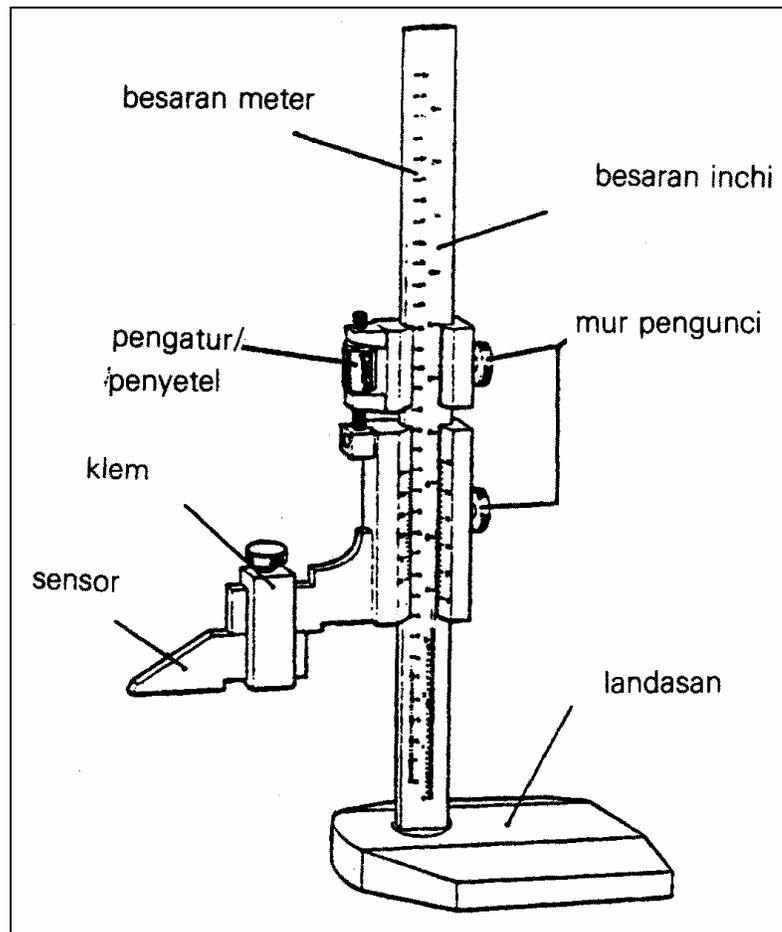


Gambar 5.33. Vernier Caliper Digital

5.1.5. Alat Ukur Ketinggian (*vernier high gauge*)

Alat ukur ketinggian adalah alat ukur presisi seperti alat ukur vernier. Alat ukur ini merupakan alat ukur multifungsi atau banyak fungsi, karenanya alat ini hampir selalu ada di setiap bengkel mesin. Sebagian alat ukur ketinggian, alat ini dapat menghasilkan pengukuran yang presisi. Langkah pengukuran benda kerja adalah benda kerja yang akan diukur dan alat ukurnya ditempatkan pada suatu bidang datar (meja perata). Alat ukur ketinggian tersedia dalam beberapa ukuran dari 300 mm sampai 1000 mm atau dari 12 inchi sampai 72 inchi dengan ketelitian 0,02 atau 0,001 inchi.

Pada dasarnya alat ukur ini sama dengan vernier caliper, sehingga cara pembacaan ukurannya sama dengan pembacaan ukuran pada vernier caliper. Yang membedakan alat ini dengan vernier caliper adalah gerakan sensor ukurannya, di mana pada ukuran alat ukur ini gerakan sensor ukurannya adalah naik turun atau arah vertikal, sedangkan pada vernier caliper gerakan sensornya adalah arah horizontal.

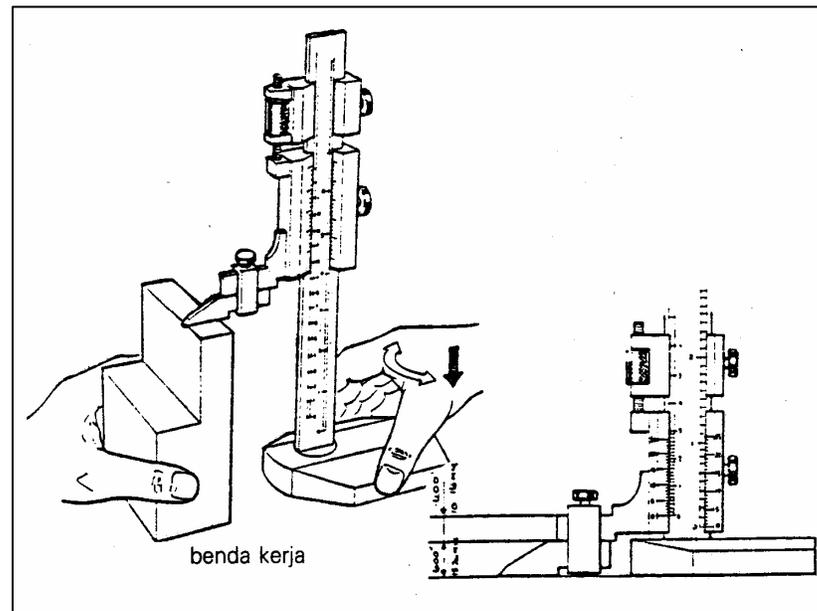


Gambar 5.34. Alat ukur ketinggian (vernier height gauge)

Alat ukur ini di samping digunakan untuk melakukan pengukuran, juga dapat digunakan sebagai alat penanda yang presisi pada pekerjaan melukis dan menandai. Untuk keperluan tersebut, maka dipasangkan penggaris pada bagian sensor ukurnya. Pada bagian pemeriksaan kualitas atau *quality control* alat ini sangat banyak digunakan sebagai alat pemeriksaan kehalusan permukaan benda kerja, dengan cara memasang dial indikator pada sensor ukurnya. Dikarenakan banyaknya kegunaan alat ini, maka hampir semua bengkel kerja mesin mempunyai peralatan ini. Perlu diingat bahwa karena alat ini sangat presisi, maka cara memakai dan menyimpan alat ini harus benar-benar diperhatikan.

Guna menghasilkan hasil pengukuran yang presisi, maka sebelum melakukan pengukuran terlebih dahulu harus dilakukan beberapa kegiatan. Langkah pertama tentunya mengkalibrasi alat ukur itu sendiri. Setelah alat ukur tersebut benar-benar presisi, maka baru langkah pengukuran dimulai. Langkah pengukuran dengan menggunakan peralatan ini adalah sebagai berikut:

- Bersihkan meja perata
- Bersihkan benda kerja yang akan diukur
- Bersihkan alat ukur dengan menggunakan kain bersih dan kering
- Kendorkan baut pengikat untuk dapat menggerakkan sensor ukur
- Naikkan atau turunkan sensor ukur mendekati benda kerja yang akan diukur
- Tempatkan sensor ukur pada bagian sisi kanan benda kerja kemudian singgungkan sensor ukur pada benda kerja, yakinkan dengan menggunakan baut pengatur.



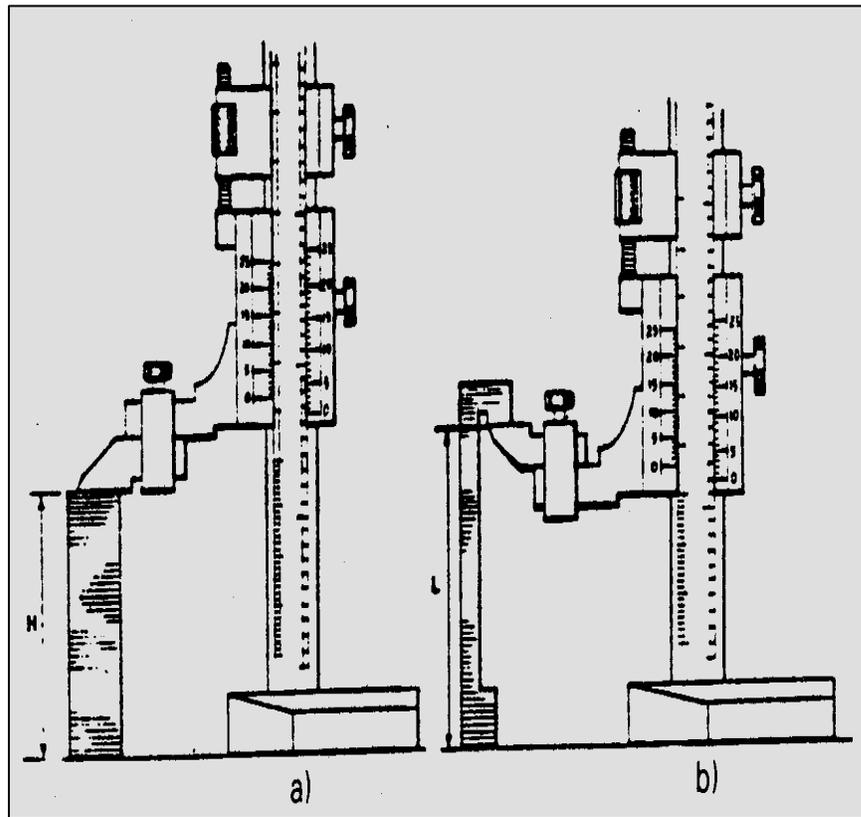
Gambar 5.35. Langkah pengukuran

- Gerakkan sensor dari kanan pada benda kerja atau sebaliknya dan mur agar sensor menyinggung benda kerja secara baik (gunakan baut pengatur). Lakukan secara berulang-ulang agar dapat diyakini pengukuran telah benar.
- Setelah benar-benar diyakini penyinggungan sensor dengan benda kerja sama, baru kuncikan baut pengikat.

- Lepaskan benda kerja dan lakukan pembacaan ukuran yang ditunjukkan.

Catatan: Setiap melakukan pengukuran hendaknya pada daerah dengan penerangan cukup, agar tidak terjadi salah dalam pembacaan atau terjadi kesalahan pengukuran akibat pembiasan.

Pada gambar di bawah ini ditunjukkan cara melakukan pengukuran benda kerja untuk mengetahui ukuran tinggi keseluruhan benda kerja (gambar a). sedangkan yang satunya (gambar b) untuk mengetahui ukuran ketinggian sisi bagian dalam benda kerja.



Gambar 5.36. Cara melakukan pengukuran

➤ **Macam-macam *Height Gauge***



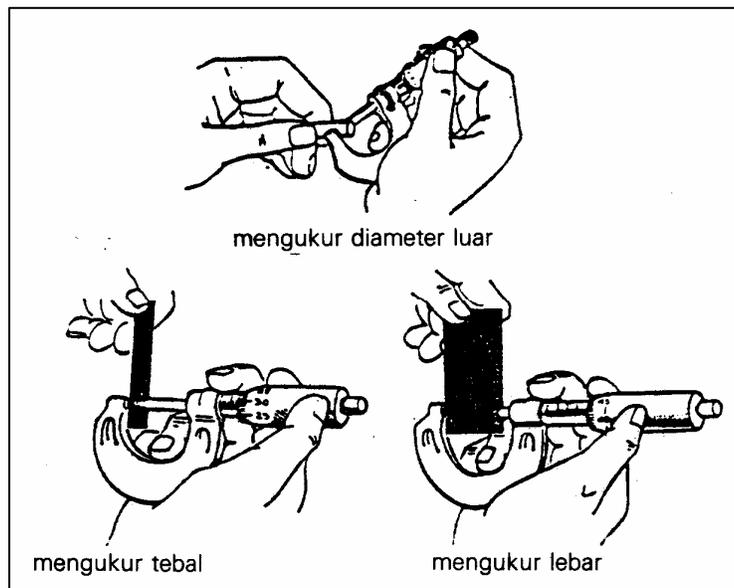
Gambar 5.37. Macam-macam *Height Gauge*

5.1.6. Mikrometer

Mikrometer adalah alat ukur presisi atau teliti. Alat ini banyak digunakan pada bengkel kerja mesin terutama pada bengkel yang memerlukan atau mengerjakan benda-benda kerja yang presisi. Biasanya benda kerja dengan ukuran presisi adalah benda kerja untuk komponen-komponen mesin, di mana ketelitiannya sekitar 0,002 mm. Dalam praktek pengukuran, mikrometer juga terdiri dari dua sistem yaitu sistem metrik dan sistem imperial sedangkan ditinjau dari segi jenisnya mikrometer ada dua jenis yaitu: mikrometer luar dan mikrometer dalam.

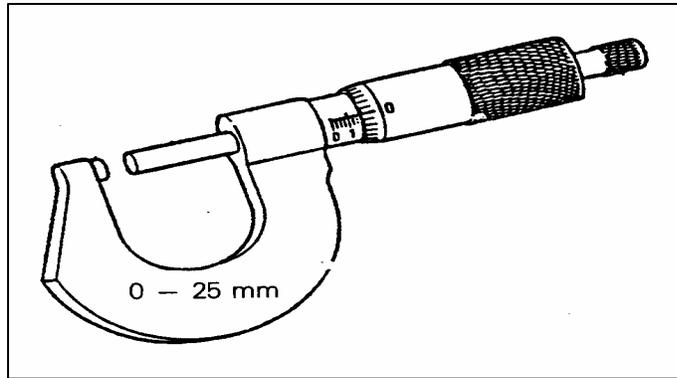
5.1.6.1. Mikrometer Luar

Mikrometer luar adalah alat ukur presisi yang digunakan untuk pengukuran ukuran bagian luar dari benda kerja. Ketelitian ukuran yang diharapkan adalah sebesar 0,01 mm. Guna memberikan gambaran berapa ukuran 0,01 mm tersebut, dapat diberikan contoh bahwa besar rambut seseorang perhelai adalah sebesar 0,03 mm. jadi mikrometer mempunyai ketelitian yang lebih kecil dibandingkan dengan ukuran satu helai rambut. Mikrometer luar dapat digunakan untuk pengukuran benda kerja berbentuk bulat, persegi dan rata.

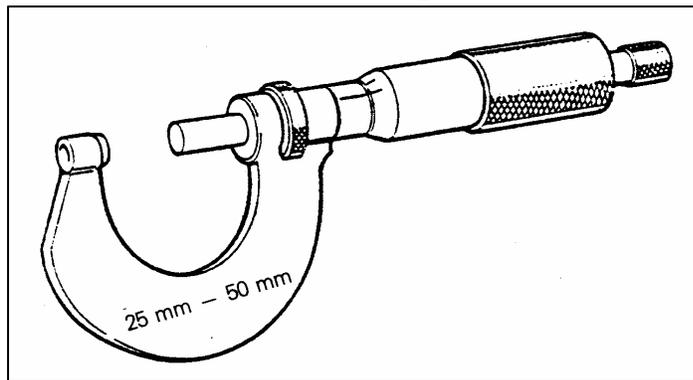


Gambar 5.38. Pemakaian mikrometer luar

Mikrometer luar tersedia dalam beberapa ukuran rangkanya, sehingga alat ini dapat digunakan untuk pengukuran secara luas. Kenaikan tiap ukuran sebesar 25 mm, sehingga mikrometer yang tersedia dipasaran adalah sebagai berikut: 0 sampai 25 mm, 25 sampai 50 mm, 50 - 75 mm, 75 - 100 mm dan seterusnya.



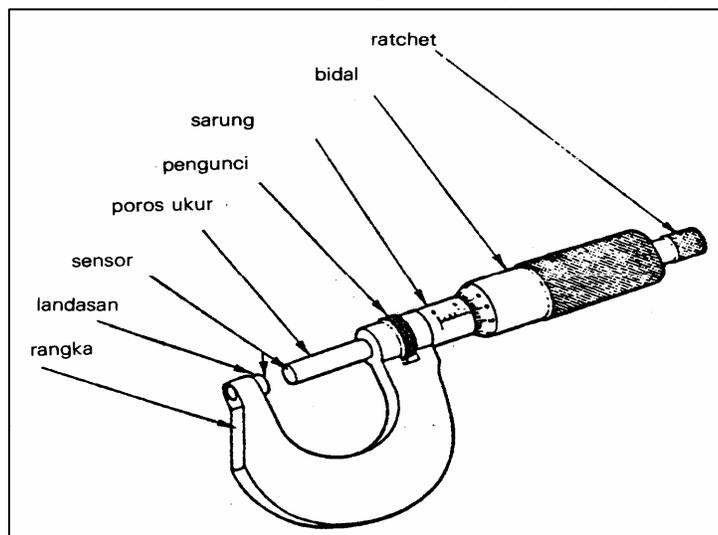
Gambar 5.39. Ukuran rangka 0 – 25 mm



Gambar 5.40. Ukuran rangka 25 – 50 mm

➤ Bagian-bagian utama mikrometer luar

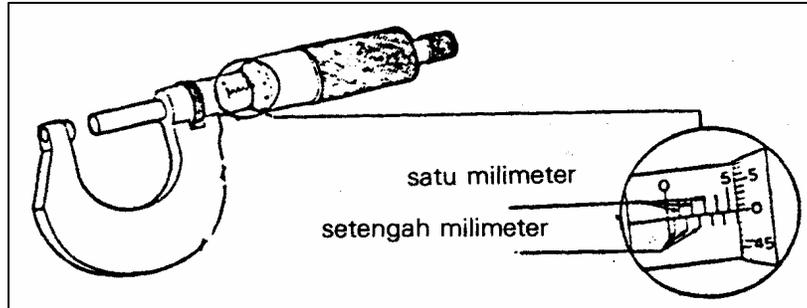
Mikrometer harus terlebih dahulu memahami bagian utama mikrometer dan fungsi masing-masing bagian



Gambar 5.41. Bagian-bagian utama micrometer

➤ Skala baca/ukuran pada mikrometer luar

Pada selubung (bagian yang tidak diputar) terdapat skala ukuran yaitu ukuran milimeter (mm) dan setengah milimeter (0,5 mm)

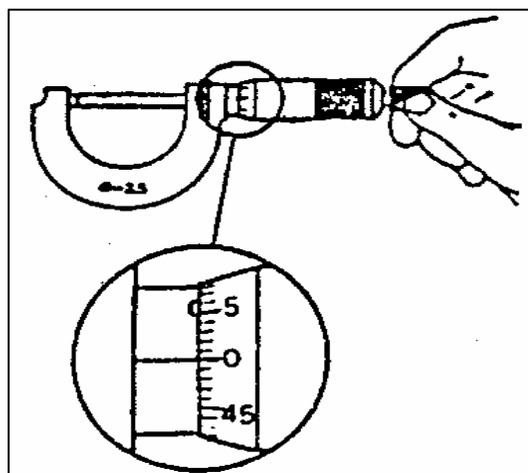


Gambar 5.42. Besarnya skala ukuran

Untuk menggerakkan poros pengukur maju $\frac{1}{2}$ mm, maka bidal diputar satu kali putaran (360°). Setiap bagian pada skala bidang mempunyai lebar 0,01 mm.

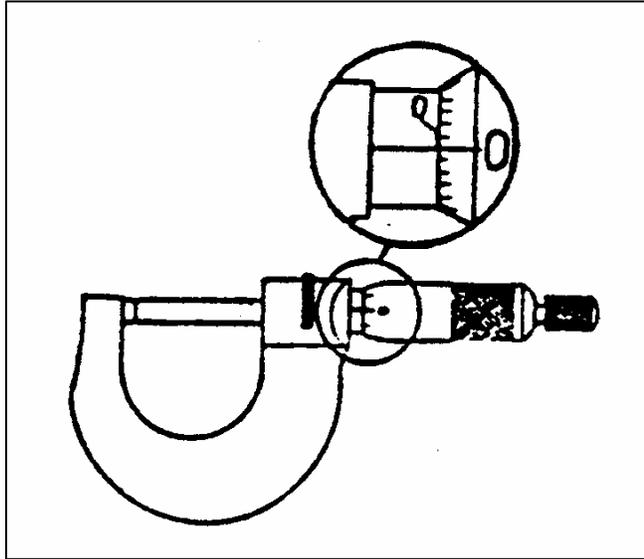
➤ Mempersiapkan mikrometer

Sebelum melakukan pengukuran dengan menggunakan mikrometer, terlebih dahulu periksa kebersihan dari sensor ukur dan landasan ukurnya. Lakukan pembersihan dengan menggunakan kain yang lunak dan bersih. Kemudian lakukan pemeriksaan ketelitian kalibrasi. Pelaksanaan kalibrasi dengan jalan menggerakkan sensor ukur sampai ke landasan ukur hingga saling bersentuhan. Putar *ratchet* tiga kali dan lihat penunjukan mikrometer, dimana penunjukannya harus 0 (nol).



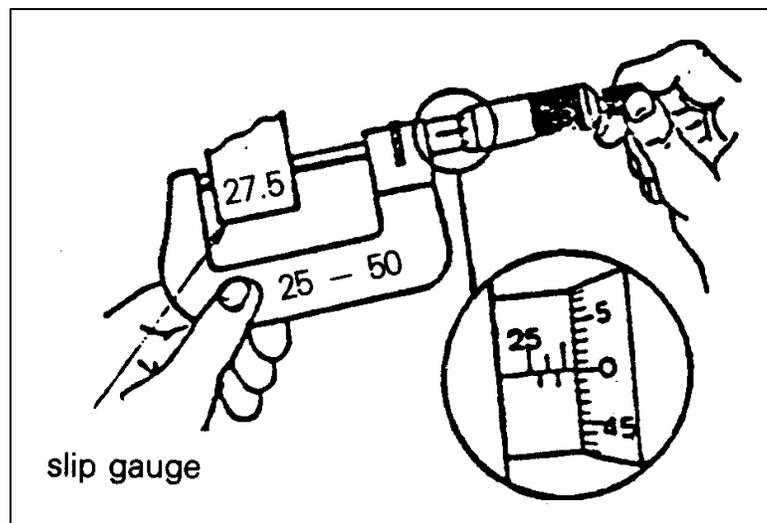
Gambar 5.43. Mengkalibrasi mikrometer

Demikian juga lakukan pemeriksaan terhadap jarak pembukaan sensor ukur dan landasan ukur. Gunakan slip gauge untuk mengkalibrasinya. Jarak kedua bagian tersebut pada saat membuka sempurna adalah sebesar 25 mm. Sebelum melakukan pengkalibrasian semua bagian terutama dikalibrasi harus dibersihkan dari debu, sebab debu dapat mempengaruhi hasil pengkalibrasian.



Gambar 5.44. Mengkalibrasi mikrometer

Untuk mengkalibrasi mikrometer luar ukuran 25 sampai 50 mm, gunakan *gauge block*, agar hasil pengkalibrasian bisa sempurna.

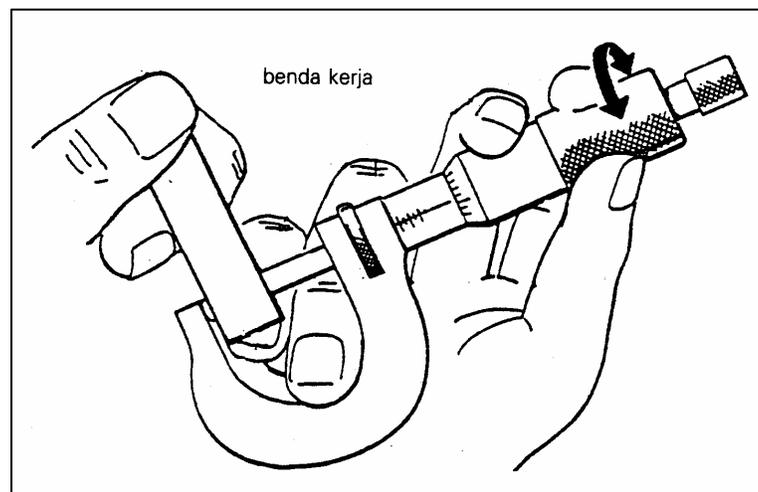


Gambar 5.45. Mengkalibrasi mikrometer ukuran 25 – 50 mm

➤ Cara melakukan pengukuran dengan mikrometer luar

Cara yang benar dalam melaksanakan pengukuran dengan menggunakan mikrometer adalah:

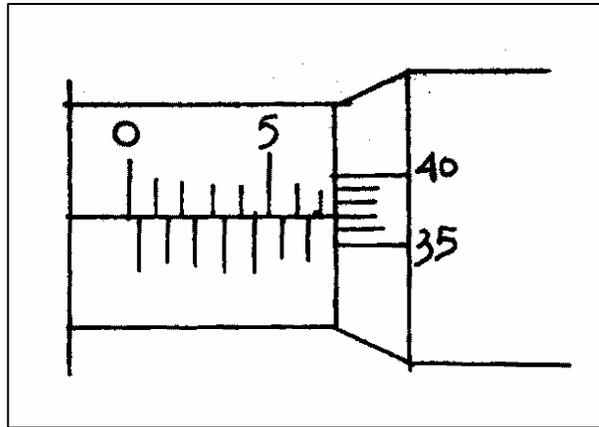
- Pegang mikrometer dengan tangan kanan secara benar dan benda kerja dengan tangan kiri.
- Hal ini juga tidak harus selalu, karena disesuaikan dengan benda kerja. Untuk benda kerja yang besar selalu ditempatkan pada meja perata dan tidak dipegang dengan tangan.
- Gunakan ibu jari dan telunjuk untuk menggerakkan bidal, sehingga sensor ukur menyentuh bidang ukur benda kerja.
- Kemudian selalu gunakan *ratchet* untuk memberikan tekanan yang benar pada pengukuran.
- Setelah diyakini penelanan sensor pada benda kerja benar, maka kuncikan baut pengunci dan lepaskan benda kerja



Gambar 5.46. Cara melakukan pengukuran yang benar

➤ Cara membaca mikrometer sistem metric

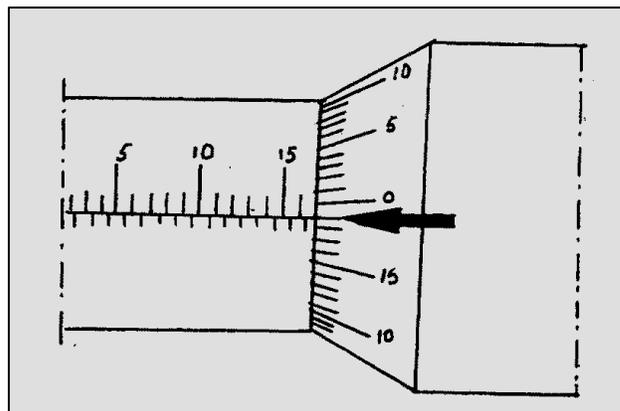
Pada gambar di bawah ini diperlihatkan suatu hasil pengukuran yang dilakukan oleh mikrometer. Berapa besar ukuran yang ditunjukkan oleh gambar mikrometer tersebut.



Gambar 5.47. Penunjukan ukuran mikrometer

Pertama-tama kita lihat penunjukkan ukuran pada skala utama, pada gambar tersebut menunjukkan angka 7, artinya adalah sebesar 7 mm. kemudian bacalah pada skala bidal, di sini menunjukkan angka 37, artinya $37 \times 0,01 \text{ mm} = 0,37 \text{ mm}$. Jadi besarnya ukuran yang ditunjukkan oleh gambar adalah sebesar: $7 \text{ mm} + 0,37 \text{ mm} = 7,37 \text{ mm}$

Pada contoh di bawah ini dapat di lihat suatu hasil pengukuran lain yang dilakukan oleh mikrometer. Untuk membacanya pertama-tama lihat angka yang ditunjukkan pada skala utama. Dari penunjukkan terdapat angka 16,5 artinya adalah 16,5 mm. kemudian pada skala bidal ditunjukkan garis ke 49 segaris dengan garis lurus pada skala utama, sehingga pembacaannya adalah sebesar 49 dikalikan $0,01 \text{ mm} = 0,49 \text{ mm}$. Jadi ukuran yang ditunjukkan oleh mikrometer adalah sebesar: $16,5 \text{ mm} + 0,49 \text{ mm} = 16,99 \text{ mm}$.



Gambar 5.48. Penunjukan ukuran mikrometer.

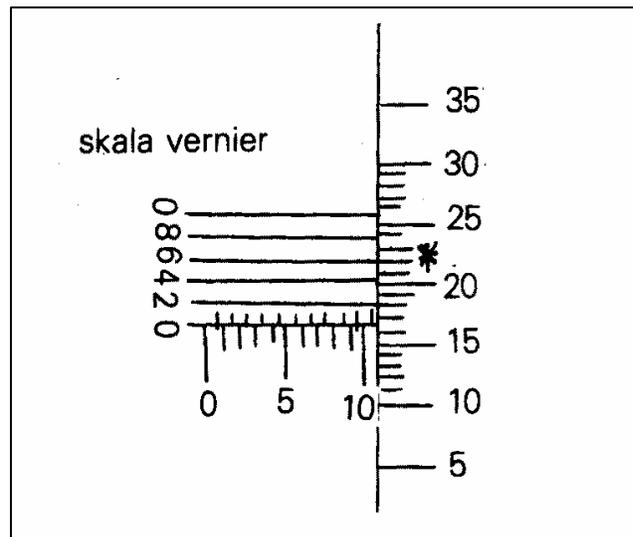
➤ Mikron Mikrometer

Untuk mendapatkan pengukuran yang lebih teliti dari yang telah dibicarakan di atas, kita harus menggunakan mikron mikrometer dengan ketelitian 0,001 mm. mikron mikrometer dilengkapi dengan skala vernier untuk mendapatkan ukuran 0,001 mm. Cara membaca ukuran pada mikron mikrometer adalah sebagai berikut:

- Baca terlebih dahulu ukuran yang ditunjukkan pada skala utama (besaran mm)
- Kemudian baca ukuran yang ditunjukkan oleh skala bidal (besaran 0,01 mm)
- Terakhir baca ukuran yang ditunjukkan oleh skala vernier (besaran 0,001 mm)

Dari ketiga langkah pembacaan tersebut kemudian dijumlahkan. Hasil penjumlahan tersebut merupakan hasil akhir pengukuran.

Pada gambar di bawah ini ditunjukkan suatu hasil pengukuran yang dilakukan oleh mikron mikrometer. Berapakah ukuran yang ditunjukkan gambar tersebut?



Gambar 5.49. Penunjukan pengukuran

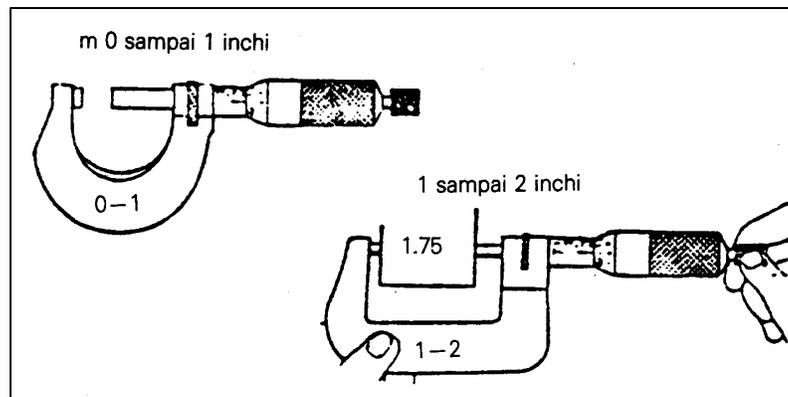
Untuk menghitung besar ukuran yang ditunjukkan oleh mikrometer tersebut, langkah pembacaannya adalah sebagai berikut:

- Dari skala utama didapatkan ukuran 10,5 artinya adalah 10,5 mm

- Dari skala pada bidal kita dapatkan ukuran 16, artinya $16 \times 0,01 \text{ mm} = 0,16 \text{ mm}$
- Dari skala vernier didapatkan bahwa garis ke 6 adalah yang segaris dengan garis pada skala bidal. Dengan demikian ukuran yang ditunjukkan adalah sebesar: $6 \times 0,001 = 0,006 \text{ mm}$
- Jadi hasil akhir atau ukuran yang ditunjukkan oleh gambar di atas adalah sebesar: $10,50 \text{ mm} + 0,16 \text{ mm} + 0,006 \text{ mm} = 10,666 \text{ mm}$

➤ Mikrometer luar sistem imperial

Mikrometer luar sistem imperial ini tersedia dengan berbagai ukuran, di mana kenaikan ukuran adalah sebesar 1 inci. Biasanya ukuran dari mikrometer yang tersedia dalam perdagangan adalah: 0 – 1 inci, 2 – 3 inci, 3 – 4 inci dan seterusnya. Pemakaian dari mikrometer disesuaikan dengan ukuran benda kerja yang akan diukur. Pada pelaksanaan pengukuran di dalam bengkel terlebih dahulu melihat benda kerja yang akan diukur dan memperkirakan besar diameternya. Setelah diketahui perkiraan besar diameternya barulah ditentukan ukuran mikrometer mana yang sesuai untuk melakukan pengukuran.

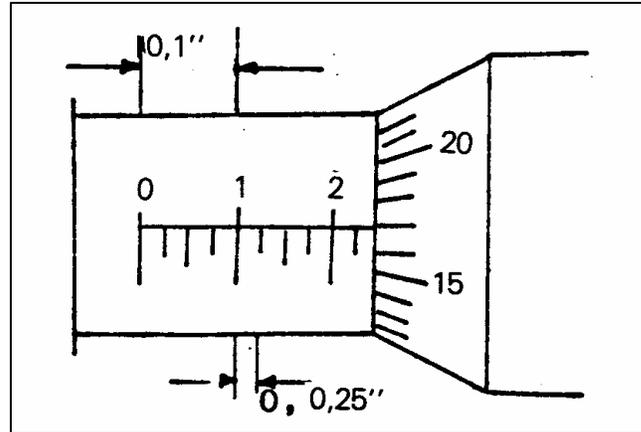


Gambar 5.50. Ukuran mikrometer inci.

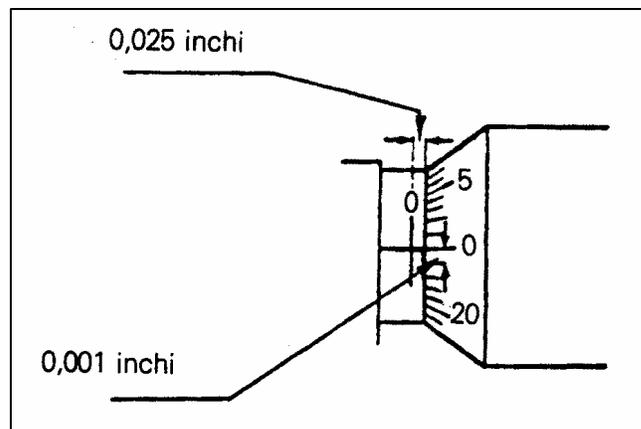
- Bagian-bagian utama mikrometer sistem imperial

Bagian utama mikrometer sistem imperial ini sama dengan bagian utama mikrometer sistem metrik. Perbedaan yang mencolok adalah pada sistem satuan pada skala-skalanya, di mana pada sistem imperial semua skala menggunakan

besaran inchi. Pada skala utama ukuran di atas garis horizontal besarannya adalah 0,1 inchi, sedangkan yang di bawah besarannya adalah 0,025 inchi. Pada bidal besaran ukurannya adalah 0,001 inchi atau ($1/40 \times 0,025$ inchi).



Gambar 5.51. Besaran pada skala utama



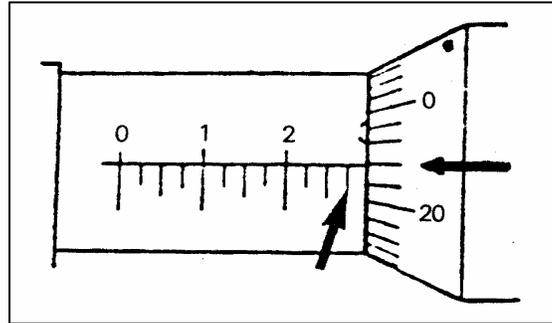
Gambar 5.52. Besaran pada skala bidal

Dari penjelasan di atas dapat disimpulkan bahwa apabila bidal berputar satu putaran, maka poros sensor akan bergerak maju atau mundur sebesar $1/40$ inchi atau 0,025 inchi.

- Membaca ukuran

Diperlihatkan hasil pengukuran dengan menggunakan mikrometer luar sistem imperial, seperti terlihat pada gambar di bawah ini. Di sini diminta

untuk membaca berapa besar ukuran yang ditunjukkan tersebut.



Gambar 5.53. Penunjukan ukuran

Langkah pembacaannya adalah pertama kita baca pada skala barrel/skala utama, di mana angka yang ditunjukkan adalah:

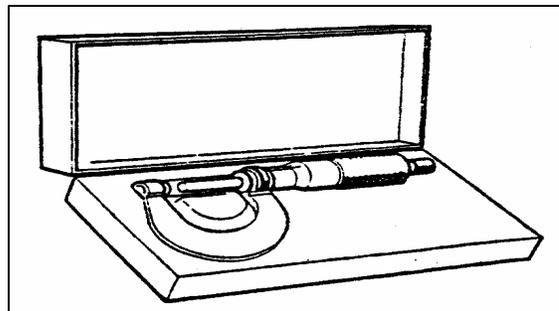
0,2 inci + 3 bagian; ini berarti $0,2 \text{ inci} + 0,025 \text{ inci} + 0,025 \text{ inci} = 0,275 \text{ inci}$.

Kemudian kita baca skala pada bidal. Pada gambar di atas ternyata ditunjukkan bahwa garis yang ke 22 (dua puluh dua) yang segaris dengan datar pada skala utama. Dengan demikian ukuran yang ditunjukkan adalah sebesar $0,001 \text{ inci} \times 22 = 0,022 \text{ inci}$.

Jadi ukuran yang ditunjukkan oleh gambar di atas adalah sebesar: $0,275 \text{ inci} + 0,022 \text{ inci} = 0,297 \text{ inci}$.

➤ Setelah selesai melakukan pengukuran

Setelah selesai melakukan ukuran, bersihkan mikrometer dengan menggunakan kain lunak yang bersih dan kemudian lindungi bagian-bagian mikrometer dengan lapisan pelindung anti karat (minyak yang sesuai) dan simpanlah kedalam kotak penyimpanannya.



Gambar 5.54. Cara menyimpan mikrometer.

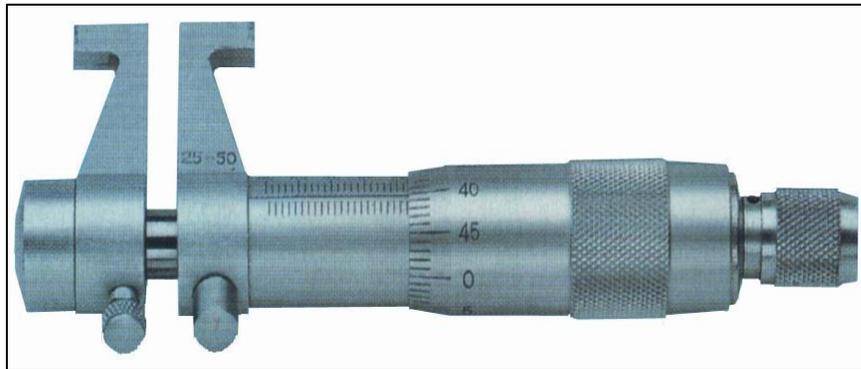
Kemudian perlu diingat untuk menjaga mikrometer tetap standar, pada waktu bekerja jangan menempatkan mikrometer pada tempat di mana kemungkinan ia jatuh atau terhimpit benda kerja lainnya. Di samping itu setiap saat lakukan pengkalibrasian sehingga kepresisian ukuran yang didapat selalu tepat atau akurat

➤ **Macam-macam Mikrometer luar**



Gambar 5.55. Macam-macam Mikrometer luar

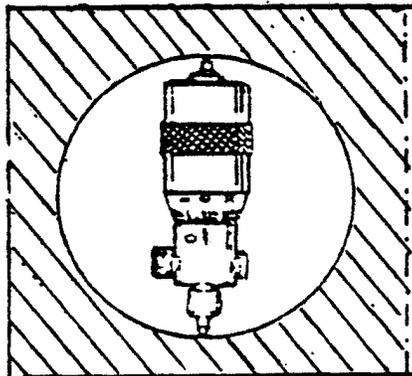
5.1.6.2. Mikrometer Dalam (*Inside Micrometer*)



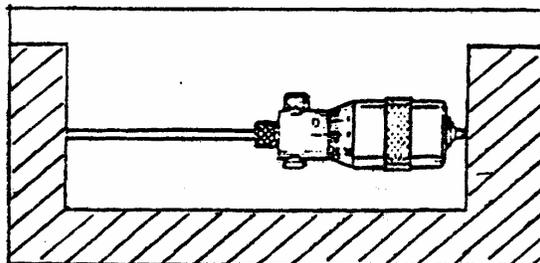
Gambar 5.56. Mikrometer Dalam

Mikrometer dalam menurut sistem satuannya ada dua, yaitu sistem imperial (inchi) dan sistem metrik. Di sini hanya akan dibahas tentang mikrometer dalam sistem metrik.

Kegunaan mikrometer ini adalah untuk mengukur diameter bagian dalam dari suatu lubang dan mengukur lebar suatu celah/alur yang mempunyai permukaan yang sejajar.



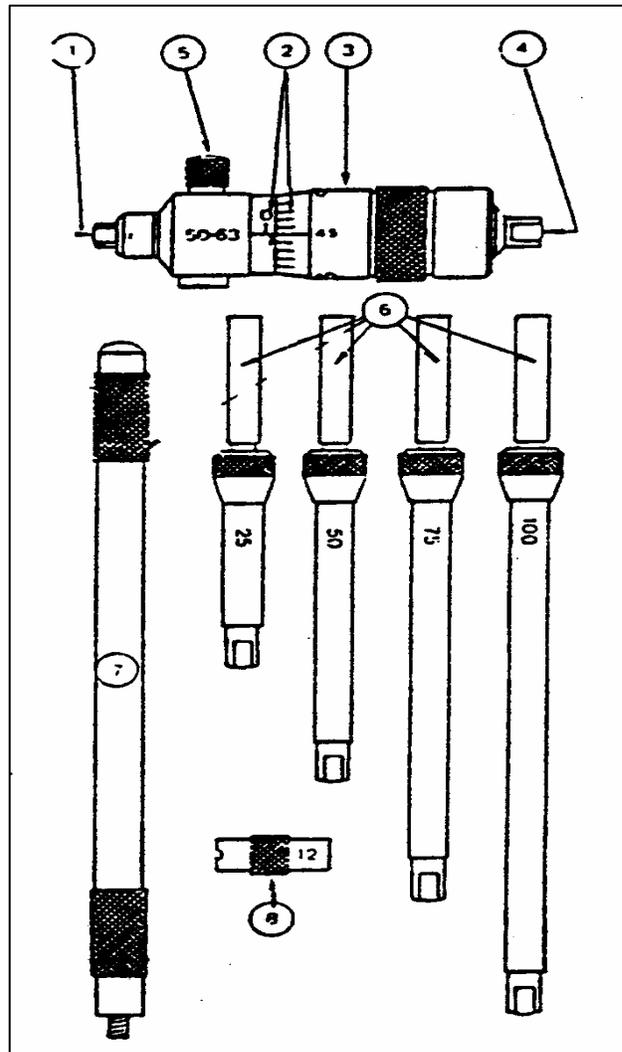
Gambar 5.57. Mengukur diameter dalam



Gambar 5.58. Mengukur celah sejajar

Mikrometer ini digunakan untuk mengukur diameter atau lebar dari suatu alur benda kerja yang ukurannya lebih besar dari 50 mm, karena alat ini dilengkapi dengan batang ukur pengganti. Ukuran batang ukur pengganti tersedia dalam beberapa ukuran, yaitu dari ukuran 50 mm sampai ukuran 200 mm. Batang ukur pengganti tersebut bisa dipasang secara cepat sesuai dengan kebutuhan pengukuran.

➤ **Bagian utama mikrometer dalam dan batang pengganti**



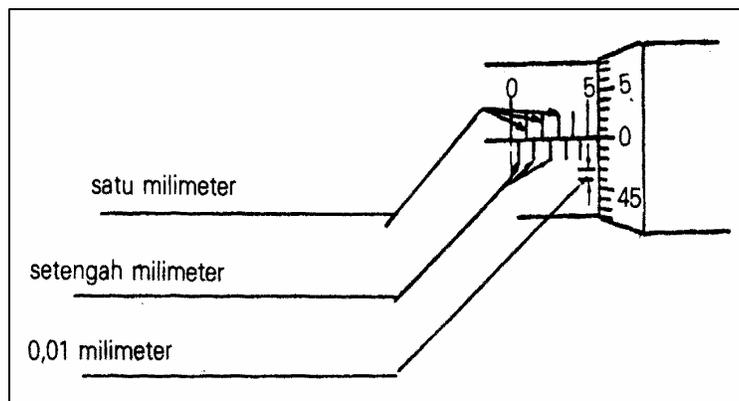
Gambar 5.59. Mikrometer pengukur dalam dan batang pengganti

Keterangan:

1. Landasan Tetap
2. Skala Ukur
3. Sarung
4. Landasan yang Bergerak
5. Pengunci
6. Batang Ukur Pengganti
7. Pemegang Batang Ukur Pengganti
8. Gauge

➤ Skala utama mikrometer dalam

Skala ukur yang terdapat pada mikrometer dalam sama dengan skala ukur yang ada pada mikrometer luar. Pada sarungnya terdapat skala milimeter dan setengah milimeter artinya setiap bagian pada skala yang terdapat pada sarung mempunyai ukuran 1 (satu) milimeter pada bagian atas garis horizontal besarnya tiap bagian adalah 0,5 mm. Pada sekeliling bidalnya dibagi menjadi 50 bagian sama besar artinya setiap bagian dari skala ukur tersebut adalah 0,01 mm. Dengan demikian apabila bidal berputar satu lingkaran, maka ukuran akan berkurang atau bertambah sebesar 0,5 mm.



Gambar 5.60. Skala ukuran pada mikrometer dalam.

➤ Pelaksanaan pengukuran dengan mikrometer dalam

Sebelum melakukan pengukuran dengan menggunakan mikrometer dalam, terlebih dahulu lakukan pengukuran terhadap benda kerja dengan menggunakan mistar baja. Hal ini perlu dilakukan apabila besar diameter lobang benda kerja yang akan diukur melebihi ukurannya mikrometer dalam,

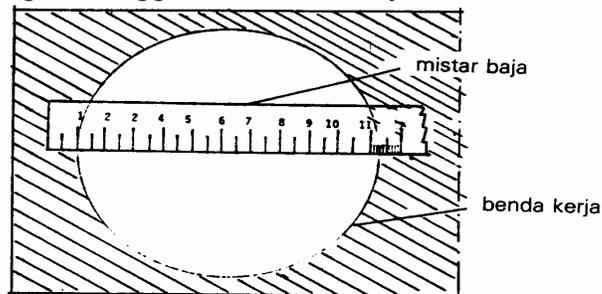
sehingga pemilihan batang ukur pengganti dapat disiapkan terlebih dahulu. Sebagai contoh misalnya sebuah lobang diameternya setelah diukur dengan mistar baja adalah 103 mm.

Untuk melakukan pengukuran diameter benda kerja tersebut maka dibutuhkan batang ukur tambahan dengan ukuran 50 mm. Dengan pemasangan batang ukur tambahan tersebut, maka mikrometer tersebut dapat melakukan pengukuran maksimum 113, yaitu:

- Panjang badan mikrometer sendiri adalah 50 mm
- Panjang kepala mikrometer 13 mm
- Panjang batang tambahan adalah 50 mm

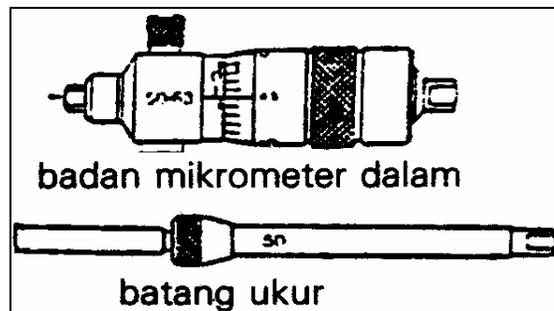
Langkah pengukurannya adalah sebagai berikut:

- Ukur besarnya diameter lobang yang akan diukur dengan menggunakan mistar baja

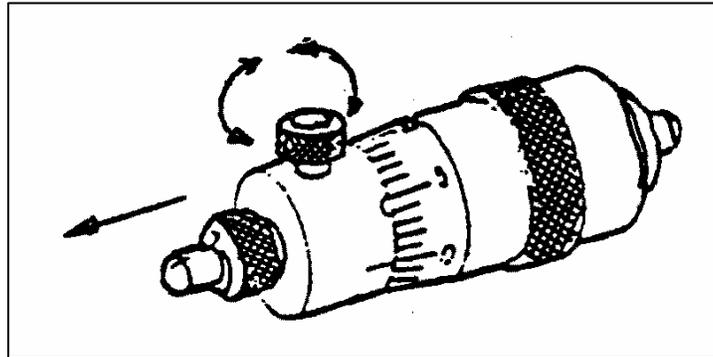


Gambar 5.61. Mengukur dengan menggunakan mistar baja

- Cari batang ukur pengganti atau tambahan, dalam hal ini adalah batang ukur pengganti dengan panjang panjang 50 mm
- Setelah didapatkan batang ukur tambahan, maka tinggal memasangkan batang tambahan pada mikrometer. Longarkan baut pengunci mikrometer dan lepaskan landasan tetapnya

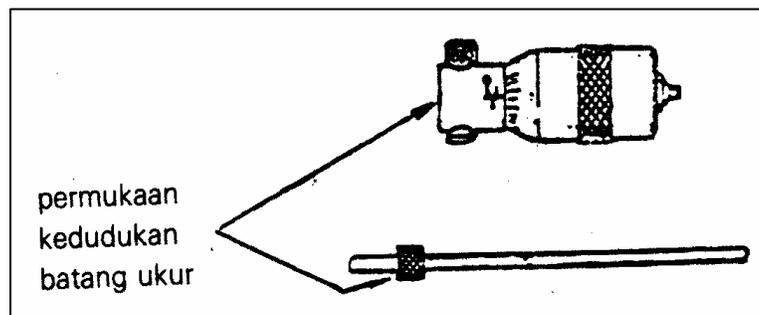


Gambar 5.62. Mikrometer dalam dan batang ukur



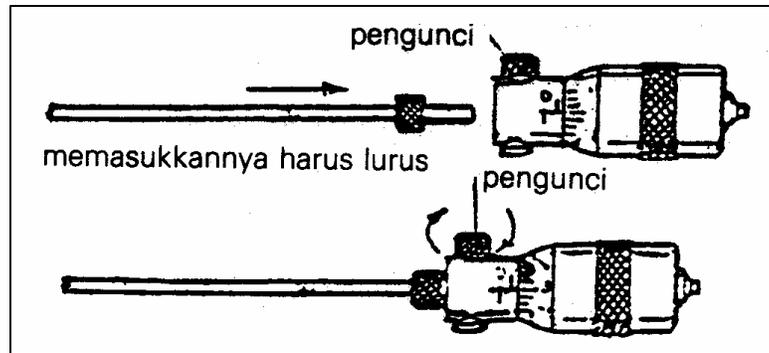
Gambar 5.63. Mengendorkan baut pengunci dan melepaskan landasan tetap

- oKemudian bersihkan permukaan batang ukur dan tempat kedudukan batang ukur pengganti (permukaan ukur) dengan menggunakan kain yang bersih dan kering atau dengan menggunakan kertas tisu.



Gambar 5.64. Permukaan ukur dan batang ukur

- oSetelah bersih masukkan batang pengganti ke dalam badan mikrometer dan putar secara perlahan-lahan sampai batang tersebut masuk secara sempurna. Selanjutnya apabila telah diyakini telah terjadi hubungan antara batang ukur dengan badan mikrometer, lakukanlah penguncian pada baut pengunci sehingga batang ukur tidak dapat berputar.

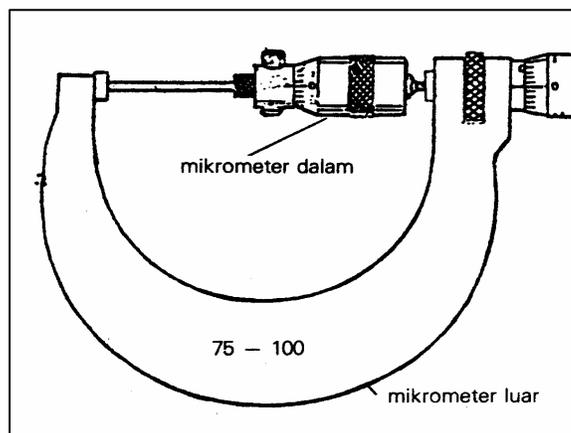


Gambar 5.65. Memasukkan batang ukur pengganti dan menguncikan baut pengunci

oLangkah terakhir adalah memeriksa ketepatan ukuran mikrometer atau mengkalibrasi mikrometer dengan menggunakan mikrometer.

Pelaksanaannya kalibrasi ini adalah sebagai berikut:

- Set mikrometer pada kedudukan nol
- Pasang mikrometer dalam pada mikrometer luar yang mempunyai skala ukur 100 – 125 mm
- Baca ukuran yang terjadi. Apabila mikrometer luar menunjukkan ukuran 103 mm, maka mikrometer dalam tersebut adalah presisi atau standar. Tetapi apabila ukuran tersebut tidak menunjukkan angka 103 mm, maka ulang pemasangan batang ukur pengganti atau tambahan dengan terlebih dahulu membersihkan bagian permukaan ukur dan batang ukur secara lebih hati-hati.

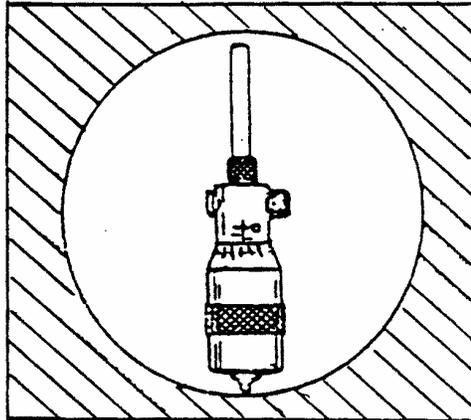


Gambar 5.66. Mengkalibrasi mikrometer dalam

Bagaimana mengukur suatu diameter bagian dalam atau lobang dengan menggunakan mikrometer dalam, ikutilah langkah kerja seperti dijelaskan di bawah ini.

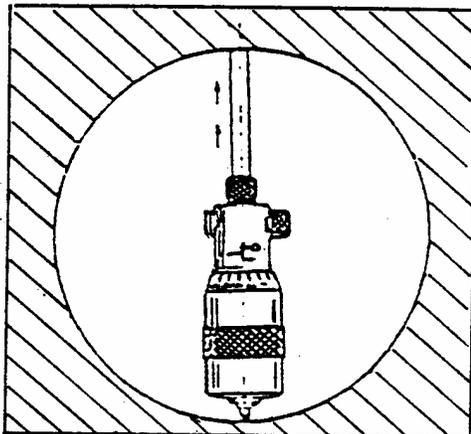
Untuk melakukan pengukuran diameter dalam suatu benda kerja, langkah-langkah berikut dapat digunakan pedoman, yaitu:

- oSet mikrometer dengan ukuran lebih kecil dibandingkan dengan besar diameter dalam benda kerja.



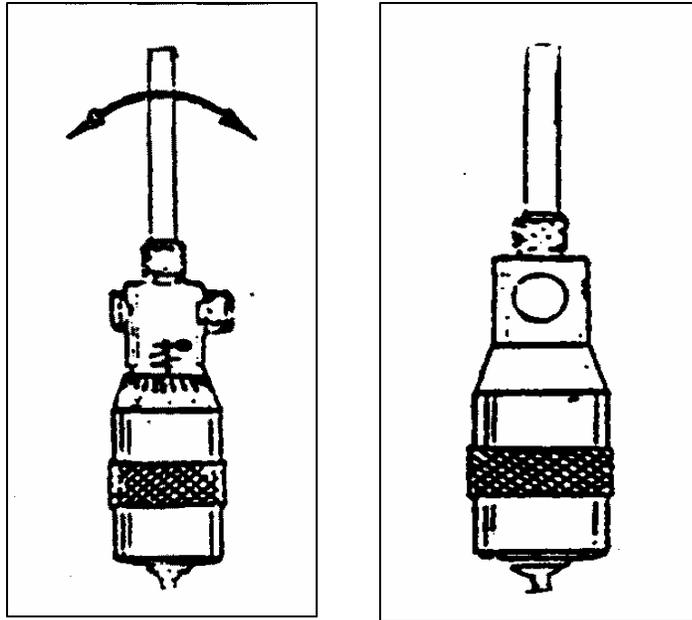
Gambar 5.67. Menset mikrometer dalam

- oDudukan/tempatkan landasan tetap pada salah satu sisi benda kerja
- oPutar bidal mikrometer sampai permukaan ujung batang ukur pengganti menyinggung permukaan benda kerja pada sisi lainnya.



Gambar 5.68. Memutar bidal sampai batang ukur menyentuh permukaan benda kerja

- oPutarkan mikrometer kesekeliling lobang tersebut dan gerakkan bidal sampai semua sensor menyentuh dinding silinder dengan rata. Dari sini akan didapatkan ukuran yang benar-benar tepat.



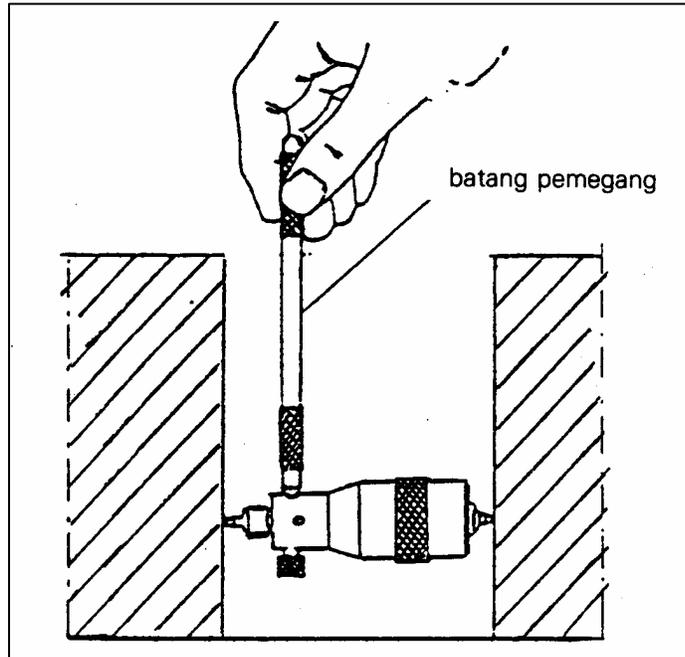
Gambar 5.69. Mengukur kesekeliling permukaan dan membaca.

- oKuncikan baut pengunci dan bacalah yang ditunjukkan.

Untuk mengukur diameter benda kerja pada posisi yang dalam, di mana sangat sulit dijangkau oleh tangan dikarenakan lobangnya kecil (tangan tidak dapat masuk) kedalamnya, maka diperlukan peralatan tambahan yang disebut pemegang. Sebelum melakukan pengukuran terlebih dahulu diperkirakan berapa besar diameter yang akan diukur dan berapa dalam bagian yang akan diukur. Setelah itu bersihkan mikrometer dan set ukurannya sesuai dengan diameter yang akan diukur. Lakukan pengukuran setelah semua peralatan siap untuk digunakan. Dalam pengukuran posisi mikrometer harus lurus dan tegak lurus agar hasil pengukuran bisa akurat. Setelah selesai pengukuran pemegang mikrometer ini dilepas dan dibersihkan kembali untuk selanjutnya disimpan. Pemegang ini juga harus dijaga jangan sampai kotor dan berkarat, sebab akan dapat

mengurangi ketepatan pengukuran dari mikrometer dalam.

Penyimpanan biasanya bersama-sama dengan mikrometer dalam. Bagaimana mengukur dengan menggunakan mikrometer dalam dengan menggunakan batang pemegang dapat dilihat pada gambar berikut.

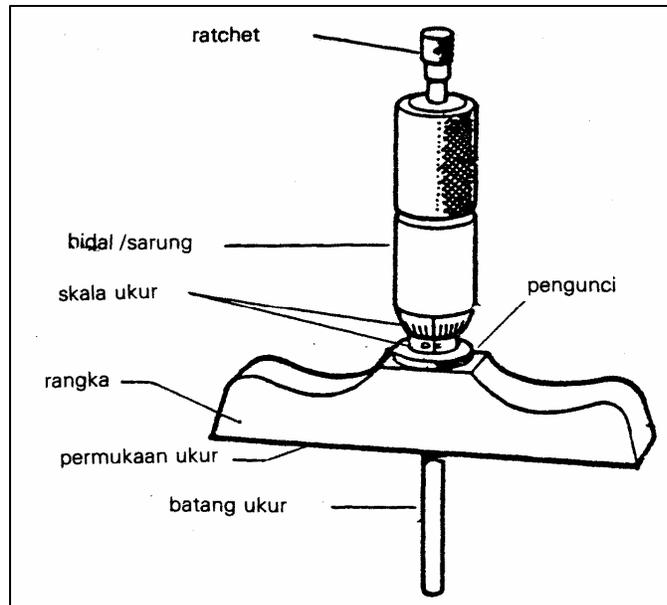


Gambar 5.70. Mengukur dengan menggunakan mikrometer dalam

Apabila telah selesai melakukan pengukuran, maka lepaskan batang ukur pengganti dan bersihkan semua permukaan batang ukur dan permukaan ukur pada mikrometer serta simpan di tempat yang aman.

5.1.6.3. Mikrometer pengukur kedalaman

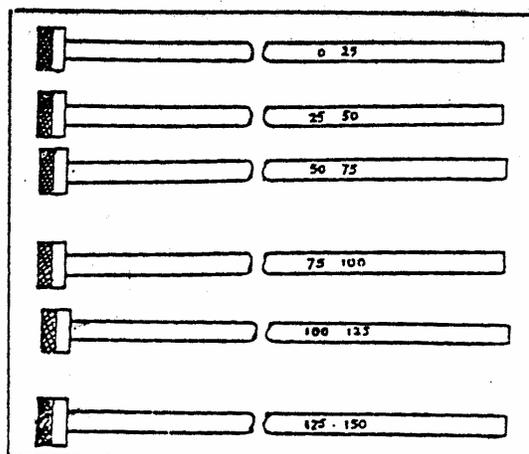
Mikrometer ini digunakan untuk mengukur kedalaman dan ketinggian suatu objek, misalnya untuk mengukur kedalaman suatu lobang atau celah benda kerja. Ketelitian alat ukur ini adalah 0,01 mm. Bagian-bagian utama dari mikrometer kedalaman adalah seperti terlihat pada gambar berikut.



Gambar 5.71. Mikrometer pengukur kedalaman

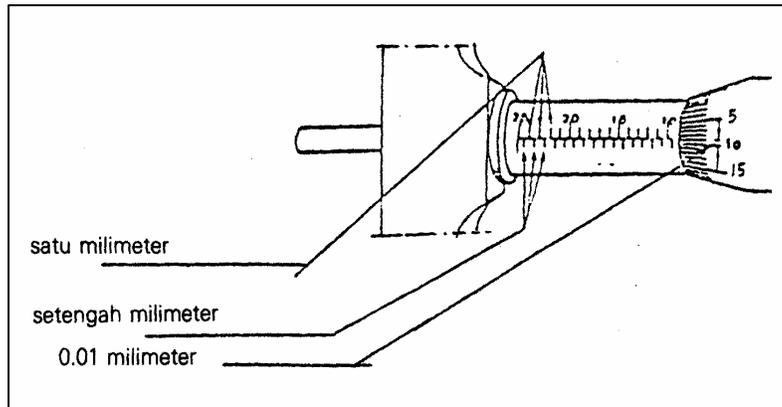
Mikrometer ini mempunyai batas ukur 0 – 25 mm, tetapi ia dilengkapi dengan batang ukur pengganti yang terdiri dari satu set, berisi 6 (enam) batang, sehingga ia dapat digunakan untuk mengukur kedalaman suatu ukuran yang lebih dari 25 mm. masing-masing batang ukur mempunyai ukuran yang berbeda, yaitu: 0 – 25 mm, 25 – 50 mm, 59 – 75 mm, 75 – 100 mm, 100 – 125 mm dan 125 – 150 mm.

Batang-batang pengukur ini dapat dimasukkan dalam rangka ukur, dengan jalan menggerakkan bidal. Jadi penggantian batang ukur, sangat tergantung dari kedalaman pengukuran yang diinginkan.



Gambar 5.72. Batang ukur pengganti.

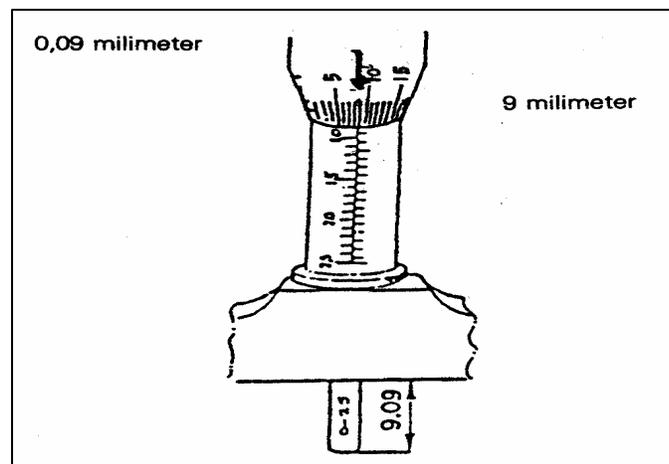
Pembacaan skala alat ukur ini sama dengan pembacaan pada skala ukur mikrometer luar, hanya arah pemutaran bidalnya berlawanan.



Gambar 5.73. Skala ukur mikrometer pengukur kedalaman

➤ Pembacaan mikrometer pengukur kedalaman

Pada gambar di bawah ini terlihat penunjukkan ukuran pada mikrometer pengukur kedalaman dengan skala ukuran 0 – 25 mm. dari hasil pembacaan didapatkan ukuran 9,09 mm.

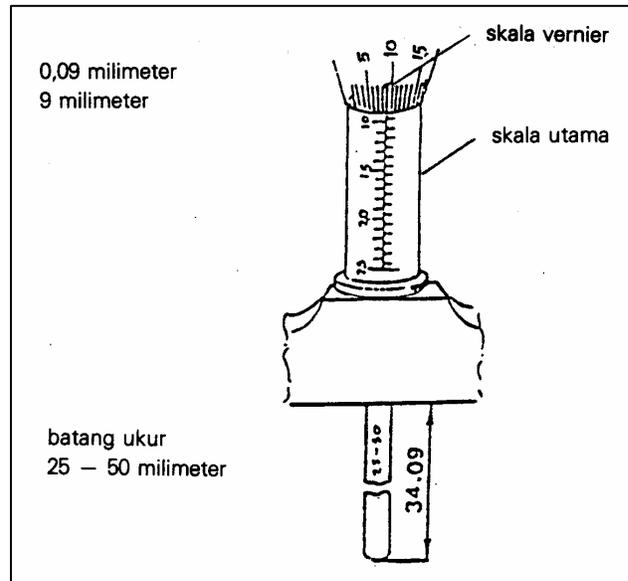


Gambar 5.74. Penunjukkan ukuran Pada mikrometer pengukuran kedalaman

Apabila kita menggunakan tambahan batang ukur, maka ukuran yang dihasilkan dari pembacaan akan lebih besar dari 25 mm. Contohnya apabila kita

memakai batang ukur 25 – 50 mm, maka ukuran yang ditunjukkan pada alat ukur tersebut harus ditambahkan dengan 25 mm. Jadi ukuran yang ditunjukkan oleh alat ukur ini adalah: 9,09 mm + 25 mm = 34,09 mm.

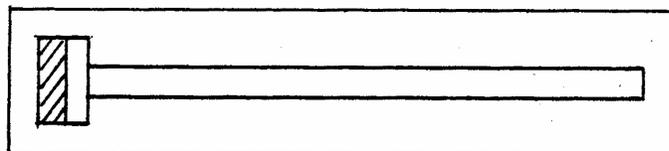
Demikian juga halnya kita memakai batang ukur 50 – 75 mm, maka ukuran sebenarnya yang ditunjukkan oleh alat ukur tersebut seharusnya ditambahkan dengan 50 mm.



Gambar 5.75. Penunjukkan ukuran

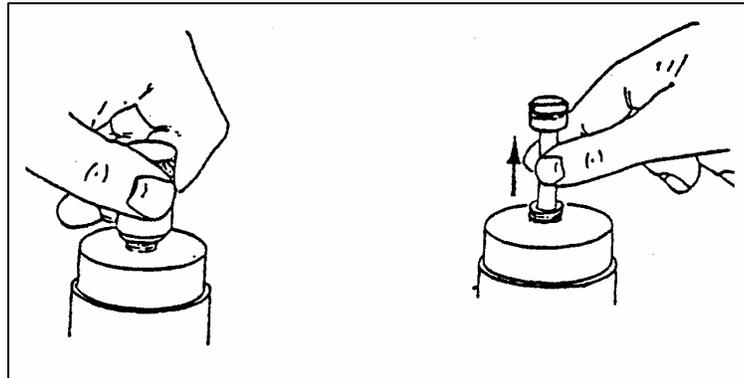
➤ Persiapan pengukuran

Sebelum melakukan pengukuran kedalaman benda kerja dengan menggunakan alat ini, terlebih dahulu kita harus mengukur kedalaman benda kerja tersebut dengan menggunakan alat ukur lain seperti mistar baja, hal ini untuk menentukan batang ukur mana yang harus dipakai. Setelah diketahui besarnya ukuran, maka pilihlah batang ukur yang sesuai dengan yang dibutuhkan. Misalnya dalam benda yang akan diukur 34 mm, maka batang ukur yang dipakai harus batang ukur dari 25 sampai 50 mm.



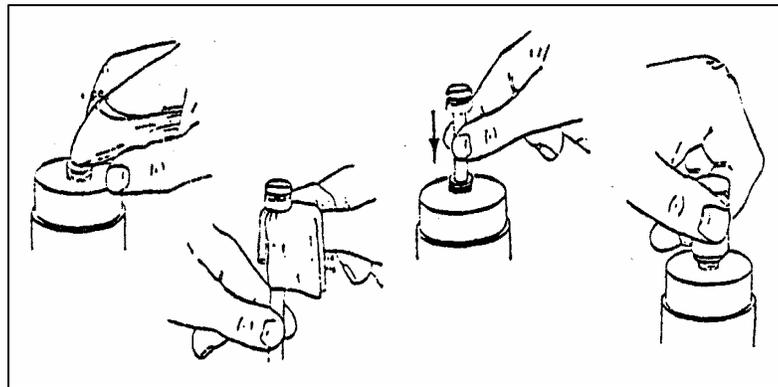
Gambar 5.76. Batang ukur 25 – 50 mm.

Setelah ditentukan batang ukurnya, maka langkah selanjutnya adalah membuka katup alat ukur dan mengeluarkan penyambungan sumbu ukur.



Gambar 5.77. Membuka baut pengunci dan mengeluarkan sumbu penyambung (rumah batang ukur)

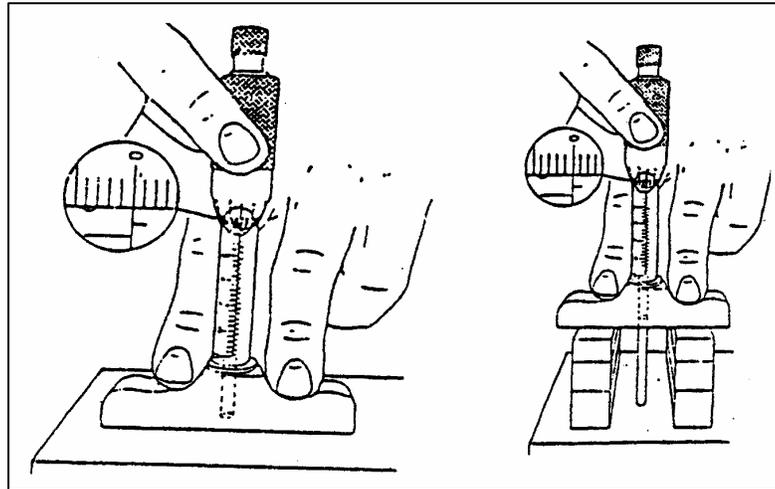
Sebelum batang ukur ditempatkan pada rumahnya, maka bersihkan terlebih dahulu bagian-bagian alat ukur ini dan batang ukurnya. Kemudian setelah bersih pasanglah batang ukur pada tempatnya dan kunciikan baut penguncinya.



Gambar 5.78. Pemasangan kembali

Langkah akhir sebelum melakukan pengukuran adalah melakukan pengkalibrasian alat ukur, yaitu dengan jalan menempatkan alat ukur ini pada meja perata. Gerakkan alat ukur ini hingga batang ukur tidak menyentuh landasan meja perata, maka lihatlah apakah alat ukur tersebut menunjukkan angka nol atau tidak. Apabila tidak maka setelah kembali alat ukur tersebut sehingga menunjukkan angka nol.

Dengan telah dikalibrasinya alat ukur ini, maka alat ini telah siap untuk melakukan pengukuran dan ukuran yang dihasilkan akan presisi/akurat.



Gambar 5.79. Mengkalibrasi alat ukur

➤ **Setelah selesai pengukuran**

Setelah selesai melakukan pengukuran dengan peralatan ukur ini, maka lepaskan kembali batang ukur dari rangkanya dan bersihkan. Setelah bersih beri lapisan minyak pelindung karat dan tempatkan kembali batang ukur pada tempatnya serta rangkanya pada tempat/kotak penyimpanannya.

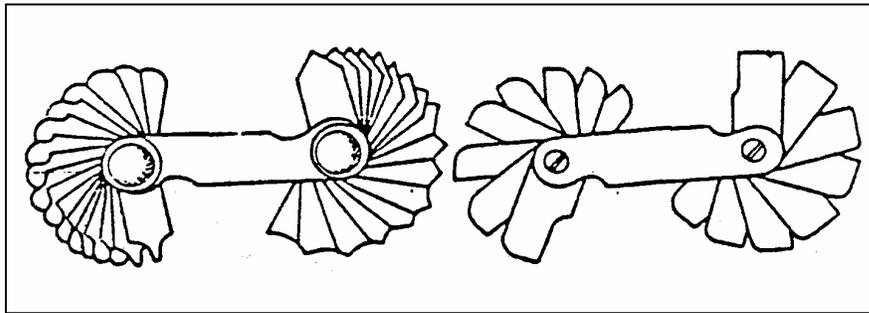


Gambar 5.80. Tempat penyimpanan

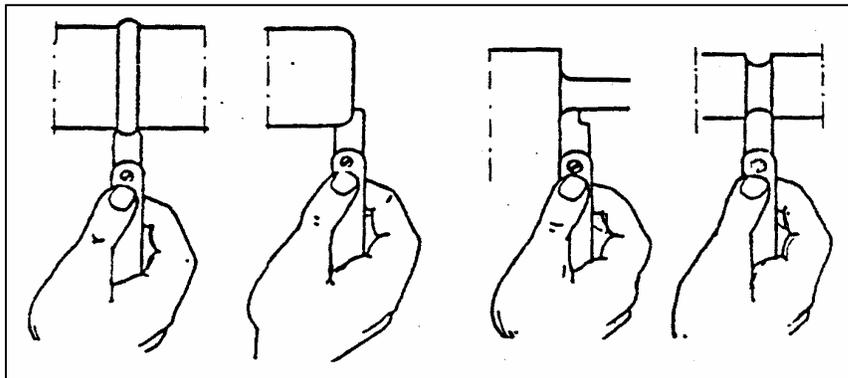
5.1.7. Alat pengukur radius

Alat ukur ini khusus dibuat untuk mengukur besaran radius, baik radius luar maupun radius dalam. Bahan pembuat perkakas ukur ini dari bahan baja perkakas dan kemudian dikeraskan, setelah dibentuk menjadi beberapa ukuran radius yang presisi atau standar. Masing-masing ukuran dibuat dengan sangat teliti, sehingga tidak mungkin akan terjadi hasil pengukuran yang tidak presisi. Pelaksanaan pengukuran dengan menggunakan mal radius ini adalah dengan membandingkan besar radius pada benda kerja dengan radius yang ada pada alat ukur. Untuk itu benda kerja yang akan diukur harus benar-benar bersih.

Sebagai contoh pemakaian alat ukur radius dapat dilihat pada gambar di bawah ini, di mana alat ini digunakan untuk mengukur radius dalam dan luar.



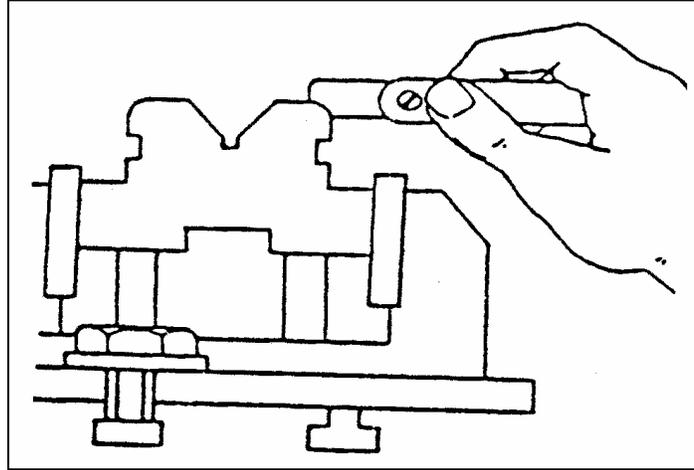
Gambar 5.81. Alat ukur radius/mal radius



Gambar 5.82. Pengukuran dengan mal radius

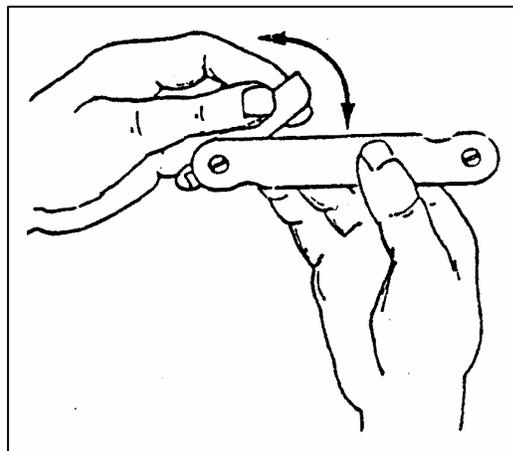
Alat ukur radius/mal radius dapat juga digunakan untuk mengukur bagian sudut suatu benda kerja yang mempunyai bentuk radius, setelah benda kerja tersebut dikerjakan dengan

menggunakan peralatan/mesin seperti: dikikir atau skrap atau dikerjakan/dipotong dengan menggunakan mesin frais dan mesin bubut. Dalam pelaksanaan pengukuran tersebut bagian permukaan benda kerja harus benar-benar bersih dari beram atau kotoran lainnya.



Gambar 5.83. Mengukur radius pada bagian sudut benda kerja

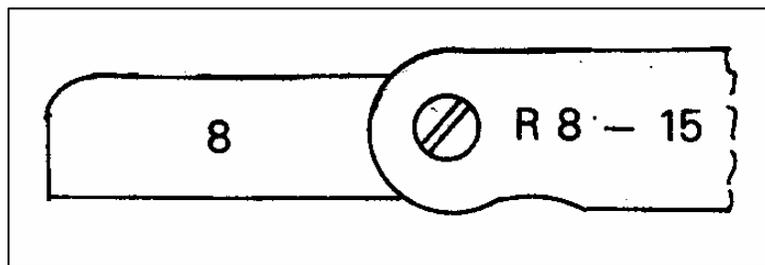
Alat ukur ini terdiri dari beberapa ukuran, di mana masing-masing bilah alat ukur ini mempunyai ukuran-ukuran tertentu. Bilah-bilah dengan berbagai ukuran tersebut dijepit atau dirakit menjadi satu, sehingga penjepit/rumah penjepitnya dapat berfungsi sebagai tempat penyimpanan bilah ukur, maka ia tidak boleh dihipit dengan benda/alat lain yang berat, sebab akan menyulitkan keluar masuknya bilah ukur. Sebaliknya sebelum memasukkan bilah ukur pada rumahnya terlebih dahulu berilah pelumas pada masing-masing bilahnya.



Gambar 5.84. Rumah bilah mal ukur.

Beberapa mal ukur pada setiap bilahnya ada yang mempunyai dua alat ukur yaitu dapat digunakan untuk melakukan pengukuran radius dalam dan radius luar. Biasanya alat ukur radius/mal radius dalam satu setnya terdiri dari yang mempunyai dua alat ukur yaitu dapat digunakan untuk melakukan pengukuran radius dalam dan radius luar. Biasanya alat ukur radius/mal radius dalam satu setnya terdiri dari alat ukur untuk melakukan pengukuran dari radius 1 sampai 7 mm dengan tingkat kenaikan 0,5 mm, sedangkan yang menengah antara 7,5 mm sampai 15 mm dengan kenaikan ukuran sama yaitu 0,5 mm. Alat ukur radius yang besar yaitu antara 15,5 mm sampai 25 mm dengan kenaikan 0,5 mm.

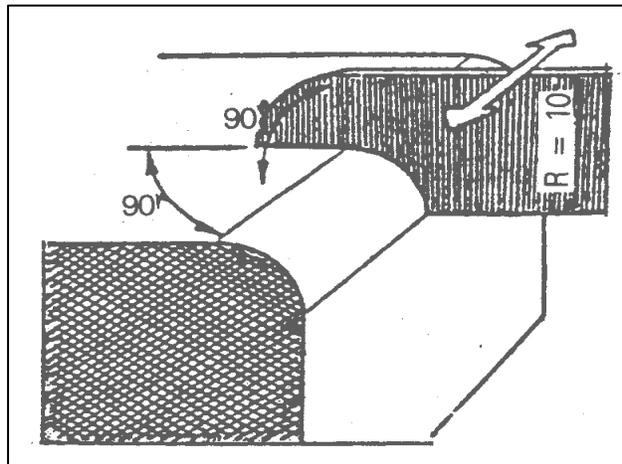
Alat-alat ukur radius yang disebutkan di atas adalah alat ukur radius yang banyak tersedia dalam bengkel kerja mesin. Khusus untuk bengkel kerja bangku biasanya mal radius yang disediakan adalah yang ukuran dari 1 mm sampai 7 mm.



Gambar 5.85. Bilah ukur mal radius.

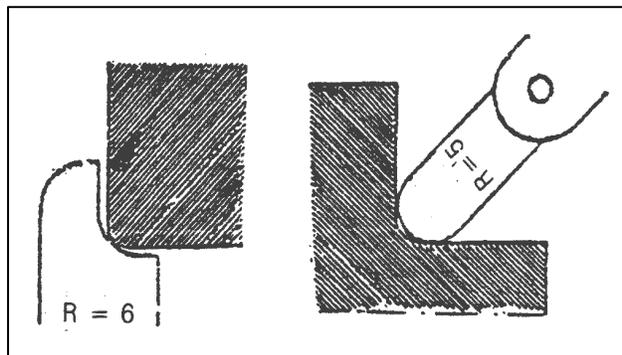
➤ Cara melakukan pengukuran dengan mal radius.

Pegang mal radius dan benda kerja, di mana kedudukan mal radius dengan benda kerja membentuk sudut 90° , terutama bagian benda kerja yang akan di ukur. Pada saat melakukan pengukuran hendaknya pemeriksaan menghadap tempat yang ada cahayanya, seperti pada daerah yang menghadap jendela. Untuk meyakinkan bahwa ukuran dari radius benar adalah antara mal radius dan benda kerja tidak ada cahaya yang masuk. Gerakkan mal radius pada seluruh bagian benda kerja guna meyakinkan ukuran radius yang dibuat telah tepat ukurannya.



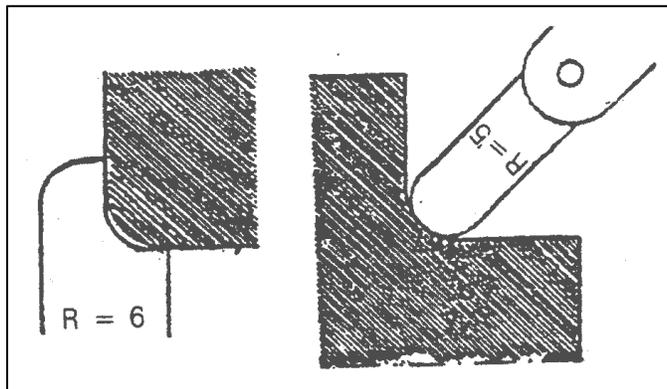
Gambar 5.86. Cara melakukan pengukuran.

Pada gambar di bawah ini diperlihatkan bentuk ukuran radius yang ukurannya lebih kecil dari mal radius.



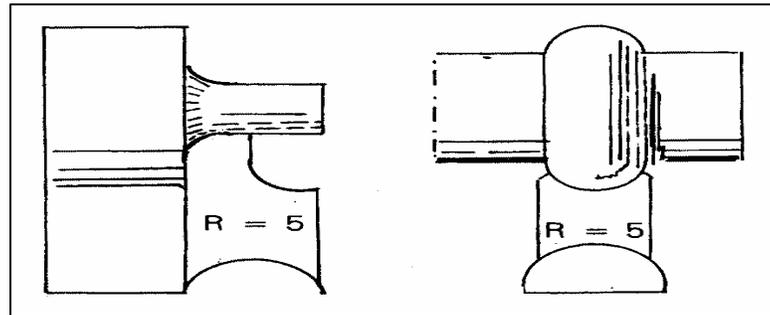
Gambar 5.87. Mal radius ukurannya terlalu besar.

Kemudian gambar berikut ditunjukkan radius yang ukurannya lebih besar dari mal radius.



Gambar 5.88. Mal radius ukurannya terlalu kecil.

Pada gambar ini ditunjukkan bentuk radius sesuai dengan mal radius.



Gambar 5.89. Pengukuran dan bentuk radius yang benar

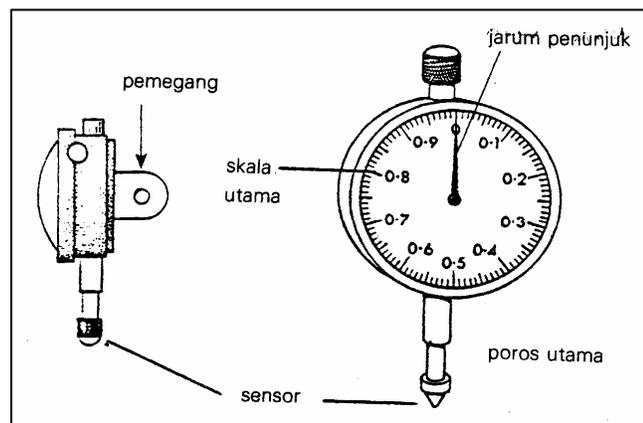
Setelah melakukan pengukuran dengan mal radius, maka bersihkan mal radius (bilah-bilah ukurnya) dan kemudian simpan bilah-bilah tersebut pada tempat penyimpanan

➤ Perawatan

Mal radius adalah alat ukur yang mudah dalam perawatannya. Tetapi ia harus dibersihkan sebelum disimpan dan diberi lapisan pelindung karat pada seluruh bilah-bilah ukurnya. Penyimpanan sebaiknya di tempat yang tidak basah dan bebas dari debu.

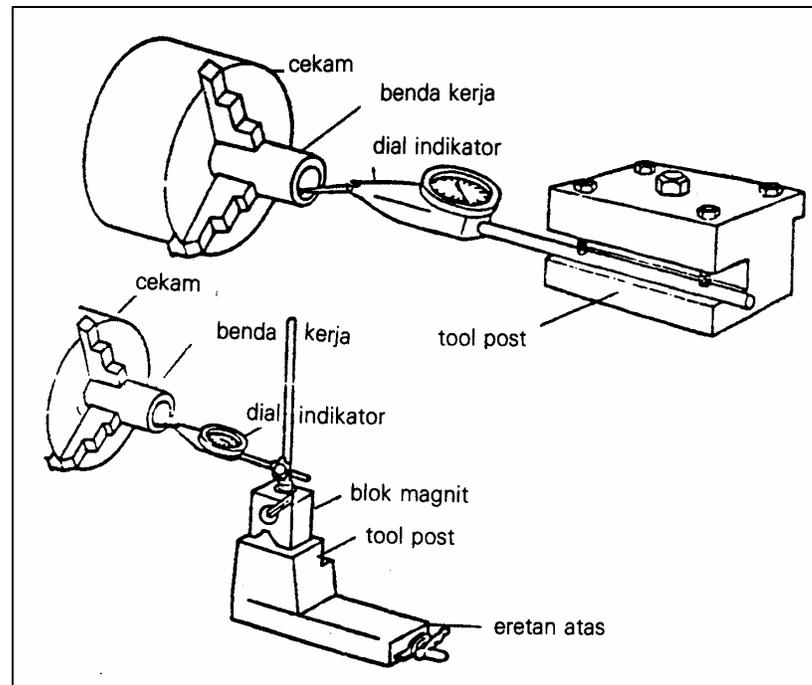
5.1.8. Dial Indikator

Dial indikator adalah alat ukur yang dipergunakan untuk memeriksa penyimpangan yang sangat kecil dari bidang datar, bidang silinder atau permukaan bulat dan kesejajaran. Dengan dial indikator dapat diperoleh data mengenai penyimpangan ukuran, walaupun penyimpangan tersebut hanya 0,001 mm.



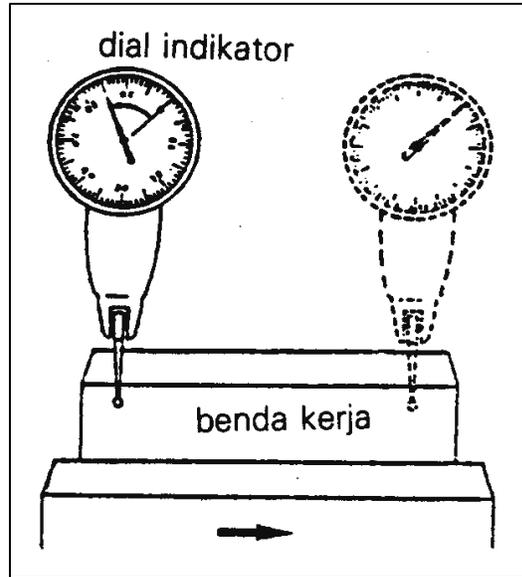
Gambar 5.90. Dial indikator

Seperti terlihat di atas alat ini dapat digunakan untuk melakukan pengukuran kesejajaran, kelurusan dari benda kerja, maka di bawah ini dapat dilihat cara melakukan pengukuran dengan menggunakan dial indikator.



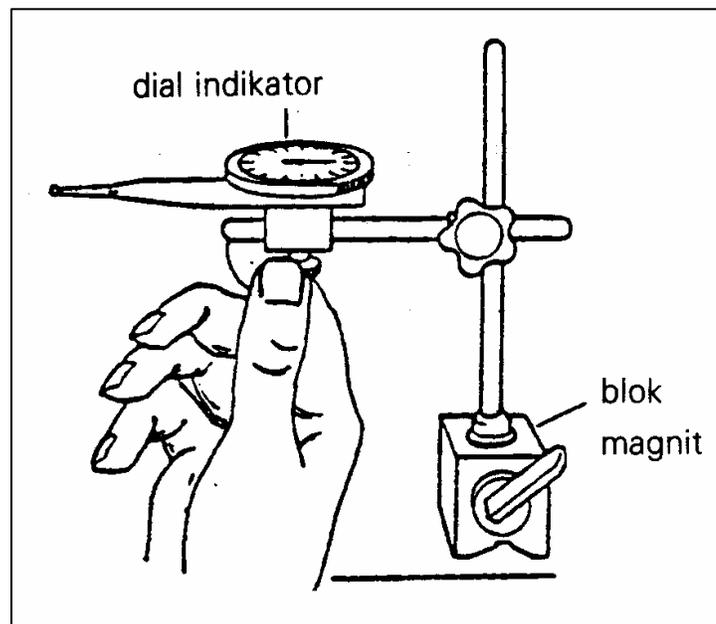
Gambar 5.91. Pengukuran kesejajaran dan kelurusan lobang

Untuk melakukan pemeriksaan kerataan benda kerja tempatkan sensor sedekat mungkin dengan benda kerja dan sentuhkan sensor secara halus, sehingga jarum dial indikator bergerak. Gerakkan dial indikator ke semua posisi atau permukaan benda kerja dan amati gerakan jarum indikator. Apabila jarum bergerak berlawanan dengan jarum jam berarti daerah di mana jarum bergerak berlawanan dengan jarum jam menandakan daerah tersebut cekung. Demikian sebaliknya, apabila jarum dial indikator bergerak ke kanan searah dengan jarum jam, maka menandakan tempat tersebut cembung atau tidak rata. Berapa besar penyimpangan dapat dibaca pada besaran yang terdapat pada dial indikator.



Gambar 5.92. Pelaksanaan pengukuran

Biasanya dalam pelaksanaan pengukuran dengan dial indikator dilengkapi dengan pemegangnya yaitu blok magnet. Dengan bantuan alat ini, maka pengukuran dapat dilakukan dengan baik dan dapat menjangkau daerah-daerah yang sulit untuk melakukan pengukuran.



Gambar 5.93. Dial indikator dengan blok magnet.

Di samping untuk melakukan pengukuran benda kerja alat ini dapat juga dipergunakan untuk melakukan pengukuran terhadap komponen mesin. Misalnya untuk melakukan pengukuran kesejajaran rahang mesin, ketirusan poros utama, kedataran mesin dan lain sebagainya.

Setelah pekerjaan pengukuran dengan menggunakan dial indikator, maka lepaskan dial indikator dari pemegangnya dan bersihkan dial indikator serta blok pemegangnya. Simpanlah dial indikator pada tempat/blok yang telah disediakan dan tempatkan pada daerah yang tidak mudah jatuh dan terhimpit oleh benda kerja lainnya, karena dial indikator merupakan alat ukur presisi. Dial indikator ini merupakan alat ukur yang sensitif, sehingga jaga jangan sampai rusak atau berkarat.

5. 2. Melukis Dan Menandai

Sebelum melakukan pekerjaan melukis dan menandai pada benda kerja, terlebih dahulu seorang teknisi bengkel harus membaca gambar kerja yang telah dibuat oleh bagian perencanaan produksi. Untuk dapat membuat gambar atau melukis benda kerja, maka seorang teknisi harus dapat membaca gambar kerja yang dibuat oleh bagian perencanaan tersebut.

Kemampuan memahami masalah gambar-gambar teknik dan bagaimana menggunakan informasi yang terdapat pada gambar teknik adalah merupakan hal yang sangat penting atau utama bagi seorang teknisi pada bengkel kerja mesin. Pada bengkel kerja mesin gambar-gambar teknik dibuat bervariasi dari yang berbentuk sket samapi yang berbentuk gambar-gambar rumit. Dari gambar yang dibuat dengan tangan sampai gambar-gambar yang dibuat dengan menggunakan mesin gambar atau bahkan dengan bantuan peralatan komputer.

Gambar-gambar sket biasanya hanya untuk pembuatan benda kerja sederhana baik bentuk maupun ukuran serta pekerjaan akhirnya, sedangkan gambar-gambar yang rumit diperuntukkan guna pembuatan benda kerja yang mempunyai ukuran-ukuran yang presisi dan bentuk benda serta pekerjaan akhirnya memerlukan ketelitian tinggi/sangat presisi. Di samping itu kemungkinan gambar-gambar kerja yang rumit merupakan gambar komponen mesin dengan bentuk dan ukurannya sangat presisi, serta akan dirakit setelah pengerjaan akhir selesai.

Gambar teknik dalam industri sering disebut sebagai bahasa, karena dengan gambar tersebut dapat diperoleh berbagai macam informasi sangat penting untuk melakukan proses pengerjaan suatu benda kerja. Informasi-informasi tersebut dapat dikelompokkan dalam dua hal, yaitu :

- Informasi dasar, meliputi:
 - Nama gambar

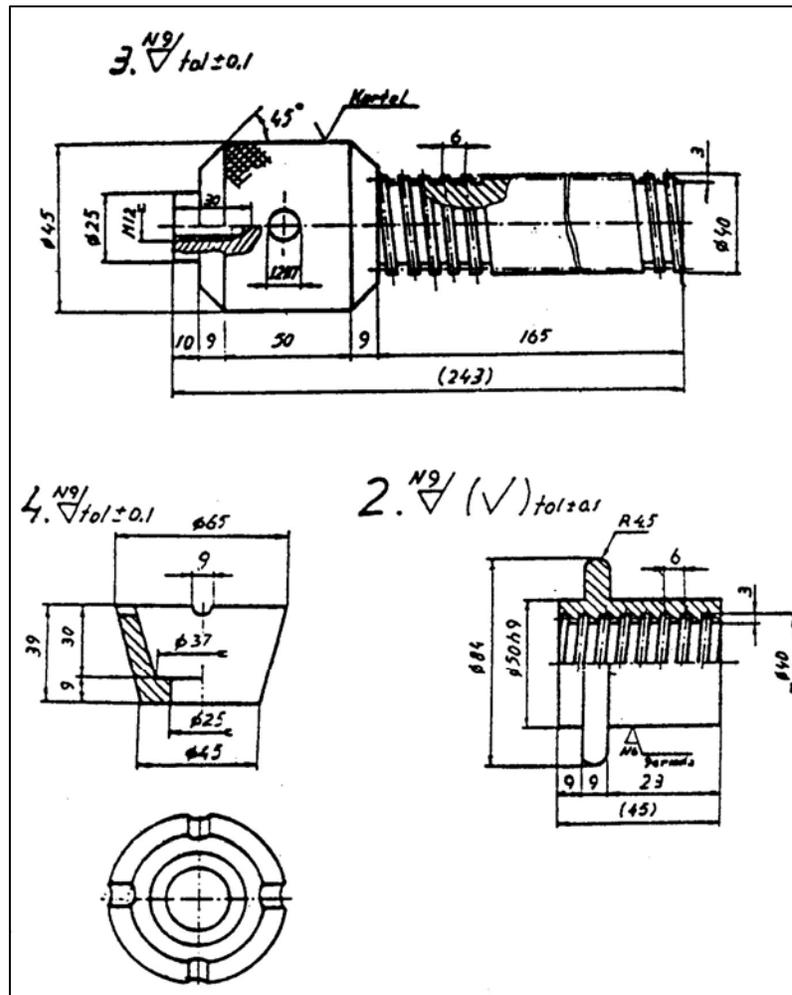
- Nomor gambar
 - Sistem ukuran (satuan)
 - Skala ukuran gambar
 - Simbol proyeksi
 - Waktu pembuatan gambar, nama pembuat gambar, waktu pengesahan, dan tanda tangan pengesahan oleh supervisor, dan lainnya.
- Informasi-informasi tambahan yang kadangkala merupakan informasi sangat penting untuk tercapainya pekerjaan, yaitu meliputi :
 - Jenis bahan benda kerja dan spesifikasinya
 - Batas toleransi ukuran yang diberikan
 - Jenis pekerjaan akhirnya (finishing)
 - Pekerjaan lanjutan yang akan dilaksanakan, seperti pengerasan atau perlakuan panas
 - Bentuk permukaan yang dikehendaki
 - Alat-alat ukur yang harus digunakan selama pengerjaan
 - Bentuk ulir yang harus dibuat
 - Jenis perkakas potong yang disarankan
 - Jenis suaian yang akan dilakukan

Dari sejumlah informasi yang diberikan oleh gambar kerja tersebut seorang teknisi harus dengan cepat memutuskan apa yang mesti ia kerjakan. Misalnya jenis mesin mana yang harus dipakai, jenis peralatan tambahan mana diperlukan, berapa lama waktu dibutuhkan untuk melaksanakan pekerjaan, langkah kerja yang bagaimana harus dilakukan, dan jenis rakitan (*assembling*) bagaimana harus dilakukan pada benda-benda kerja yang dibuat apabila nanti benda kerja tersebut akan dirakit.

Seorang teknisi dan pembantunya di samping harus pandai membaca gambar kerja yang dibuat oleh bagian perencanaan, juga harus dapat membuat gambar-gambar sket mengenai benda kerja yang akan dikerjakannya, karena dalam pelaksanaan pekerjaan sangat sulit untuk selalu melihat gambar kerja yang dibuka secara rumit dan terdiri dari beberapa lembar.

Seorang teknisi memang dituntut untuk dapat memahami atau menjabarkan gambar kerja, dan sekaligus harus pandai membuat gambar kerja, sehingga gambar kerja yang dibuatnya mudah untuk dipedomani pada waktu mengerjakan pekerjaan atau pada waktu membuat benda kerja. Seorang teknisi yang dapat menguasai tentang gambar teknik akan cepat meningkat karirnya, karena ia dapat memperkirakan jenis pekerjaan dengan tepat dan benar dan dapat memperkirakan lamanya pekerjaan tersebut dapat diselesaikan. Dengan demikian ia akan menjadi lebih produktif, di mana dengan produktifitasnya ia akan dapat meningkatkan penghasilannya.

Di bawah ini di berikan suatu contoh informasi-informasi yang sering diberikan pada gambar kerja/teknik.



Gambar 5.94. Gambar kerja dan informasinya.

Melukis dan menandai adalah suatu pekerjaan yang dilakukan sebelum teknisi/pekerja melakukan pekerjaan atau membuat benda kerja. Maksud dari melukis dan menandai adalah membuat bentuk atau gambar benda kerja yang akan dibuat pada bahan bakul. Bahan-bahan bakul setelah diberi gambar kemudian garis-garis gambar tersebut ditandai dengan menggunakan alat penanda. Maksud ditandai ialah agar pada waktu mereka bekerja gambar kerja pada bahan bakul yang dikerjakan tidak hilang, sebab gambar kerja pada bahan bakul merupakan pedoman bagi para pekerja dalam melakukan pemotongan atau proses pengerjaan benda kerja.

Dengan dilaksanakannya pembuatan gambar pada bahan bakal, maka sudah ditetapkan di mana bahan harus dibuang, di mana lobang akan dibuat, dan sudah jelas bentuk benda kerja yang dibuat. Untuk pembuatan gambar dan menandai gambar tersebut digunakan beberapa alat bantu gambar dan alat bantu penanda seperti : mistar baja, jangka, palu, penitik, alat-alat ukur, meja perata, dan penggaris. Seperti telah diterangkan di muka, bahwa dalam pelaksanaan pembuatan gambar dan pelaksanaan penandaan, maka teknisi yang melakukannya harus benar-benar menguasai bahasa gambar dan terampil dalam menggunakan alat-alat bantu tersebut.

Sebelum melakukan pekerjaan melukis dan menandai, maka perlu dilakukan pemeriksaan terhadap bahan bakal yang akan diberi gambar dan akan ditandai. Pemeriksaan tersebut dilakukan terhadap :

- Kondisi bahan bakal, apakah bahan bakal tersebut ada cacat atau kerusakan lain seperti adanya lobang-lobang, retak, dan lain sebagainya.
- Ukuran dari bahan bakal, hal ini penting untuk menghindari kurangnya ukuran benda kerja setelah dilakukan proses pengerjaan.
- Bentuk benda kerja yang akan dibuat, apakah sesuai dengan bahan bakal yang disiapkan, misalnya jenis bahan yang disiapkan adalah besi tuang sedangkan jenis benda kerja yang akan dibuat harus dari baja karbon, dan lain sebagainya.

Peralatan untuk melukis dan menandai, berbeda dengan peralatan yang digunakan pada studio gambar, sebab peralatan tersebut harus dapat menggores bahan bakal. Alat-alat bantu tersebut adalah :

5.2.1. Meja perata

Meja perata merupakan alat bantu yang sangat penting dan harus ada pada pekerjaan melukis dan menandai. Meja perata dibuat dari bahan besi tuang yang cukup kuat untuk menerima gesekan atau goresan yang diakibatkan oleh bahan bakal atau alat bantu melukis dan menandai. Kelemahan dari besi tuang adalah ia tidak tahan beban seperti pukulan dan gaya yang tiba-tiba, sebab ia agak rapuh dibandingkan dengan baja. Di samping itu besi tuang juga tidak tahan terhadap karat dan udara lembab.

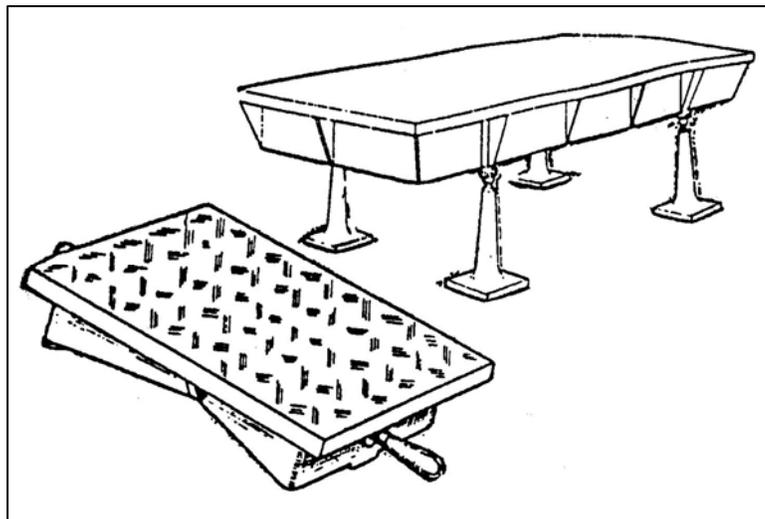
Perlu diperhatikan bahwasanya meja perata hanya digunakan sebagai tempat landasan atau tempat melakukan perata hanya digunakan sebagai tempat landasan atau tempat melakukan menggambar atau melukis, sedangkan untuk melakukan penandaan harus dilakukan pada tempat yang lain. Permukaan meja perata diskrap halus, sehingga penyimpanan kedatarannya hanya 0,00002 milimeter/meter, dan pada permukaannya dilengkapi dengan garis-garis sejajar dan saling tegak lurus, untuk membantu pekerjaan melukis.

Biasanya meja perata ditopang oleh empat kaki yang dapat diatur tinggi rendahnya, dan dapat dengan mudah diatur kerataan permukaannya. Di samping besi tuang bahan untuk pembuatan meja perata juga dari batu granit. Keuntungan pemakaian batu granit adalah permukaannya dapat dibuat sehalus mungkin, sehingga sangat cocok untuk pekerjaan pengukuran dan melukis. Batu granit tahan terhadap karat dan kotoran lainnya, tetapi batu granit tidak tahan terhadap beban kejutan seperti dipukul. Keuntungan lain pemakaian batu granit ialah apabila permukaannya telah mengalami keausan, maka ia dengan cepat dapat diratakan kembali dengan diskrap.

Penempatan meja perata harus pada tempat yang mempunyai penerangan yang cukup, untuk menjaga agar pada saat melakukan pengukuran dan melukis tidak terjadi kesalahan seperti kesalahan pada pengukuran. Pada ruangan atau tempat yang kurang penerangannya kemungkinan terjadinya kesalahan pengukuran dan membuta lukisan sangat besar.

Dalam pemakaiannya meja perata harus selalu dijaga kehalusan kedataran permukaannya. Dengan demikian dalam pelaksanaan pekerjaan melukis dan menandai semua bahan bakal harus diratakan dan mempunyai permukaan yang halus, supaya tidak melukai permukaan meja perata. Juga pada saat melakukan pengukuran, hendaknya benda kerja benar-benar harus bersih dari beram atau kotoran lainnya.

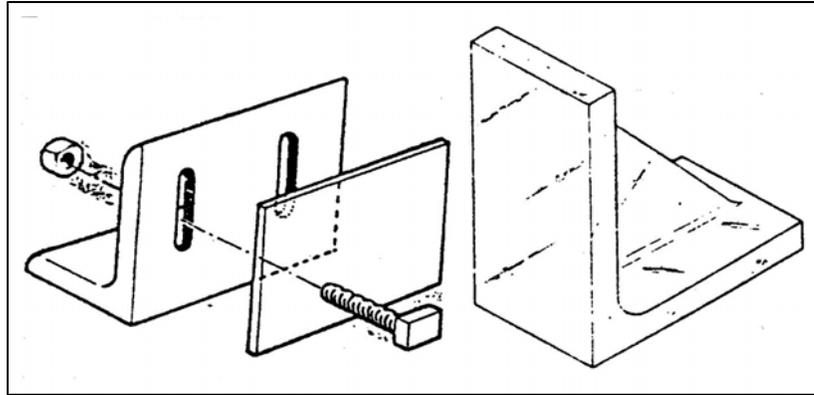
Sebaiknya apabila meja perata tidak digunakan untuk melukis dan melakukan pengukuran, lebih baik meja perata ditutup dengan bahan yang dapat menahan meja perata dari benturan benda lain, menghindari debu atau kotoran lainnya.



Gambar 5.95. meja perata.

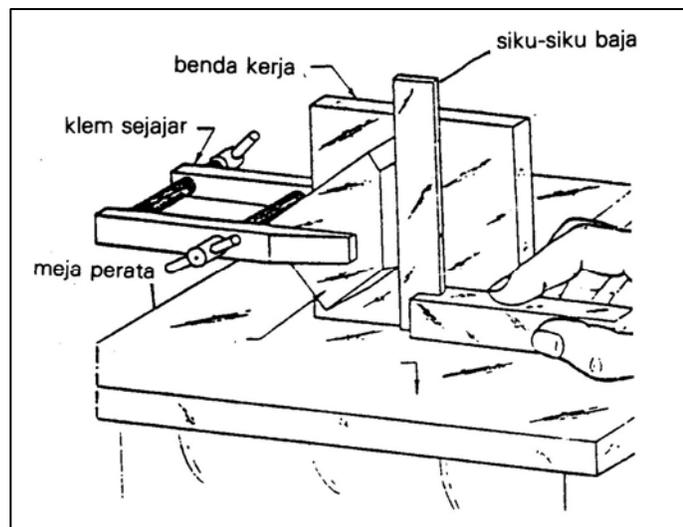
5.2.2. Blok siku

Blok siku merupakan alat bantu dalam pekerjaan melukis dan menandai. Alat ini adalah alat presisi, di mana dalam pembuatannya dikerjakan dengan mesin gerinda datar dan diskrap, sehingga ketelitiannya mencapai 0,005 milimeter. Alat ini dibuat dari bahan besi tuang dan dari bahan batu granit, sehingga ia mempunyai kehalusan permukaan yang sangat tinggi.



Gambar 5.96. Blok siku.

Pemakaian peralatan ini terutama untuk pengikatan benda kerja yang akan dilukis, dikerjakan, dan diukur. Peralatan ini ada yang rata dan ada yang dilengkapi beberapa lobang slot, sebagai tempat kedudukan baut penjepit benda kerja. Benda kerja dapat juga diikat pada blok siku ini dengan menggunakan klem C, klem sejajar dan baut-baut pengikat.



Gambar 5.97. Pemasangan benda kerja pada blok

5.2.3. Siku-siku

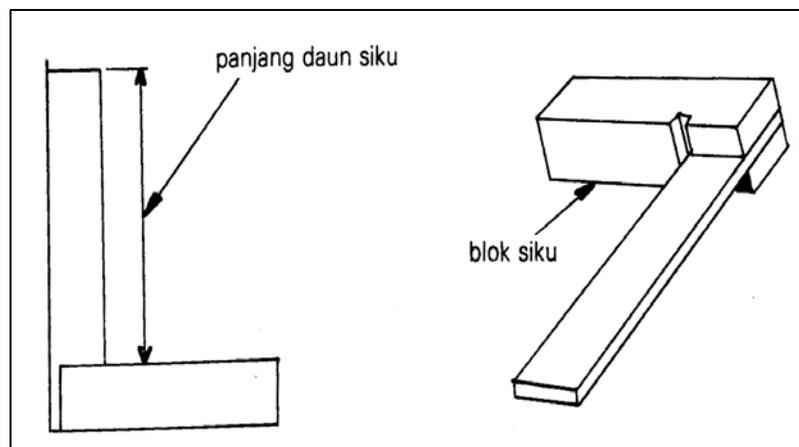
Siku-siku merupakan alat bantu yang sangat penting dalam pekerjaan melukis dan menandai. Siku-siku merupakan peralatan yang dapat berfungsi sebagai :

- Peralatan untuk memeriksa kelurusan suatu benda.
- Peralatan untuk mengukur kesikuan benda kerja.
- Peralatan bantu untuk memeriksa kesejajaran garis.
- Peralatan bantu dalam membuat garis pada benda kerja.

Siku-siku terdiri dari satu blok baja dan satu bilah baja, di mana keduanya digabungkan sehingga membentuk sudut 90 derajat antara satu dengan lainnya. Bahan pembuat siku-suku adalah baja perkakas, sehingga ia cukup kuat dan tahan terhadap keausan dan karat. Peralatan ini belum dapat dikatakan mempunyai kepresisian yang tinggi, tetapi sebagai alat bantu dalam melukis dan menandai alat ini adalah mempunyai peranan yang cukup besar. Siku-siku banyak sekali macamnya dan masing-masing mempunyai kegunaan yang berbeda, sesuai dengan bentuk atau jenis pemakaiannya.

5.2.3.1. Siku-siku Baja.

Siku-siku baja dapat diklasifikasikan menjadi dua menurut cara pembuatannya, yaitu siku-siku baja dikeling mati dan siku-siku baja dengan bilah baja (daun sikunya) dapat digeser-geserkan. Siku-siku baja yang dikeling mati biasanya digunakan untuk mengukur kesikuan suatu benda kerja dan sebagai alat bantu untuk pembuatan garis-garis sejajar.

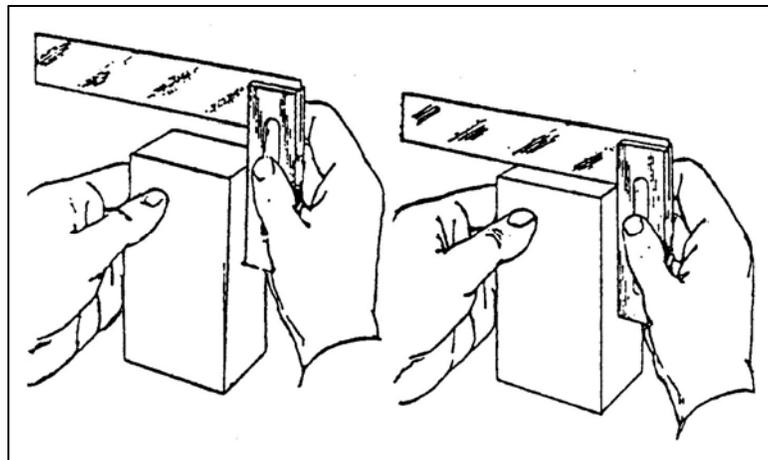


Gambar 5.98. siku-siku baja dikeling mati

Telah dijelaskan di muka bahwa siku-siku baja ini di samping untuk melukis juga dapat digunakan untuk melakukan pengukuran kesikuan dan kerataan permukaan benda kerja. Dalam pelaksanaan pemeriksaan atau pengukuran kesikuan benda kerja, maka benda kerja yang akan diukur kesikuan harus benar-benar bebas dari beram dan kotoran lainnya.

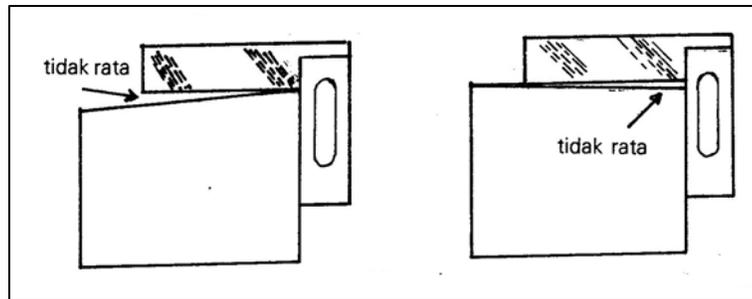
Agar pengukurannya ber-hasil dengan baik, maka ikutilah petunjuk yang diberikan di bawah ini.

- Bersihkan benda kerja dari beram dan kotoran lainnya.
- Bersihkan bilah baja dan blok bajanya dengan menggunakan kain yang bersih dan kering.
- Pengukuran harus menghadap pada daerah yang terang, sehingga akan dapat diketahui apakah benda kerja benar-benar lurus dan rata.
- Pegang benda kerja dengan tangan kiri dan siku-siku dengan tangan kanan. Geserkan permukaan bagian dalam dari blok baja pada benda kerja, mulailah pada bagian sebelah atas benda kerja. Dengan secara perlahan-lahan geserkan blok siku kearah bawah, sehingga bilah siku menyentuh bagian permukaan atas benda kerja.



Gambar 5.99. Cara melakukan pengukuran dengan siku-siku

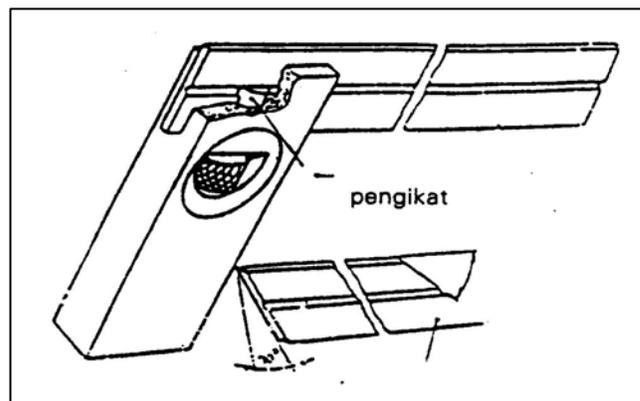
- Jika sudut yang kita ukur tidak siku-siku 90 derajat, maka akan terlihat adanya cahaya diantara bilah siku dan blok siku seperti gambar di bawah.



Gambar 5.100. Benda kerja yang tidak rata.

Siku-siku baja yang dapat digeserkan bilah bajanya, sangat banyak digunakan untuk pekerjaan melukis dan menandai. Siku-siku ini sangat banyak dipakai dalam bengkel, karena ia dapat digunakan untuk melukis dan mengukur benda kerja yang pendek maupun yang panjang. Dengan menggeserkan bilah bajanya kita dapat memperoleh ukuran siku yang diinginkan. Biasanya siku-siku jenis ini dilengkapi dengan beberapa bilah baja, di mana bilah-bilah baja tersebut dapat dipasang secara cepat dengan hanya melonggarkan baut penjepitnya. Masing-masing bilah baja tersebut mempunyai ukuran yang berbeda baik ukuran panjang maupun ukuran sudutnya. Ukuran sudut yang biasa terdapat pada bilah baja adalah 30 derajat dan 45 derajat. Semua bilah-bilah baja tersebut dibuat dari baja perkakas yang dikeraskan.

Pada bilah-bilah baja ini juga sering terdapat skala ukuran, baik skala ukuran dengan sistem metrik maupun sistem inchi, sehingga ia juga dapat berfungsi sebagai mistar baja dengan kemampuan ukur yang relatif kecil/pendek.



Gambar 5.101. Siku-siku dengan bilah yang dapat

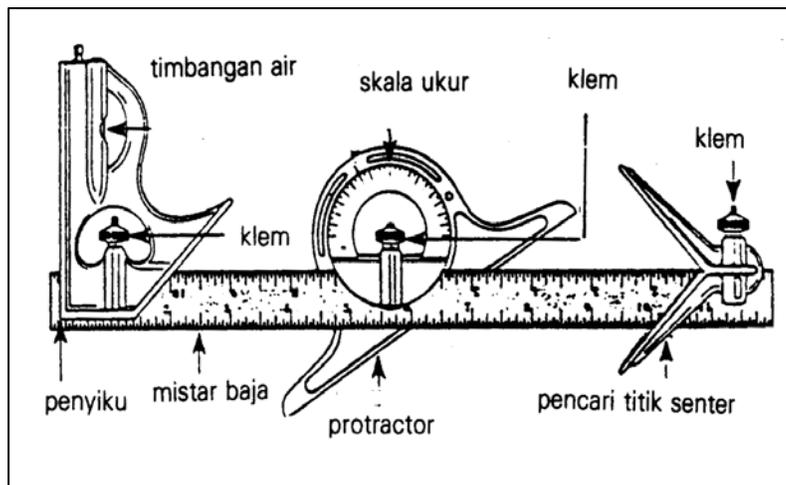
5.2.3.2. Siku-siku kombinasi

Siku-siku kombinasi ini sangat luas penggunaannya, karena siku-siku ini dapat juga digunakan untuk melakukan pengukuran besaran sudut, memeriksa kelurusan dan kesikuan benda kerja.

Sudah dijelaskan di muka bahwasanya seluruh siku-siku terbuat dari dua bagian, yaitu dari blok baja dan bilah baja. Pada siku-siku kombinasi ini blok bajanya berbeda dengan siku-siku yang lain, karena pada blok bajanya terdapat alat pemeriksa kedataran permukaan, yang sering disebut dengan *spirit level*. Juga pada blok bajanya dapat digunakan untuk mengukur sudut 45 derajat, karena ia membentuk sudut 45 derajat dengan bilah bajanya.

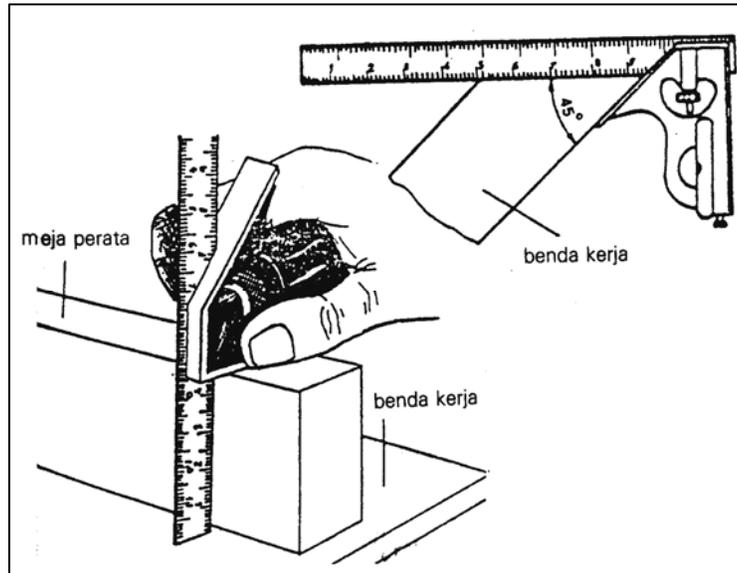
Di samping itu peralatan ini dapat digunakan untuk mencari titik senter suatu benda kerja, karena alat ini dilengkapi dengan alat pencari titik senter. Dengan siku-siku kombinasi ini kita juga dapat melakukan pengukuran besaran-besaran sudut yang diinginkan, karena ia dilengkapi dengan protractor. Bilah baja pada alat ini dapat ditukar-tukar sesuai dengan kebutuhan pengukuran dan kebutuhan menggambar/melukis.

Bahan untuk membuat siku-siku kombinasi ialah besi tuang untuk blok, protractor dan pencari titik pusat, sedangkan bilah bajanya terbuat dari baja perkakas.



Gambar 5.102. Siku-siku kombinasi

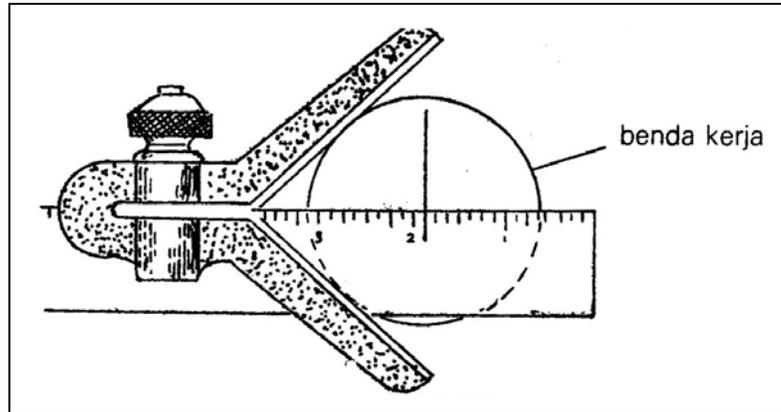
Untuk mengenal pemakaian dari siku-siku kombinasi ini dapat dilihat pada gambar-gambar di bawah ini.



Gambar 5.103. Pemakaian siku-siku kombinasi

Telah dijelaskan di muka bahwasanya siku-siku kombinasi ini dilengkapi dengan peralatan pencari titik senter atau titik pusat, sehingga dengan mudah dapat ditentukan titik pusat dari suatu benda kerja yang bentuknya bulat. Langkah mencari titik pusat dengan menggunakan alat ini ialah sebagai berikut.

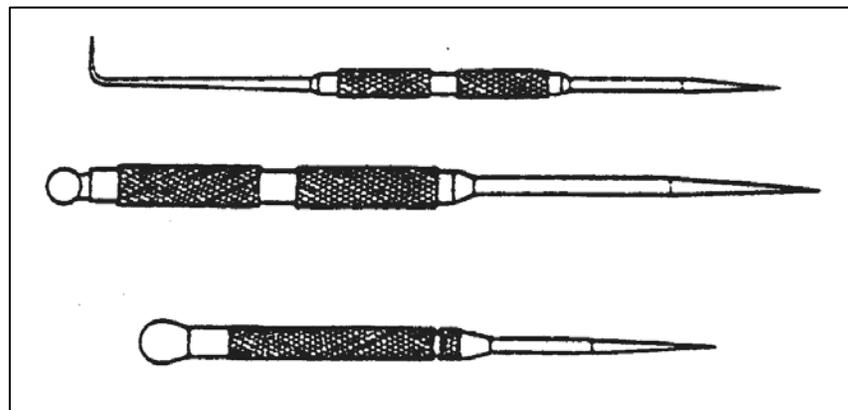
- Ambil benda kerja yang berbentuk bulat, di mana benda kerja tersebut akan dicari titik pusatnya. Tempatkan benda kerja pada meja perata.
- Ambil peralatan pencari titik pusat/senter.
- Dekatkan benda kerja pada peralatan ini, kemudian singgungkan benda kerja pada alat ini.
- Setelah benar-benar menyinggung dengan kuat dan sempurna, buatlah garis lurus mengikuti mistar yang terpasang pada peralatan ini.
- Setelah selesai langkah ini, putar benda kerja 90 derajat, dan buatlah garis lurus dengan langkah yang sama seperti langkah d).
- Dari hasil pembuatan garis tersebut, maka pada benda kerja terdapat dua buah garis lurus yang saling berpotongan secara tegak lurus. Titik perpotongan garis-garis lurus tersebut merupakan titik pusat/senter dari benda kerja.
- Dengan didapatnya titik pusat tersebut maka pekerjaan mencari titik telah selesai.



Gambar 5.104. Cara mencari titik pusat.

5.2.4. Penggores

Penggores adalah alat untuk menggores permukaan benda kerja, sehingga dihasilkan goresan atau garis gambar pada benda kerja. Karena tajam, maka ia dapat menghasilkan goresan yang tipis tapi dalam. Bahan untuk membuat penggores ini ialah baja perkakas, sehingga ia cukup keras dan sanggup menggores benda kerja. Ujung dari penggores adalah tajam dan keras, karena sebelum digunakan ujung penggores dikeraskan terlebih dahulu. Dua jenis penggores kita kenal, yaitu pertama penggores dengan kedua ujungnya tajam, tetapi ujung yang satunya lurus sedangkan ujung yang lainnya bengkok, kedua penggores dengan hanya satu ujungnya yang tajam, sedangkan ujung yang lainnya tidak tajam.



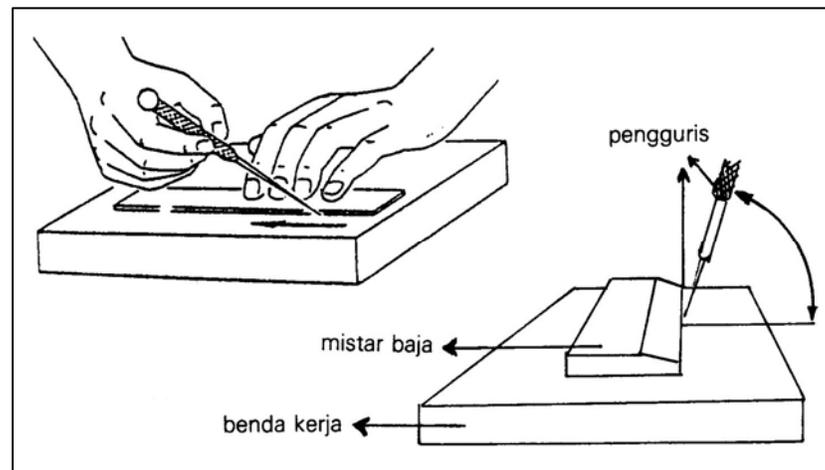
Gambar 5.105. Macam-macam penggores.

Dalam pelaksanaan penggoresan perlu diingat bahwasanya mata penggores harus tajam dan keras atau dikeraskan, sehingga ia akan mudah padah apabila penekanan saat penggoresan terlalu keras/kuat. Pembuatan garis pada benda kerja dengan menggunakan penggores hanya dilakukan satu kali, sebab apabila dilakukan secara berulang-ulang akan dapat membuat garis yang banyak, sehingga akan membingungkan para pekerja untuk menentukan garis mana yang harus diikuti dalam pelaksanaan pekerjaan.

Dalam pelaksanaan pembuatan garis dengan menggunakan penggores dibutuhkan alat-alat bantu lain, seperti; mistar baja, siku-siku, protractor dan peralatan lain sesuai dengan jenis garis dan gambar yang diinginkan.

Langkah-langkah penggunaan penggores adalah sebagai berikut:

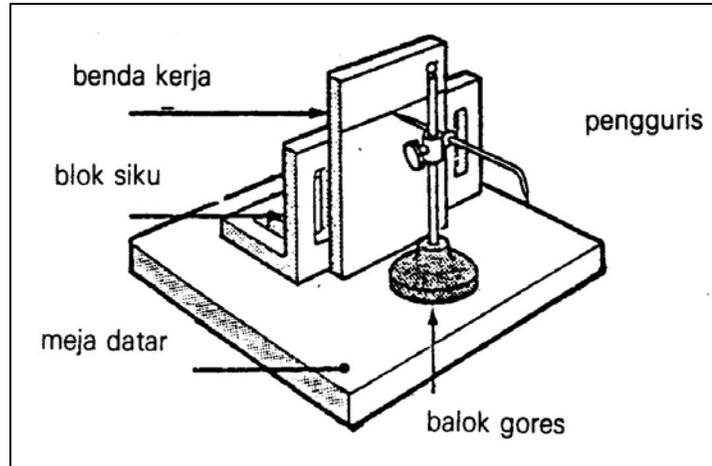
- Beri pewarna permukaan benda kerja yang akan digores atau diberi gambar.
- Tentukan kedudukan dari garis gambar yang akan dibuat.
- Letakkan benda kerja dan alat bantu pada meja perata.
- Pegang alat bantu pada tangan kiri dan penggores pada tangan kanan.
- Tempatkan alat bantu (siku atau mistar baja) pada daerah di mana garis akan dibuat
- Miringkan penggores dan tempatkan ujungnya pada tempat yang telah ditentukan. Apabila sudah benar lakukan penggoresan secara perlahan-lahan.



Gambar 1.106. Langkah penggoresan.

Pada proses pelaksanaan melukis dan menandai pemakaian penggores sangat banyak dan menggunakan beberapa alat bantu lainnya, seperti memakai bilah penggores. Dengan menggunakan alat-alat bantu tersebut maka akan dapat

dihasilkan lukisan yang benar-benar baik dan proses pelaksanaan pekerjaan menjadi lebih singkat. Sebagai contoh di bawah ini dapat dilihat proses penggoresan atau membuat garis-garis dengan menggunakan penggores dan alat-alat bantu lain seperti blok siku, dan blok gores.



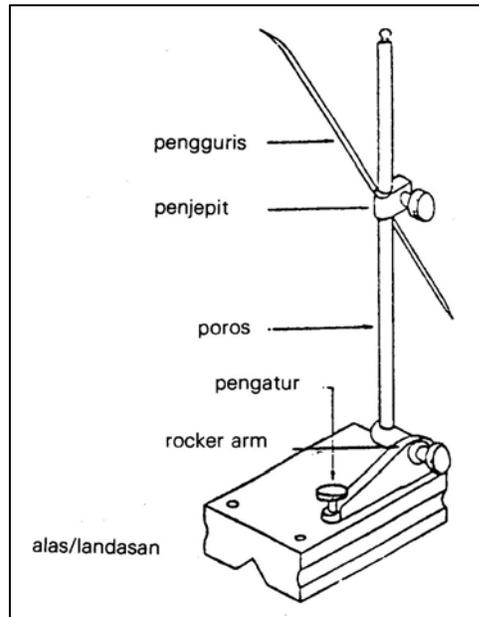
Gambar. 107. Menggores dengan beberapa alat bantu.

Alat bantu blik penggores adalah alat bantu yang banyak dipakai pada pekerjaan penggoresan benda kerja. Dengan menggunakan alat bantu ini, maka pekerjaan yang sulit dapat dikerjakan. Sebagai contoh penggoresan benda kerja yang dijepit pada blok siku. Dengan menggunakan blok penggores ini maka penggoresan atau pembuatan garis akan dapat dijamin ketelitiannya.

Blok penggores ini terdiri dari bilah baja sebagai alasnya yang dilengkapi dengan penjepit yang dapat berputar. Penjepit ini untuk mengikat poros utama, di mana penggores akan dijepitkan di sini. Blok alasnya mempunyai alur berbentuk V, sehingga ia mudah ditempatkan di atas benda kerja yang berbentuk bulat. Pada poros dilengkapi dengan penjepit penggores, sehingga kedudukan penggores bisa diatur tinggi rendahnya sesuai dengan kebutuhan. Pada alasnya juga dilengkapi peralatan pengatur, sehingga kedudukan poros dapat diatur pada posisi-posisi yang diinginkan. Untuk menjamin agar blok alas tidak bergerak, maka pada blok alas juga dilengkapi dengan pena penahan.

Alat ini di samping untuk membuat garis pada benda kerja pada saat melukis dan manandai, juga dapat digunakan untuk memeriksa kesejajaran permukaan benda kerja. Penggunaan lainnya ialah untuk membantu pengukuran ketinggian dari

benda kerja, terutama ialah apabila pada permukaan benda kerja tersebut akan dibuat garis batas pengerjaan.



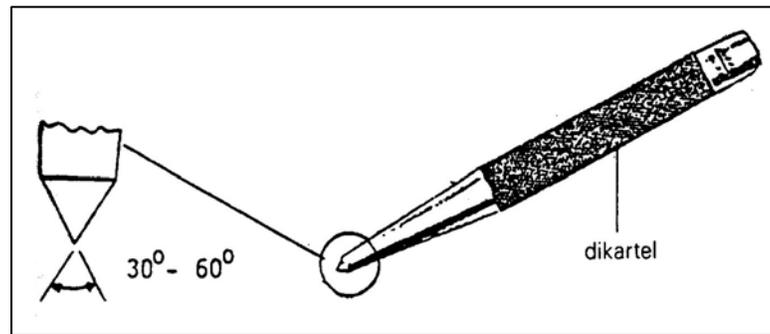
Gambar 5.108. Blok penggores.

5.2.5. Penitik.

Pada bengkel kerja mesin kita mengenal 3 (tiga) jenis penitik, tetapi apabila ditinjau dari segi fungsinya hanya ada dua jenis, yaitu penitik garis dan penitik pusat/senter. Kedua jenis penitik tersebut sangat penting artinya dalam pelaksanaan melukis dan menandai, sebab masing-masing mempunyai sifat-sifat tersendiri.

5.2.5.1. Penitik garis.

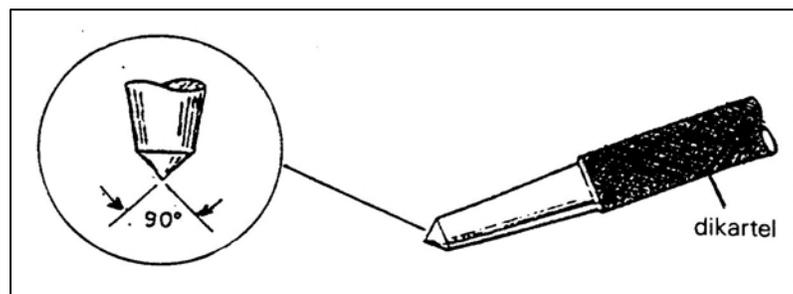
Penitik garis adalah suatu penitik, dimana sudut mata penitiknya adalah sebesar 60 derajat. Dengan sudut yang kecil ini maka ia dapat menghasilkan suatu tanda yang sangat kecil. Dengan demikian jenis penitik ini sangat cocok untuk memberikan tanda-tanda batas pengerjaan pada benda kerja. Tanda-tanda batas pengerjaan pada benda kerja akan dihilangkan pada waktu *finishing* (pengerjaan akhir), maka tanda-tanda yang tipis dan jelas adalah yang sangat diperlukan agar supaya tidak menimbulkan bekas setelah selesai pekerjaan *finishing*.



Gambar 5.109. Penitik garis

5.2.5.2. Penitik pusat/center.

Penitik pusat ini sudutnya lebih besar dibandingkan dengan sudut pada penitik garis. Besar sudut penitik pusat adalah sebesar 90 derajat, sehingga ia akan menimbulkan luka yang lebar pada benda kerja. Penitik pusat ini digunakan untuk membuat tanda terutama untuk tanda pengeboran atau tempat di mana tanda tersebut akan dikerjakan lanjutan dengan menggunakan mesin bor atau dibuat lobang dengan menggunakan mesin bor. Karena sudut penitik ini besar, maka tanda yang dibuat dengan menggunakan penitik ini akan dapat mengarahkan mata bor untuk tetap artinya mata bor tidak akan berpindah tempat pada saat pengeboran berlangsung. Dengan adanya tanda tersebut akan dapat mengarahkan mata bor tetap pada posisi pengeboran. Dengan demikian penitik ini sangat berguna sekali dalam pelaksanaan pembuatan benda kerja pada bengkel kerja mesin.

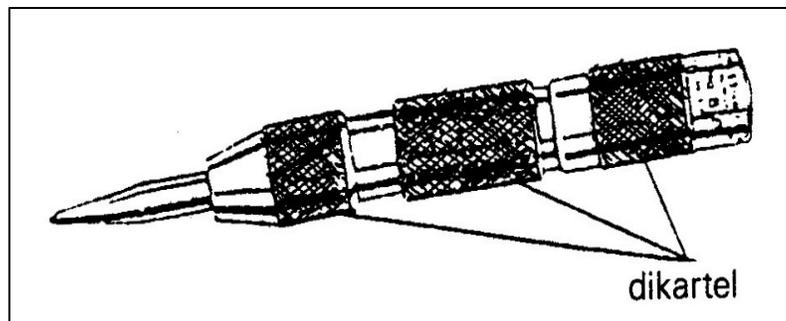


Gambar. 5.110. Penitik pusat

5.2.5.3. Penitik otomatis

Penitik otomatis ini banyak digunakan untuk membuat titik senter/pusat pada benda kerja, dimana di tempat tersebut akan dikerjakan lanjutan terutama untuk dibor atau dibuat lobang. Dengan demikian sudut matanya adalah sebesar 90 derajat, tetapi ada juga penitik otomatis dengan sudut matanya 30 derajat dan 60 derajat. Dengan besar sudut sebesar itu jelas pemakaian dari penitik senter/pusat hanya untuk memberikan tanda-tanda pada pekerjaan melukis.

Dalam pemakaiannya maka penitik otomatis dan penitik pusat serta penitik garis adalah sama. Perbedaan antara penitik garis dan penitik pusat dengan penitik otomatis ialah hanya pada konstruksinya. Pada bagian badan penitik otomatis terdapat rongga, di mana pada rongga tersebut dipasangkan kepala baut yang bergerigi serta mempunyai pegas. Jika penitik ini ujungnya ditekan pada benda kerja, maka pegas akan meregang dan jika sampai pada batasnya pegas akan lepas kembali, sehingga kembali pada posisi semula. Dengan lepasnya pegas tersebut maka akan menekan pada benda kerja dan timbullah tanda pada benda kerja. Besar tanda yang dibuat tergantung dari besar suatu mata penitik itu sendiri.



Gambar. 5.111. Penitik otomatis

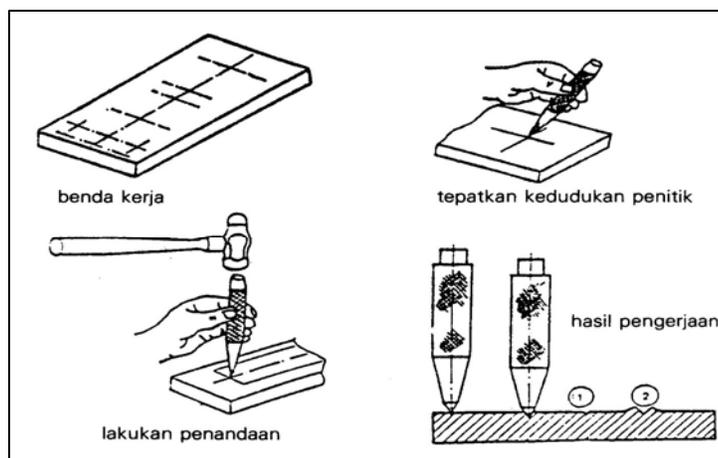
Tanda-tanda yang dihasilkan oleh penitik adalah sangat penting bagi para pekerja, untuk itu dalam melakukan pembuatan tanda pengerjaan dengan menggunakan penitik harus dilakukan secara benar. Langkah-langkah pelaksanaan pembuatan tanda-tanda pengerjaan dengan menggunakan penitik adalah sebagai berikut :

- Setelah permukaan benda kerja diberi pewarna, maka tentukan tempat di mana akan dibuat tanda-

tanda batas pengerjaan atau tanda di mana akan dibuat lobang. Biasanya dengan menggunakan penggores.

- Setelah itu pegang penitik dengan menggunakan tangan kiri dan pegang palu dengan tangan kanan (khusus untuk penitik garis dan penitik pusat bukan untuk penitik otomatis).
- Tempatkan ujung penitik pada garis yang akan ditandai atau pada titik di mana akan dibuat titik senter. Penempatan ujung penitik pertama-tama dimiringkan, sehingga dapat dipastikan bahwasanya ujung penitik benar-benar berada pada garis atau titik yang dimaksudkan.
- Setelah kedudukan mata penitik tepat, maka tegakkan penitik sehingga ia tegak lurus terhadap benda kerja.
- Pukullah kepala penitik dengan menggunakan palu (palu yang digunakan untuk pekerjaan ini ialah palu dengan berat 250 gram). Lakukanlah secara berulang-ulang, sehingga pekerjaan selesai. Untuk pembuatan tanda batas pengerjaan jarak antara titik yang satu dengan titik yang lainnya adalah sebesar 1 sampai 2 mm.

Apabila menggunakan penitik otomatis, maka tidak diperlukan lagi palu. Untuk membuat tanda pada benda kerja baik tanda batas pengerjaan maupun tanda senter cukup hanya menekankan ujung penitik otomatis pada benda kerja. Sedangkan langkah-langkah yang lain adalah sama dengan langkah pembuatan tanda dengan menggunakan penitik garis dan penitik pusat.



Gambar 5.112. Membuat tanda dengan penitik

5.2.6. Jangka

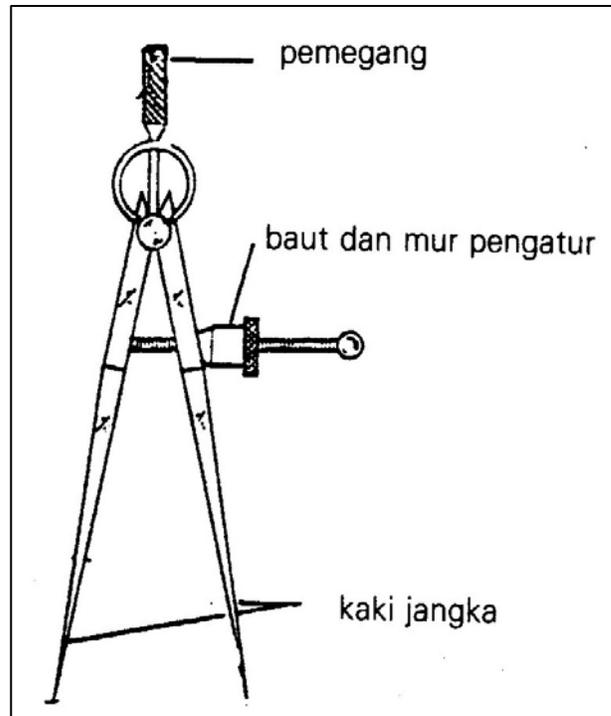
Dalam pelaksanaan pekerjaan melukis dan menandai dibutuhkan beberapa jenis jangka. Ada 4 (empat) jenis jangka yang sering digunakan pada pekerjaan melukis dan menandai, yaitu : jangka tusuk, jangka kaki, jangka bengkok dan jangka pincang. Masing-masing jangka tersebut mempunyai kelebihan dan kekurangan, dan masing-masing saling bantu membantu dalam pelaksanaan pekerjaan melukis dan menandai.

5.2.6.1. Jangka Tusuk

Jangka tusuk banyak digunakan untuk menarik garis atau membuat garis pada permukaan benda kerja. Garis tersebut terutama untuk garis lingkaran, garis lurus, membagi garis sama besar dan radius. Jangka ini dapat digunakan untuk membuat garis yang sama pada beberapa benda kerja.

Jangka tusuk terbuat dari bahan baja perkakas dengan bagian ujung-ujungnya dikeraskan. Alat ini dapat diatur pembukaannya, karena alat ini dilengkapi dengan baut pengatur. Dengan demikian ia dapat digunakan untuk membuat misalnya garis lingkaran yang kecil dan garis lingkaran yang besar. Dengan demikian ia dapat digunakan untuk membuat misalnya garis lingkaran yang kecil dan garis lingkaran yang besar. Bagian ujung jangka ini sangat tajam, agar dapat dihasilkan garis yang tipis dan jelas. Hal ini sesuai aturan dalam melukis dan menandai.

Jangka tusuk ini juga sering digunakan untuk memindahkan ukuran, artinya mengukur besarnya ukuran pada mistar baja kemudian memindahkannya pada benda kerja. Karena jangka ini berujung tajam, maka ukuran yang dipindahkan tidak banyak mengalami perubahan.

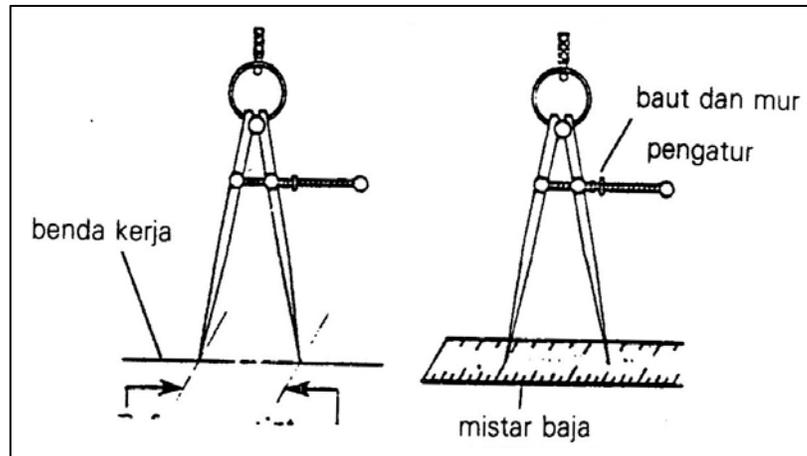


Gambar 5.113. Jangka tusuk

Benda kerja yang akan dikerjakan atau dilukis dengan menggunakan jangka tusuk permukaannya harus dibersihkan dari karat atau kotoran lainnya. Pembersihan bisa dilakukan dengan menggunakan kikir kasar dan kikir halus. Setelah permukaannya bersih, selanjutnya diberi pewarna agar garis batas atau lukisan yang dibuat nantinya bisa terlihat dengan jelas. Sampai pada tahap ini maka benda kerja tersebut telah siap untuk dilukis dan ditandai.

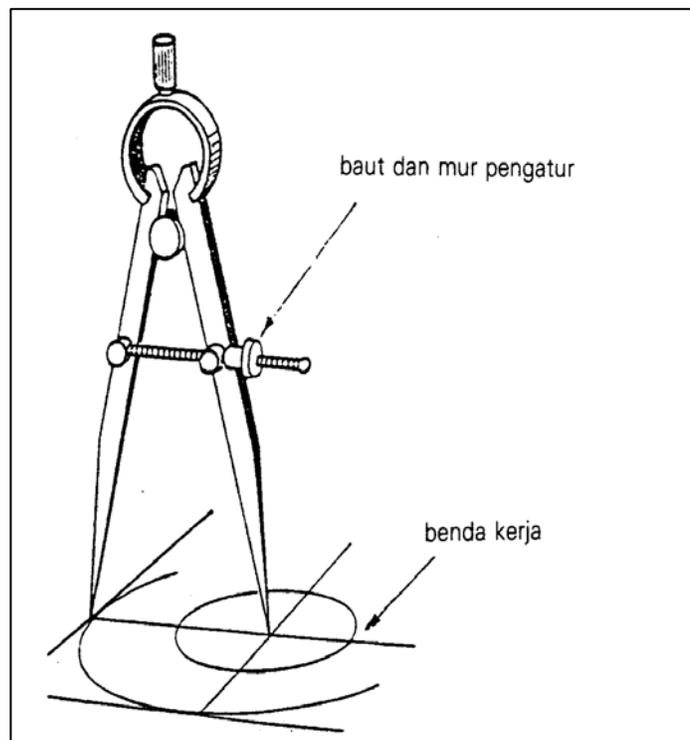
Misalnya akan dibuat gambar lingkaran pada permukaan benda kerja. Langkah pembuatan lingkaran dengan menggunakan jangka tusuk adalah sebagai berikut :

- Tentukan titik senter/pusat dari lingkaran yang akan dibuat.
- Tentukan berapa besar diameter lingkaran yang akan dibuat.
- Setelah diketahui diameter lingkaran yang akan dibuat, maka ukuran pembukaan jangka seperti ukuran yang diminta oleh ukuran lingkaran (lihat gambar).



Gambar 5.114. Cara mengukur dengan jangka tusuk.

- Setelah tepat kedudukan pembukaan jangka, tempatkan salah satu kaki jangka tusuk pada titik senter, dan kaki yang satunya di atas permukaan bagian benda kerja lainnya.

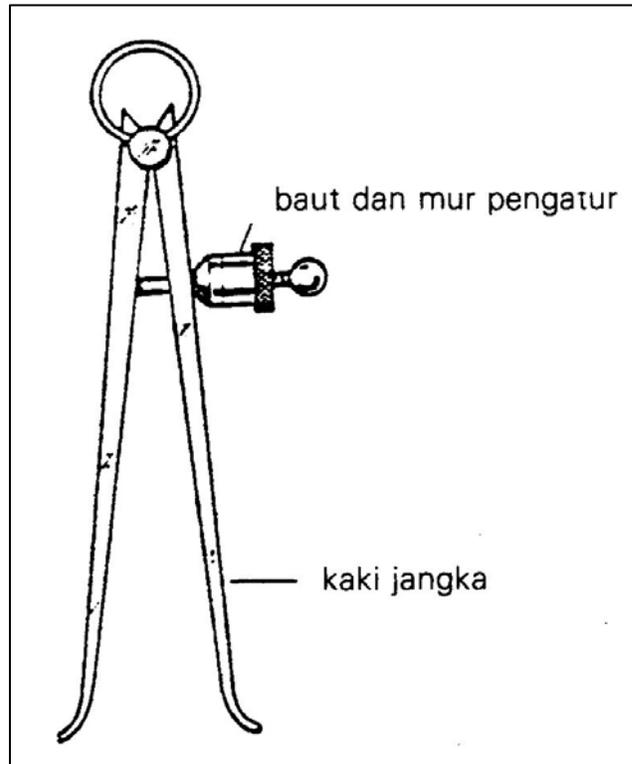


Gambar 5.115. Membuat lingkaran dengan jangka tusuk

5.2.6.2. Jangka kaki

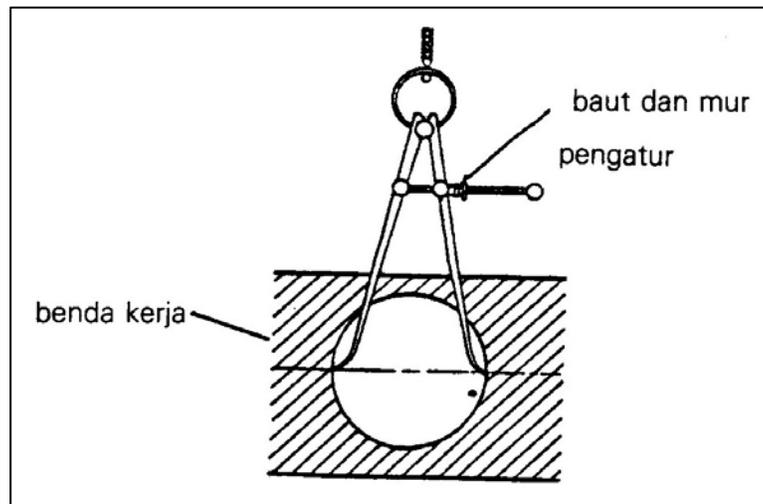
Kegunaan jangka kaki pada bengkel kerja mesin adalah untuk melakukan pengukuran diameter dalam dari suatu benda kerja. Pengukuran dengan menggunakan jangka kaki tidak dapat dikatakan presisi, sebab jangka bukan merupakan alat ukur presisi. Jangka ini juga dapat digunakan untuk melakukan pengukuran lebar celah dan kesejajaran celah benda kerja.

Jangka kaki terbuat dari bahan baja perkakas, sehingga cukup kuat dan pada ujung-ujung kakinya dikeraskan agar tidak cepat aus. Bentuk dari jangka kaki menyerupai jangka tusuk, hanya pada ujungnya yang berbeda, di mana pada jangka kaki ujungnya bengkok ke luar.

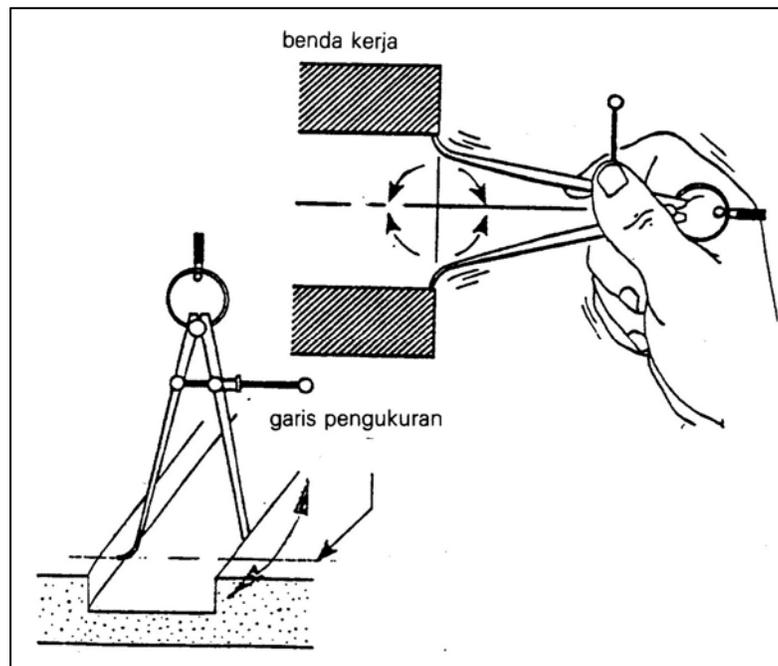


Gambar 5.116. Jangka kaki.

Di bawah ini diberikan contoh pemakaian jangka kaki pada pekerjaan pengukuran terhadap benda kerja.



Gambar 5.117. Mengukur diameter dalam dengan jangka kaki.



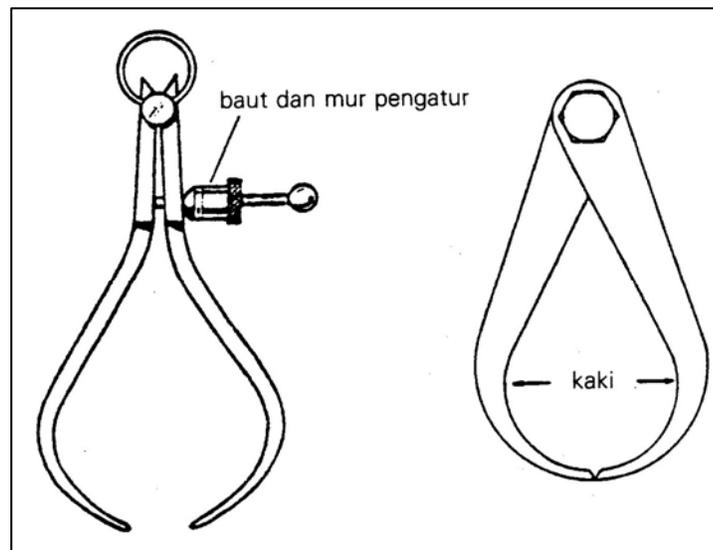
Gambar 5.118. Mengukur celah dengan jangka kaki.

5.2.6.3. Jangka bengkok

Kegunaan jangka bengkok adalah untuk melakukan pengukuran terhadap diameter luar benda kerja dan ketebalan benda kerja atau bahan bakal. Jangka

bengkok ini adalah alat ukur kasar artinya ia tidak digunakan untuk mengukur benda kerja yang presisi, tetapi hanya digunakan sebagai pedoman pengukuran secara kasar.

Bentuk jangka bengkok adalah kaki-kakinya bengkok dan ujungnya menghadap ke dalam. Seperti jangka kaki ujung-ujung jangka bengkok ini juga dikeraskan agar ia tidak cepat aus. Bentuk atau konstruksi dari jangka bengkok sangat bervariasi tergantung dari pabrik pembuatnya, tetapi jenis bahan pembuatnya adalah sama, yaitu dari baja perkakas. Kebanyakan jangka bengkok yang digunakan pada bengkel kerja mesin dengan konstruksi memakai baut penyetel, hal ini untuk memudahkan dalam pemakaiannya.

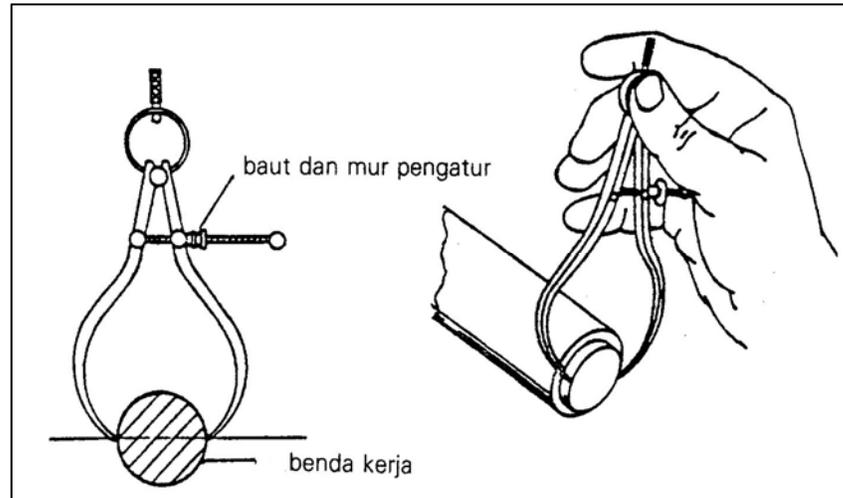


Gambar 5.119. Jangka bengkok.

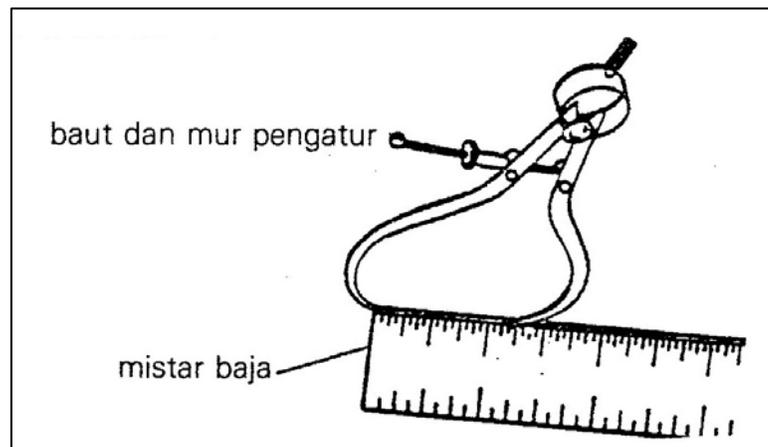
Langkah kerja untuk melakukan pengukuran diameter luar benda kerja dengan menggunakan jangka bengkok adalah sebagai berikut :

- Bersihkan benda kerja dan ujung-ujung kaki jangka bengkok.
- Buka kaki-kaki jangka bengkok hingga mendekati ukuran diameter benda kerja (dengan perkiraan).
- Tempatkan jangka bengkok pada posisi tegak lurus terhadap benda kerja yang akan diukur.
- Atur kaki-kaki jangka bengkok dengan menggunakan baut pengatur, sehingga ujung kaki jangka bengkok menyentuh permukaan benda kerja.

- Setelah ujung kaki menyentuh permukaan benda kerja putarlah jangka tersebut, sehingga dapat diyakini bahwa ujung kaki jangka menyentuh seluruh permukaan benda kerja. Kemudian bacalah ukuran diameter benda kerja dengan menggunakan alat bantu mistar baja atau vernier caliper.



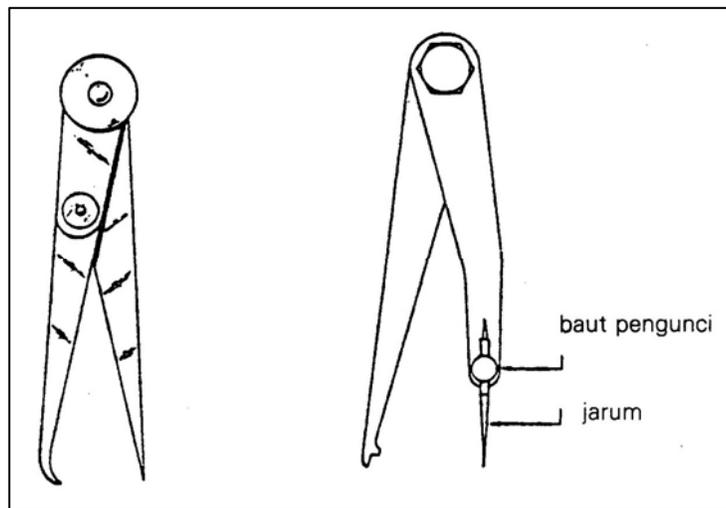
Gambar 5.120. Mengukur diameter luar benda



Gambar 5.121. Membaca ukuran dengan bantuan mistar baja

5.2.6.4. Jangka pincang (Hermaphrodite Caliper)

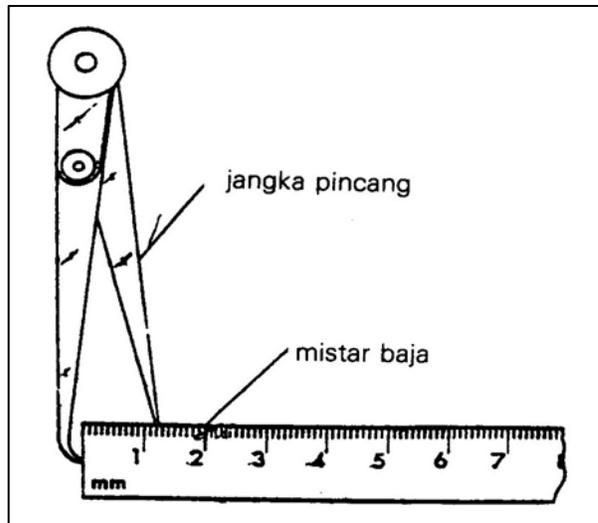
Bentuk dari jangka pincang ialah kaki yang satu ujungnya sama dengan kaki pada jangka tusuk, sedangkan yang satunya lagi sama bentuknya dengan kaki jangka bengkok. Jangka pincang ini sangat banyak digunakan pada pekerjaan melukis dan menandai seperti; untuk menarik garis sejajar, mencari titik senter/pusat. Dengan demikian jangka ini sangat banyak digunakan pada bengkel kerja bangku maupun pada bengkel kerja mesin. Konstruksi dari jangka ini hampir sama dengan jangka-jangka yang lainnya juga bahan pembuatnya pun dari bahan yang sama.



Gambar 5.122. Jangka pincang

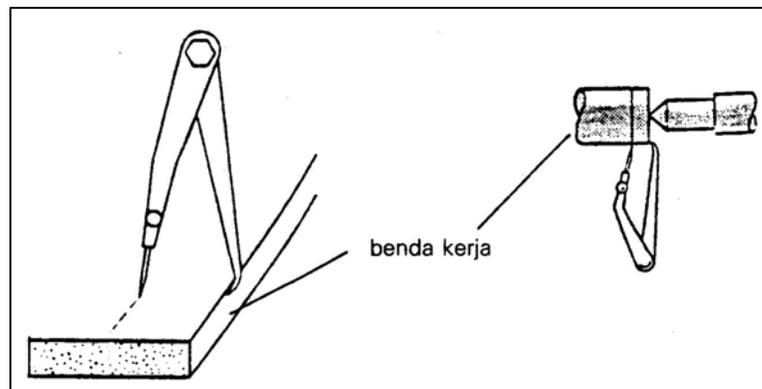
Langkah kerja pembuatan garis sejajar pada benda kerja dengan menggunakan jangka pincang adalah sebagai berikut :

- Tentukan berapa lebar garis sejajar yang akan dibuat.
- Ukurkan pembukaan kaki jangka pada mistar baja (suai dengan ukuran yang diminta) (lihat gambar). Caranya adalah letakkan ujung kaki yang bengkok ke bagian ujung kaki mistar baja, sedangkan ujung kaki yang tajam pada skala ukuran mistar baja.



Gambar 5.123. Mengukur pembukaan kaki dengan mistar baja

- Setelah didapatkan ukuran yang tepat, maka lakukan pembuatan garis sejajar pada benda kerja, caranya ialah tempatkan ujung kaki jangka yang bengkok pada sisi benda kerja, sedangkan ujung kaki yang tajam pada permukaan benda kerja. Kemudian lakukan penggoresan. (ingat pelaksanaan penggoresan hanya satu kali).



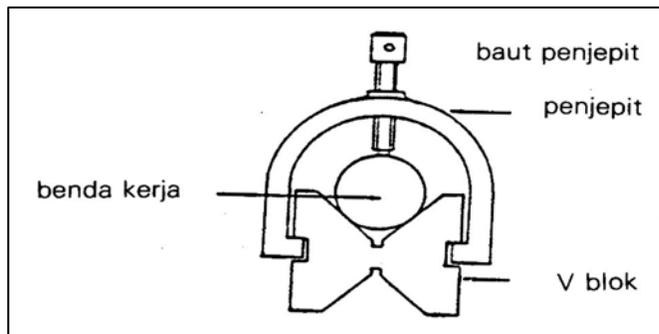
Gambar 5.124. Cara membuat garis sejajar

5.2.7. Alat bantu pengikatan benda kerja.

Tidak selalu benda kerja yang akan dilukis dan di tandai dapat ditempatkan pada permukaan meja perata. Sebagai contoh misalnya benda kerja yang bulat, ia tidak dapat ditempatkan pada meja perata tanpa menggunakan alat bantu lain, yaitu V blok.

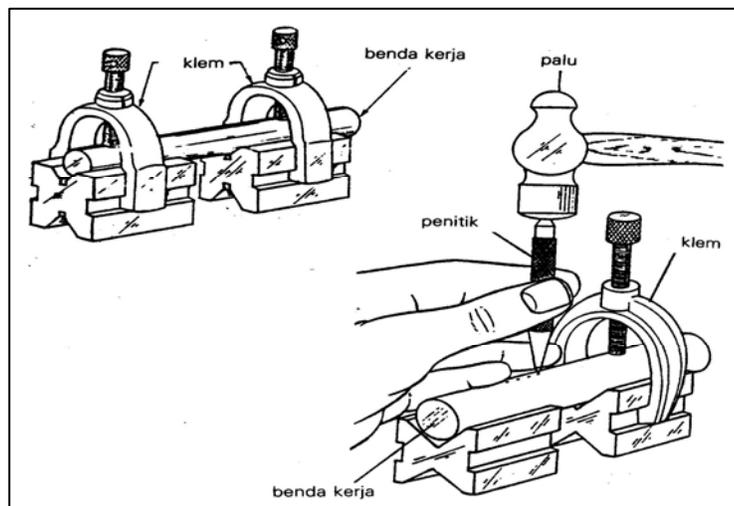
5.2.7.1. V Blok

Bentuk V blok seperti namanya adalah berupa balok baja dengan alur V untuk tempat kedudukan benda kerja terutama benda kerja dengan penampang bulat, sedangkan alur lurus adalah untuk tempat kedudukan penjepit. Fungsi penjepit ini adalah untuk mengikat benda kerja yang dikerjakan agar ia tidak dapat bergerak. Dalam pelaksanaan pengikatan benda kerja sering digunakan dua atau tiga buah V blok secara bersamaan, karena benda kerja yang akan dikerjakan panjang.



Gambar 5.125. V Blok

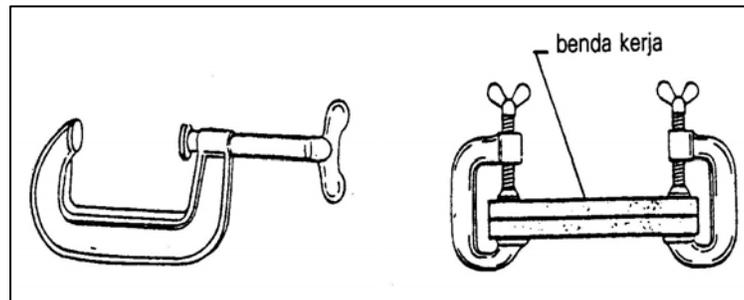
Alat bantu (V blok) ini dapat digunakan sebagai tempat kedudukan benda kerja yang bulat, sehingga pelaksanaan pekerjaan melukis dan menandai dapat dilangsungkan dengan baik. Gambar di bawah menunjukkan pemakaian V blok untuk mencari titik pusat benda kerja yang bulat.



Gambar 5.126. Pemakaian V blok.

5.2.7.2. Klem C

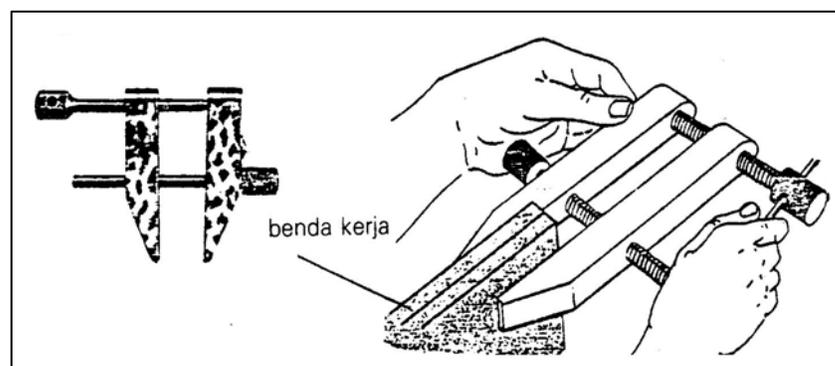
Klem C banyak digunakan untuk mengikat benda kerja, terutama pada pekerjaan mengebor pada mesin bor, karena benda kerja tersebut tidak dapat dijepit dengan ragum mesin bor. Ukuran dari klem C ditentukan oleh lebar pembukaan rahang dari klem C. klem C dengan pembukaan rahang besar digunakan untuk pengikatan benda kerja yang besar, demikian sebaliknya.



Gambar 5.127. Klem C.

5.2.7.3. Klem sejajar

Seperti halnya klem C, klem sejajar juga digunakan untuk pengikatan benda kerja, seperti halnya pengikatan benda kerja yang akan dilukis dan ditandai. Bentuk dari klem ini terdiri dari dua batang baut dan dua blok baja yang sejajar. Benda kerja yang diikat ditempatkan pada antara dua bloknya, kemudian kedua blok sejajar digerakkan dengan menggunakan dua baut. Dengan demikian maka benda kerja akan dijepit diantara dua blok.

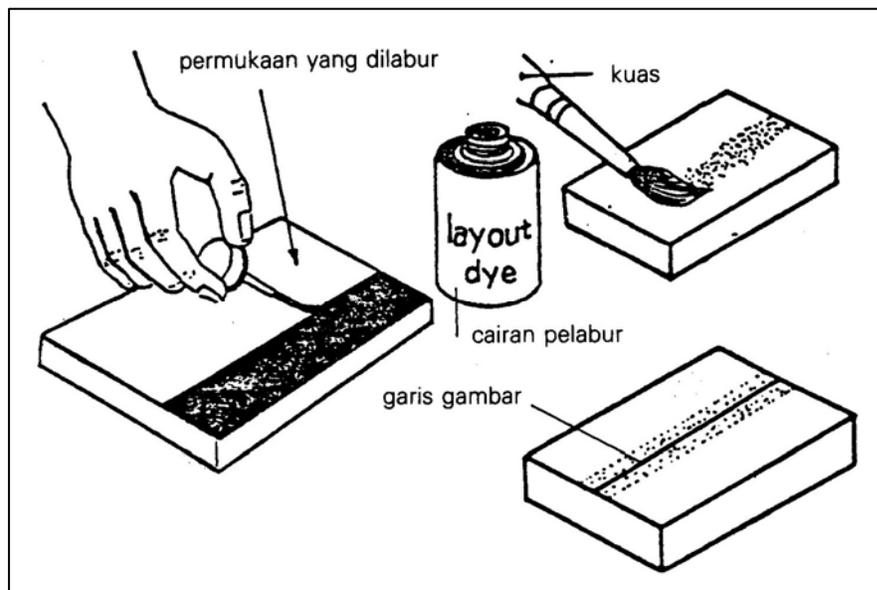


Gambar 5.128. Klem sejajar.

5.2.8. Pelaksanaan pekerjaan melukis dan menandai

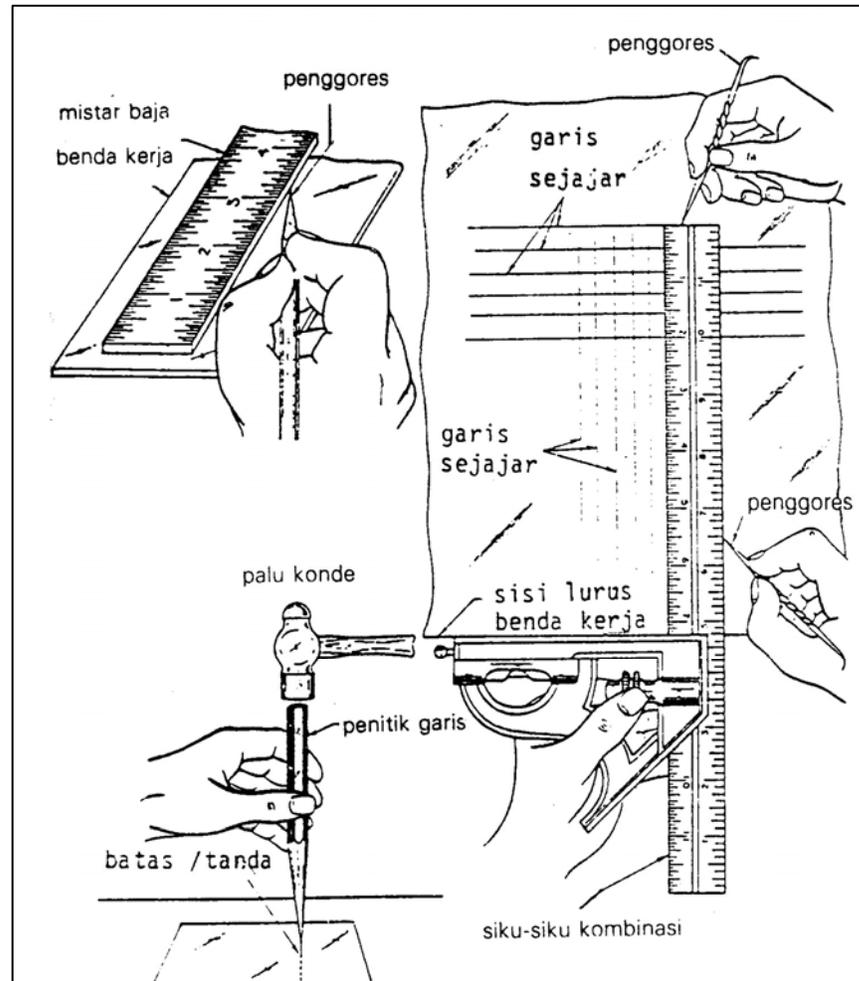
Guna mendapatkan hasil lukisan yang baik dan benar, maka sebelum dilakukan penggambaran atau melukis bahan bakal, hendaknya bahan bakal terlebih dahulu dibersihkan bagian permukaannya, di mana lukisan akan dibuat. Bahan bakal yang diambil dari gudang penyimpanan bahan biasanya mengandung banyak kotoran seperti; karat, minyak dan kotoran lainnya. Pembersihan permukaan bahan bakal biasanya dengan menggunakan kikir kasar, sehingga permukaan bahan bakal menjadi putih bersih dan siap untuk dilakukan pekerjaan melukis dan menandai. Dengan telah bersihnya permukaan bahan bakal (salah satu permukaannya), maka bahan bakal tersebut telah siap untuk dikerjakan.

Pertama-tama persiapkan terlebih dahulu gambar kerja, bahan-bahan pelabur, alat-alat bantu untuk melukis dan menandai. Setelah semua bahan dan alat untuk keperluan melukis dan menandai, maka dapat memulai pekerjaan melukis dan menandai. Untuk mendapatkan gambar dan lukisan yang jelas pada bahan bakal, maka bagian yang telah dibersihkan terlebih dahulu dilabur dengan menggunakan zat pewarna khusus, atau menggunakan kapur berwarna yang telah dibasahi.



Gambar 5.129. Memberikan pewarna pada permukaan benda kerja

Setelah pewarna menjadi kering, barulah dimulai membuat lukisan data gambar benda kerja yang akan dikerjakan, baik akan dikerjakan dengan mesin maupun akan dikerjakan dengan alat-alat tangan. Perlu diingat pembuatan garis-garis gambar hanya dilakukan satu kali, untuk itu perlu berhati-hati dalam menentukan titik atau pembuatan garis.



Gambar 5.130. Melakukan pekerjaan menggaris dan menitik

5.3. Rangkuman

Mengukur suatu benda kerja merupakan keterampilan yang harus dimiliki oleh seorang yang bergelut di bidang keteknikan khususnya mekanikal. Iapun harus terampil dalam pengoperasian berbagai macam alat ukur. Dalam ilmu keteknikan terdapat 2 sistem pengukuran populer yang dianut, yaitu metrik dan inchi. Sekitar 90% negara-negara di seluruh dunia menggunakan sistem metrik ini. Sistem metrik ini sering juga disebut dengan Satuan Internasional (SI). Ukuran dasar untuk satuan panjang sistem metrik ini adalah meter dengan bagian-bagian panjang yang lebih kecil diberikan milimeter (mm), seterusnya sentimeter (cm), desimeter (dm) dan meter (m). Ukuran yang lebih besar dari meter adalah dekameter (dam), hektometer (hm) dan kilometer (km).

Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang akurat maka peralatan ukur, cara memegang alat ukur, dan cara melakukan pengukuran harus benar-benar diketahui secara baik. Tiap alat ukur memiliki tingkat ketelitian yang berbeda-beda. Seperti vernier caliper (mistar insut), dan vernier high gauge memiliki ketelitian 0,05 mm; 0,02 mm. Bahkan ada juga terdapat alat ukur yang memiliki ketelitian sampai 0,001 mm; 0,002 mm seperti mikrometer dan dial indikator. Ketiga alat tersebut termasuk kategori alat ukur presisi.

Melukis dan menandai adalah suatu pekerjaan yang dilakukan sebelum teknisi/pekerja melakukan pekerjaan atau membuat benda kerja. Tujuan dari melukis dan menandai adalah membuat bentuk atau gambar benda kerja yang akan dibuat pada bahan belum jadi atau bakal. Bahan-bahan bakal setelah diberi gambar kemudian garis-garis gambar tersebut ditandai dengan menggunakan alat penanda serta alat pelukis. Maksud ditandai ialah agar pada waktu mereka bekerja gambar kerja pada bahan bakal yang dikerjakan tidak hilang, sebab gambar kerja pada bahan bakal merupakan pedoman bagi para pekerja dalam melakukan pemotongan atau proses pengerjaan benda kerja.

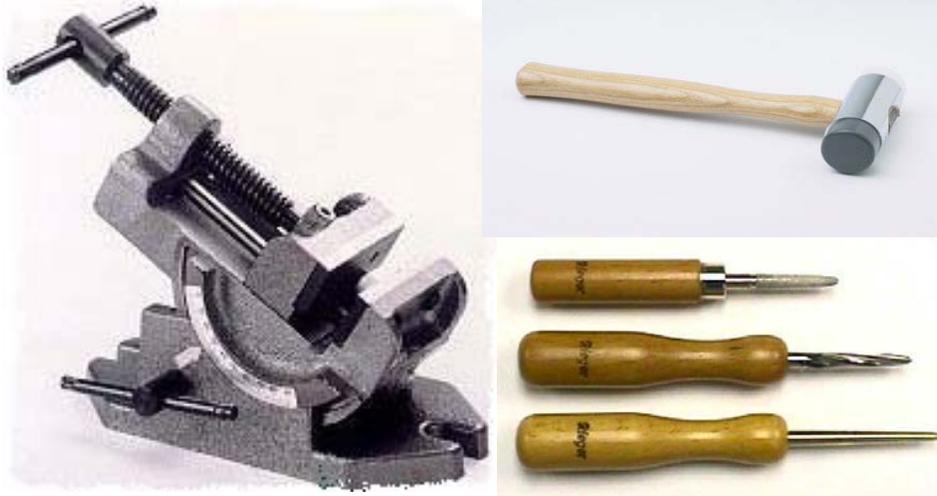
Dengan dilaksanakannya pembuatan gambar pada bahan bakal, maka sudah ditetapkan di mana bahan harus dibuang, di mana lobang akan dibuat, dan sudah jelas bentuk benda kerja yang dibuat. Untuk pembuatan gambar dan menandai gambar tersebut digunakan beberapa alat bantu gambar dan alat bantu penanda seperti : mistar baja, jangka, palu, penitik, alat-alat ukur, meja perata, dan penggaris. Dalam pelaksanaan pembuatan gambar dan pelaksanaan penandaan, maka teknisi/pekerja yang melakukannya harus benar-benar menguasai bahasa gambar dan terampil dalam menggunakan alat-alat bantu tersebut.

5.4. Soal Latihan

1. Sebutkanlah 2 sistem pengukuran yang sering digunakan dalam ilmu bidang keteknikan, satuan apakah yang digunakan?
2. Suatu benda kerja diukur panjangnya dengan menggunakan mistar baja dan vernier caliper, manakah yang lebih tinggi tingkat ketelitian dari kedua alat tersebut? Kenapa demikian?
3. Untuk melakukan pengukuran dengan menggunakan mikrometer, maka kita harus mengkalibrasi alat tersebut. Apakah definisi pengertian dari kalibrasi tersebut? Dan apa tujuannya kita melakukan kalibrasi?
4. Jelaskanlah langkah-langkah yang harus dilakukan untuk mengkalibrasi mikrometer!
5. Jelaskanlah perbedaan dari alat ukur vernier caliper analog, vernier caliper dengan indikator dan vernier caliper digital?
6. Pengukuran apa sajakah yang dapat dilakukan dengan menggunakan dial indikator? Berapakah tingkat ketelitian dari alat tersebut?
7. Sebutkanlah alat ukur apa saja yang termasuk golongan alat ukur langsung dan alat ukur tidak langsung!
8. Dalam melakukan pengeboran kita sering menggunakan klem C yang berfungsi untuk mengikat benda kerja, kenapa harus demikian?
9. Sebutkanlah alat apa saja yang termasuk kategori alat untuk melukis dan menandai!
10. Pada beberapa alat ukur dan alat untuk melukis serta menandai terdapat beberapa bagian yang dikartel (lihat pada contoh gambar di atas!). Jelaskanlah apa tujuannya bagian yang dikartel tersebut!

BAB. 6

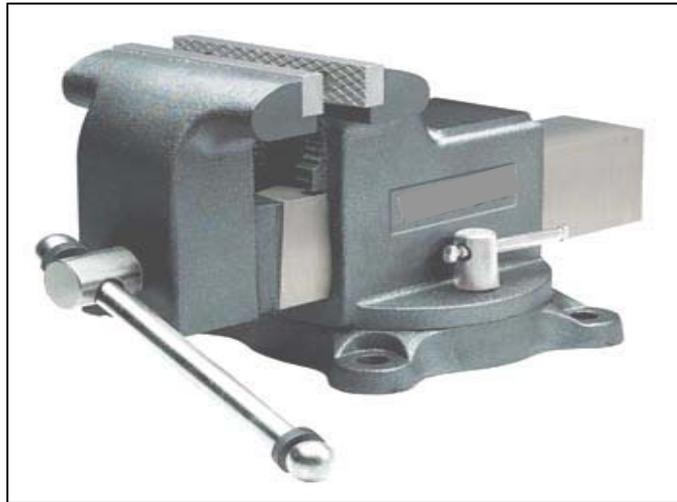
PERKAKAS TANGAN DALAM



Semua teknisi yang bekerja pada bengkel kerja mesin harus dapat menggunakan semua peralatan tangan yang ada di bengkel baik berupa perkakas mesin maupun perkakas tangan. Hal ini penting karena masing-masing perkakas mempunyai kelebihan dan kekurangan. Pada dasarnya manusia dapat bekerja dengan mudah, aman dan dapat menghasilkan benda kerja yang baik. Pada bab ini akan dibicarakan berbagai macam alat perkakas pada proses pembentukan disertai dengan cara penggunaannya.

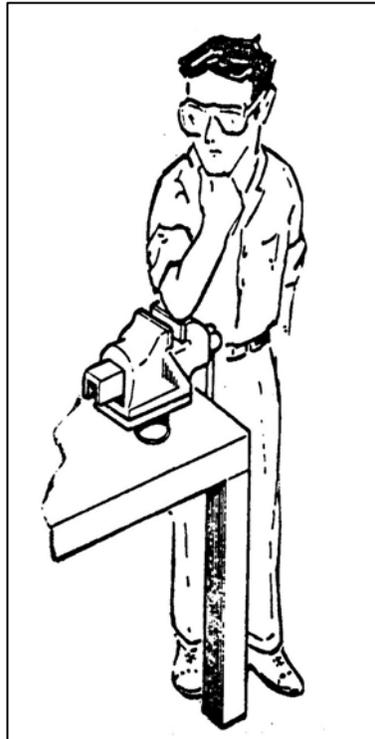
6.1. Ragum

Ragum berfungsi untuk menjepit benda kerja secara kuat dan benar, artinya penjepitan oleh ragum tidak boleh merusak benda kerja. Dengan demikian ragum harus lebih kuat dari benda kerja yang dijepitnya. Untuk menghasilkan penjepitan yang kuat maka pada mulut ragum/rahangnya dipasangkan baja berigi sehingga benda kerja dapat dijepit dengan kuat. Rahang-rahang ragum digerakkan oleh batang ulir yang dipasangkan pada rumah ulir. Apabila batang ulir digerakkan/diputar searah jarum jam, maka rahang ragum akan menutup, tetapi bila diputar berlawanan dengan arah jarum jam maka rahang ragum akan membuka.



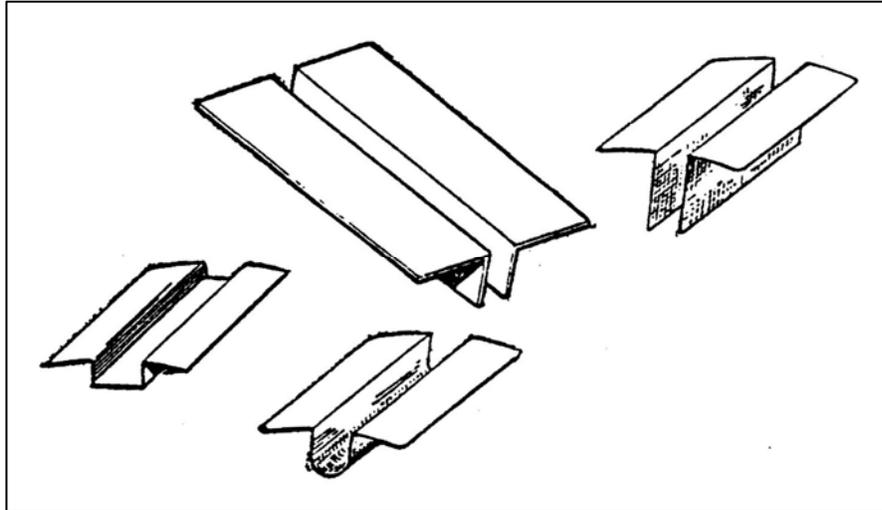
Gambar 6.1. Ragum
(www.fanstool.com)

Pemasangan ragum pada meja kerja harus disesuaikan dengan tinggi pekerja yang akan bekerja. Sebagai patokan adalah apabila ragum dipasang pada meja kerja, maka tinggi mulut ragum harus sebatas siku dari pekerja pada posisi berdiri sempurna.



Gambar 6.2. Tinggi pemasangan ragum pada meja

Dalam penjepitan benda kerja tidak diharapkan permukaan benda kerja mengalami kerusakan atau cacat karena jepitan rahang ragum. Guna mengatasi hal itu, maka pada saat melakukan penjepitan benda kerja dengan ragum hendaknya rahang ragum dilapisi dengan pelapis. Pelapis tersebut terbuat dari bahan yang lunak seperti baja lunak, pelat tembaga, karet pejal dan pelat seng yang tebal.

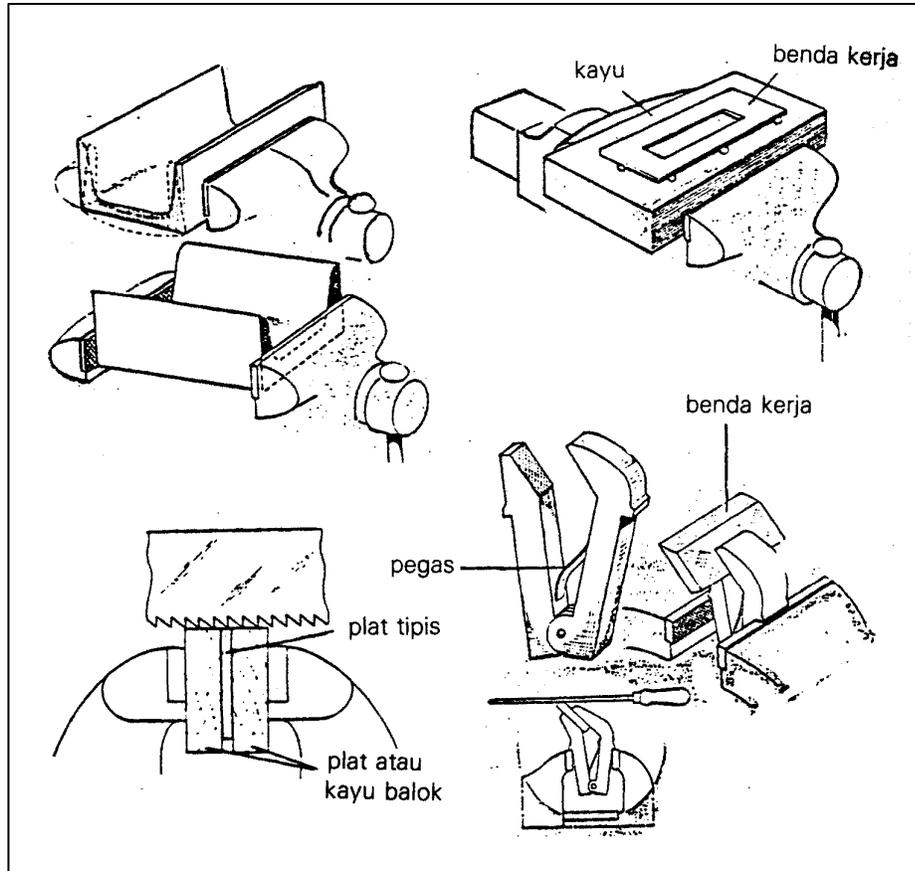


Gambar 6.3. Pelapis rahang ragum

Batang ulir dan rumah ragum harus selalu diperiksa dari proses pelumasan. Pada ditinggalkan rahang ragum harus selalu dalam keadaan tertutup. Ragum bukanlah merupakan landasan sehingga tidak diperkenankan untuk melakukan pemukulan benda kerja dengan dengan ragum sebagai landasan.

Hal-hal yang perlu diperhatikan atau yang perlu dipedomani dalam penjepitan benda kerja pada ragum adalah sebagai berikut:

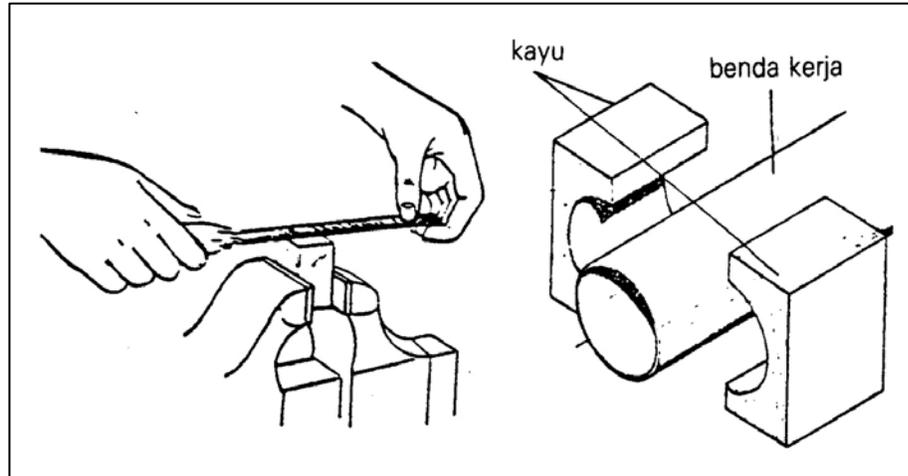
- Gunakan pelapis rahang ragum untuk mencegah benda kerja agar tidak rusak permukaannya.
- Penjepitan benda kerja harus rata, artinya permukaan benda kerja yang keluar dari rahang ragum harus lurus dan sejajar dengan rahang ragum.
- Untuk penjepitan benda kerja yang berlubang seperti pipa yang tipis digunakan bahan tambahan lain yang dimasukkan ke dalam pipa, sehingga pipa yang dijepit tidak akan mengalami kerusakan/berubah bentuk.
- Untuk penjepitan benda kerja yang tipis (pelat tipis) gunakan landasan dari kayu. Landasan tersebut dijepit pada rahang ragum.



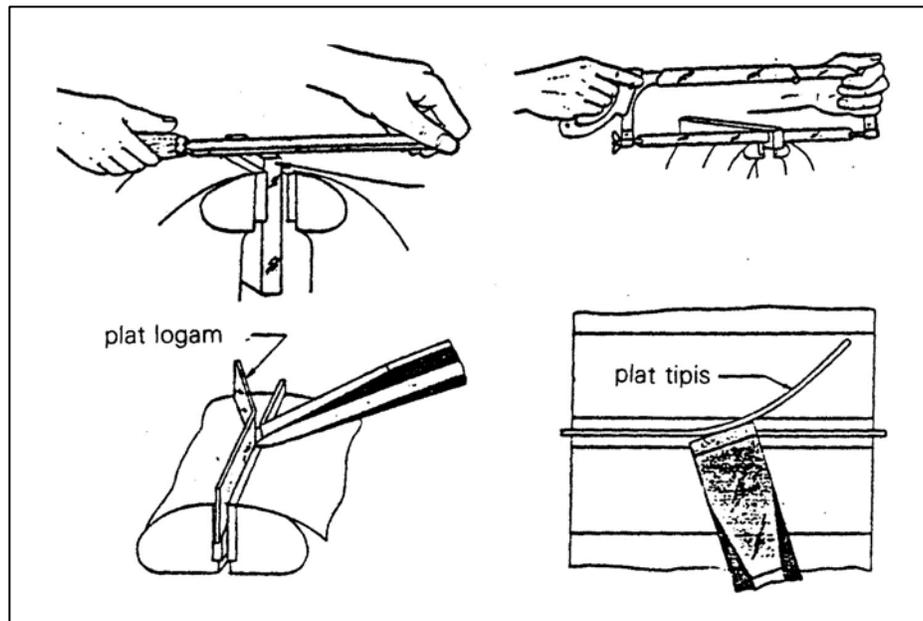
Gambar 6.4. Cara penjepitan beberapa jenis bahan benda kerja.

Ketinggian pemasangan ragum pada meja kerja sangat berpengaruh dalam pelaksanaan pekerjaan. Sebagai pedoman pengaturan tinggi rendahnya penjepitan benda kerja pada ragum adalah sebagai berikut:

- Untuk pekerjaan yang tidak memerlukan gaya yang besar seperti pada pekerjaan akhir, benda kerja dapat di jepit lebih tinggi, artinya permukaan benda kerja yang keluar dari rahang ragum lebih tinggi
- Untuk pekerjaan yang memerlukan gaya yang besar seperti memahat, menggergaji, mengikir, mengetap dan menyenai maka kedudukan benda kerja harus serendah mungkin berada di atas rahang ragum.
- Untuk penjepitan pipa-pipa sebaiknya digunakan pelapis rahang, di mana bentuk pelapis rahang tersebut hendaknya masing-masing berbentuk setengah lingkaran. Bahan pelapis biasanya bisa dari kayu atau dari bahan yang lunak sehingga tidak akan merusak penampang pipa.



Gambar 6.5. Pengikatan benda kerja pada ragum



Gambar 6.6. Posisi penjepitan benda kerja pada ragum

6.2. Palu (*Hammer*)

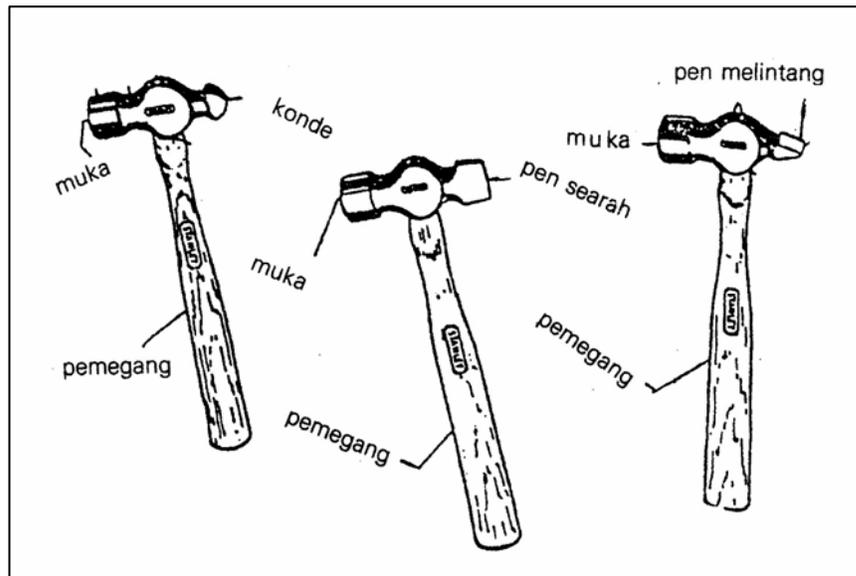
Palu merupakan alat tangan yang sudah yang lama ditemukan orang dan sudah sejak lama dipergunakan dalam bengkel dalam seluruh kegiatan pekerjaan umat manusia. Ukuran palu ditentukan oleh berat dari kepala palu, seperti palu 250 gr, 500 gr, 1000 gr dan bahkan palu

dengan berat 10 kg. Dengan demikian pemakaian palu sangat bervariasi sesuai dengan jenis kegiatan pekerjaan.

Jenis palu dapat dibagi dua yaitu palu keras dan palu lunak. Palu keras adalah palu yang kepalanya terbuat dari baja dengan kadar karbon sekitar 0,6%. Proses pembuatannya adalah dengan jalan ditempa, kemudian dikeraskan pada bagian permukaannya agar menjadi keras. Pemakaian palu keras pada bengkel kerja bangku atau bengkel kerja mesin adalah sebagai pemukul pada kerja memotong dengan pahat, menempa dingin, pada pekerjaan assembling/perakitan, membengkokkan benda kerja, membuat tanda dan pekerjaan pemukulan lainnya.

6.2.1. Palu Keras

Jenis palu keras yang umum dipakai pada bengkel kerja bangku dan kerja mesin adalah jenis palu keras yaitu palu konde (*ball pein hammer*), palu pen searah (*straight pein hammer*), dan palu pen melintang (*cross pein hammer*).



Gambar 6.7. Palu keras

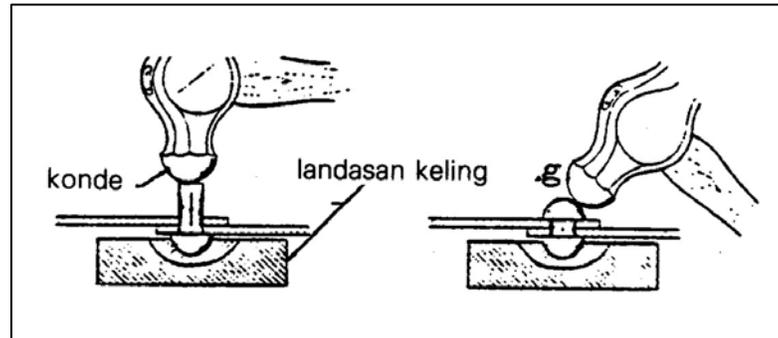
6.2.2. Kegunaan masing-masing bagian dari palu keras

❖ Kepala Batu

Bagian permukaan kepala batu dipergunakan sebagai landasan pemukulan benda kerja. Ketiga jenis palu kegunaan permukaan palu adalah sama

❖ **Konde**

Pada palu konde, fungsi konde adalah untuk membentuk lengkungan atau untuk pengelingan.



Gambar 6.8. Mengeling dengan palu konde

❖ **Pen Searah**

Pen searah pada palu pen searah digunakan untuk meratakan sambungan pada pekerjaan pelat, serta merapatkan sudut-sudut yang letaknya searah.

❖ **Pen Melintang**

Pen melintang pada palu pen melintang digunakan untuk merapatkan bagian sisi atau sudut yang letaknya melintang.

❖ **Pemegang palu/Tangkai Palu**

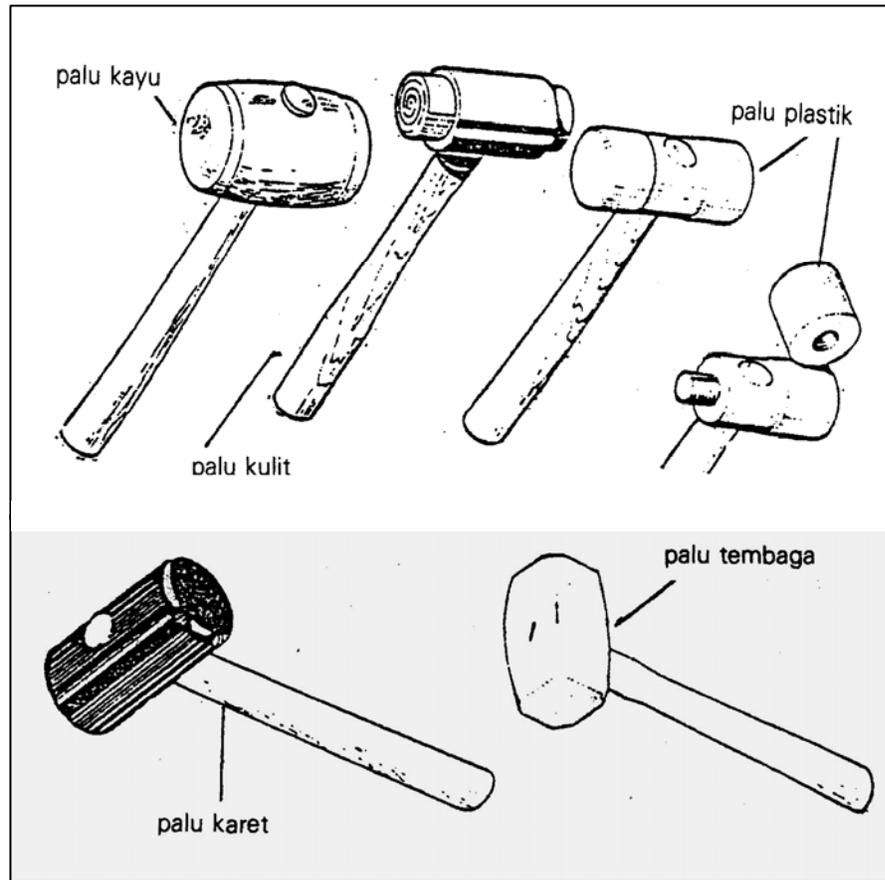
Pemegang palu adalah berfungsi sebagai pemegang kepala palu sehingga momen pemukulan yang dihasilkan menjadi lebih besar. Bahan pembuat tangkai palu adalah dari bahan keras, sehingga tidak mudah patah.

6.2.3. Palu Lunak

Disebut palu lunak, karena permukaan kepala palu terbuat dari bahan lunak seperti plastik, karet, kayu, tembaga, timah hitam, dan kulit. Palu lunak biasanya digunakan sebagai alat bantu pada pekerjaan pemasangan benda kerja pada mesin frais, skrap dan merakit benda kerja pada bengkel perakitan. Di samping itu juga banyak digunakan pada bengkel kerja pelat, bengkel listrik dan bengkel pipa.

Tidak semua kepalanya terbuat dari bahan lunak, tetapi bagian permukaan kepala semuanya lunak. Sebagai contoh palu plastik bagian kepalanya sebagian terbuat dari logam, kemudian bagian permukaannya terbuat dari plastik, sehingga apabila plastiknya sudah rusak dapat diganti dengan yang baru. Palu

lunak dari bahan kayu, seluruh bagiannya adalah terbuat dari kayu.



Gambar 6.9. Palu lunak

6.3. Tang (plier)

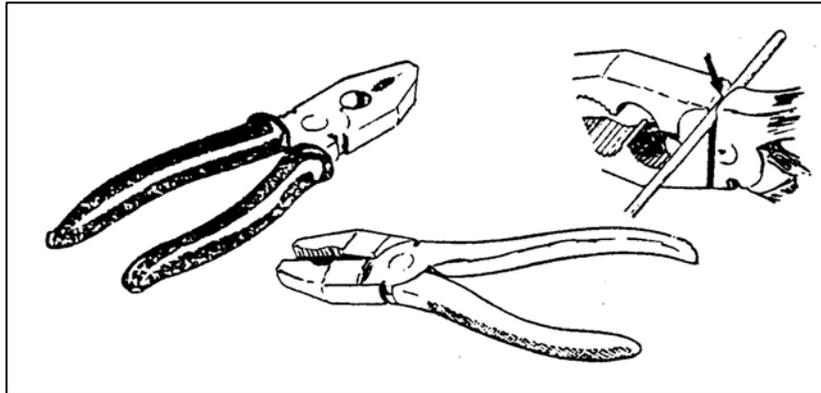
Hampir semua bengkel menggunakan tang, karena alat ini di samping harganya murah juga mempunyai kegunaan yang sangat besar. Bahkan hampir semua rumah tangga mempunyai tang guna keperluan hidup mereka sehari-hari.

Tang dibuat beberapa jenis dengan ukuran yang berbeda-beda sesuai dengan kebutuhan.

6.3.1. Tang kombinasi

Tang kombinasi ini sangat banyak digunakan, baik dalam bengkel maupun dalam kehidupan rumah tangga. Kegunaan tang ini adalah dapat digunakan untuk memotong, membengkokkan dan menarik atau memegang benda kerja.

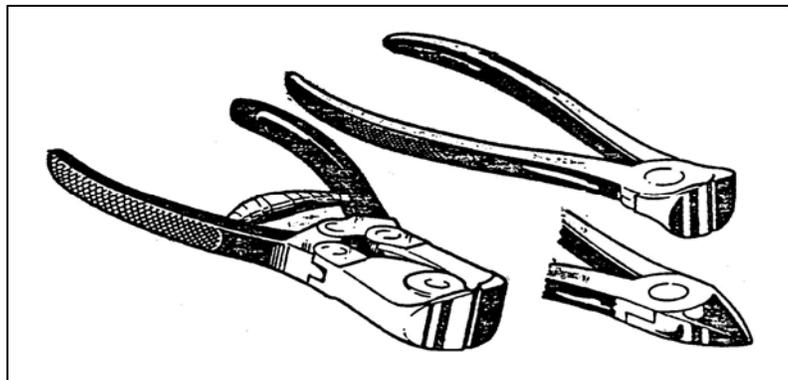
Ukuran dari tang ini bervariasi dari 10 cm sampai 25 cm. dengan demikian pekerjaan yang bisa ia lakukan juga bervariasi dari pekerjaan ringan sampai pekerjaan setengah berat.



Gambar 6.10. Tang kombinasi

6.3.2. Tang potong

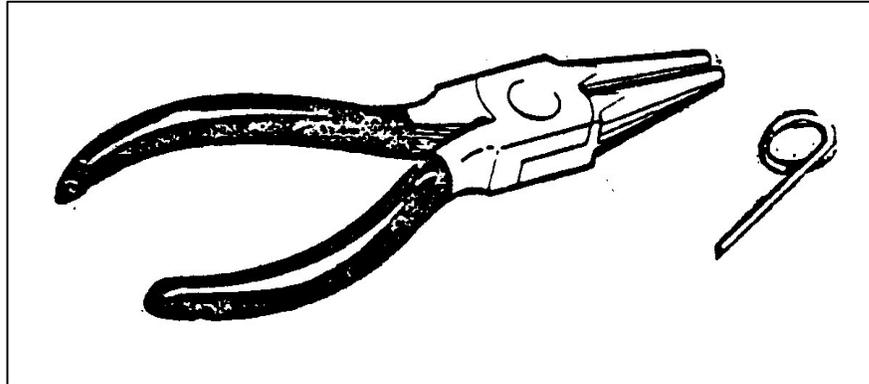
Tang potong sesuai dengan namanya adalah untuk memotong bahan-bahan kawat baja ukuran diameter yang kecil. Di samping itu juga dapat digunakan sebagai pemotong kabel-kabel tembaga sehingga ia banyak digunakan pada bengkel listrik.



Gambar 6.11. Tang potong

6.3.3. Tang pembulat

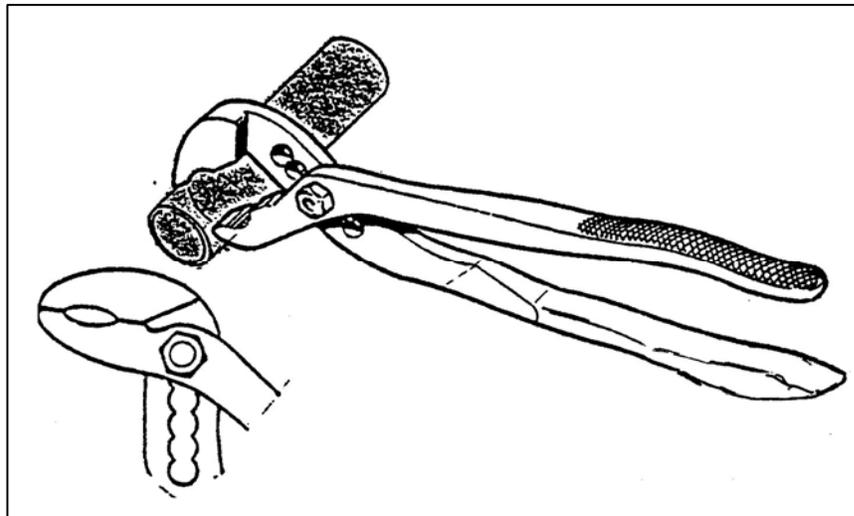
Sesuai dengan namanya tang pembulat digunakan untuk membuat lingkaran atau radius pada benda kerja yang tipis atau kawat dengan diameter yang kecil. Bentuk rahang-rahang dari tang ini adalah bulat, halus dan tirus.



Gambar 6.12. Tang pembulat

6.3.4. Tang pipa

Tang ini digunakan untuk memegang benda kerja yang berpenampang bulat. Pembukaan rahangnya dapat diperbesar sesuai dengan kebutuhan pekerjaan.



Gambar 6.13. Tang pipa

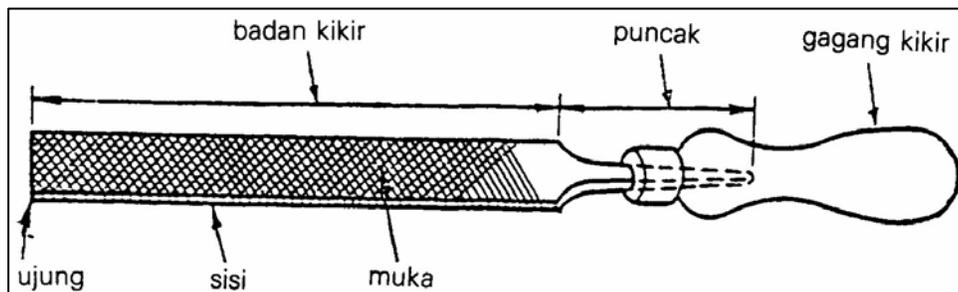
6.4. Kikir

Peralatan utama dalam bengkel kerja bangku adalah kikir, karena hampir semua pekerjaan pada bengkel kerja bangku dikerjakan dengan menggunakan kikir. Bahan untuk membuat kikir adalah baja karbon tinggi, di mana kandungan karbon pada baja jenis ini adalah kurang 0,7 sampai 0,8%.

Pemakaian kikir pada bengkel kerja bangku adalah untuk menyayat permukaan bahan benda kerja sedikit demi sedikit, sehingga dapat dihasilkan permukaan benda kerja yang halus. Dikarenakan bentuk benda kerja yang semakin hari semakin kompleks, maka dibuatlah bermacam bentuk kikir, sehingga semua jenis pembuatan bentuk-bentuk benda kerja dapat dilayani oleh kikir sebagai peralatan pemotongan. Di samping itu dengan semakin banyaknya jenis bahan untuk pembuatan benda kerja maka dibuatlah berbagai jenis kikir dengan berbagai macam bahan untuk memproduksinya. Agar semua jenis bahan dapat dipotong dengan menggunakan jenis kikir berdasarkan untuk pembuatannya. Pemakaian kikir pada bengkel kerja bangku adalah sangat luas, yaitu dari pekerjaan awal/kasar sampai pekerjaan akhir atau finishing. Berbagai bentuk atau penampang permukaan yang rata sampai bentuk bulat/radius dan bentuk sejajar dapat dikerjakan dengan kikir.

Untuk mendapatkan pisau potongnya maka permukaan kikir dicacah dengan pisau yang keras dan tajam.

6.4.1. Bagian-bagian utama kikir

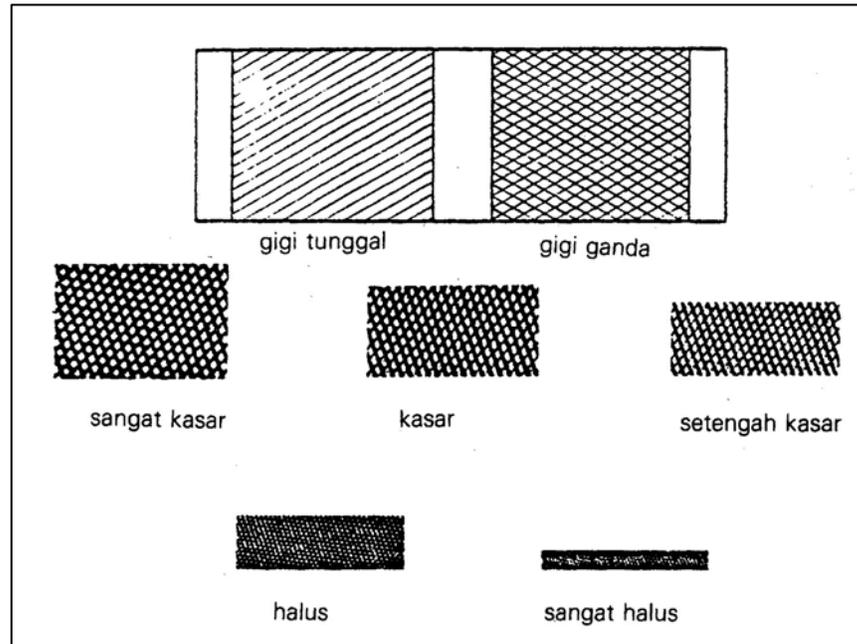


Gambar 6.14. Kikir dan nama bagian-bagiannya

6.4.2. Jenis Gigi Kikir

Kikir dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis berdasarkan pada jenis gigi pemotongnya, yaitu kikir bergigi tunggal dan kikir bergigi kembar/dua. Kikir dengan gigi potong tunggal digunakan untuk pemotongan benda kerja secara halus. Artinya pemotongan tidak dapat dilaksanakan secara tepat, tetapi hasil pengikiran pada permukaan benda kerja menjadi lebih halus. Kikir bergigi tunggal arah gigi pemotongnya diagonal terhadap permukaan kikir. Kikir dengan dua gigi pemotong yang saling bersilangan dapat melakukan pemotongan secara cepat, tetapi hasil pengikirannya kasar. Jadi kikir ini sangat cocok untuk pekerjaan pendahuluan atau pekerjaan kasar, sedangkan kikir dengan gigi pemotong tunggal digunakan untuk pekerjaan akhir atau *finishing*. Ditinjau dari sifat kekasaran gigi pemotongnya

maka kedua jenis kikir ini juga mempunyai lima sifat kekasaran yaitu sangat kasar, kasar, sedang, halus dan sangat halus.



Gambar 6.15. Jenis gigi pemotong kikir

6.4.3. Macam-macam kikir

Telah dijelaskan sebelumnya bahwa dengan semakin kompleknya bentuk benda kerja, maka peralatan untuk membuatnya juga semakin banyak dibuat. Dalam bengkel kerja bangku kita mengenal beberapa macam kikir, di mana masing-masing kikir tersebut mempunyai kegunaan masing-masing.

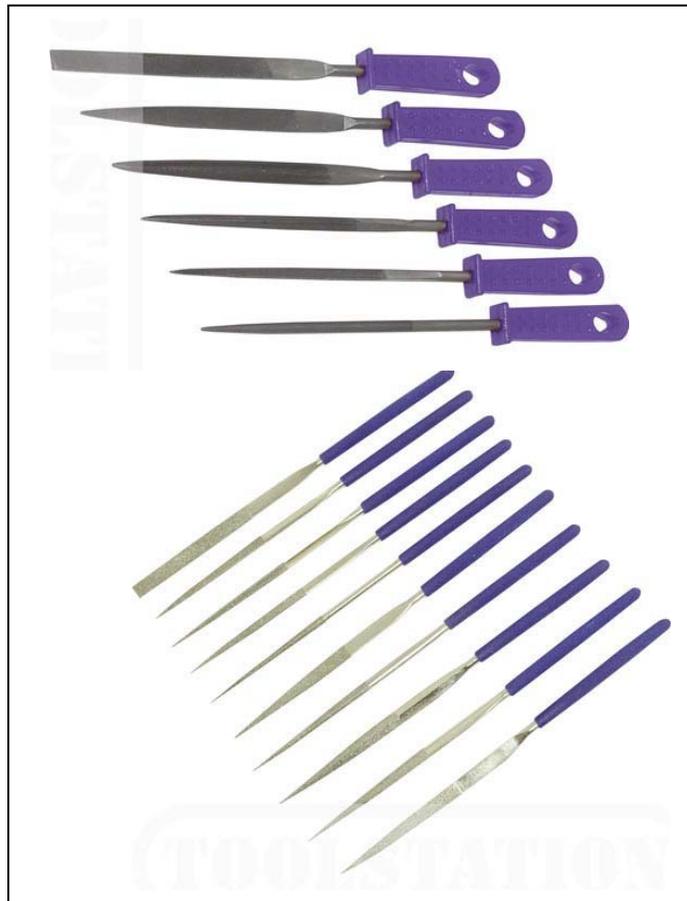
- **Kikir rata**



Gambar 6.16. Kikir Rata

- **Kikir Instrumen**

Disebut kikir instrumen karena bentuk kikir ini sangat kecil dibandingkan dengan ukuran kikir pada umumnya dan karena pemakaiannya biasanya untuk pengikiran benda-benda kerja yang kecil atau instrumen dari suatu peralatan. Kikir instrumen ini tersedia dalam satu set yang berisi semua bentuk atau macam-macam kikir yaitu kikir datar, kikir segi tiga, kikir segi empat, kikir bulat, kikir setengah bulat dan pisau. Gigi-gigi pemotongnya juga sama dengan kikir pada umumnya yaitu berigi tunggal dan bergigi ganda.



Gambar 6.17. Macam Kikir Instrumen

6.4.4. Tingkat kekasaran gigi pemotong kikir

Ada lima tingkat kekasaran dari gigi-gigi pemotong kikir seperti telah dijelaskan sebelumnya. Masing-masing kikir dengan tingkat kekasarannya mempunyai kegunaan masing-masing, yaitu:

- Kikir sangat kasar digunakan untuk pemotongan secara cepat sehingga ia digunakan untuk pemotongan pendahuluan. Hasil pengikiran kasar, tidak halus.
- Kikir kasar digunakan untuk pemotongan awal, tanpa memperhitungkan kehalusan permukaan benda kerja.
- Kikir sedang digunakan untuk menghaluskan permukaan setelah dikikir dengan menggunakan kikir kasar atau kikir sangat kasar sebelum dikerjakan dengan menggunakan kikir halus.
- Kikir halus digunakan untuk pengikiran pada pekerjaan akhir/finishing di mana kehalusan permukaan benda kerja sangat diperlukan
- Kikir sangat halus digunakan untuk pekerjaan finishing terutama untuk benda kerja dengan ketelitian yang tinggi.

6.4.5. Cara memegang kikir

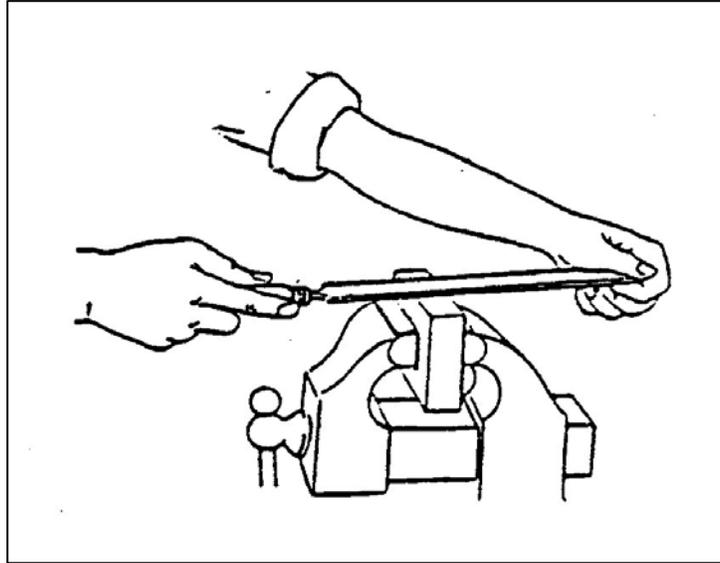
Pekerjaan pengikiran akan berhasil dengan baik apabila para pekerja mengetahui tentang jenis kikir yang harus digunakan sesuai dengan bahan yang akan dikerjakan, cara menjepit benda kerja yang benar, cara memegang kikir yang benar. Cara memegang kikir yang salah dapat mengakibatkan cepat merasa lelah, sehingga pekerjaan menjadi lambat atau kalau ditinjau dari segi ekonomisnya tidak menguntungkan. Rasa lelah kemungkinan akan dapat menimbulkan kecelakaan kerja, sebab dengan rasa lelah konsentrasi pekerja menjadi menurun. Dengan menurunnya konsentrasi, maka kecelakaan kerja akan mudah terjadi. Cara memegang kikir yang benar adalah:

- Tangkai kikir harus dipegang dengan tangan kanan dengan ibu jari berada di atas tangkai kikir, sedangkan jari telunjuk mengikuti panjang tangkai kikir



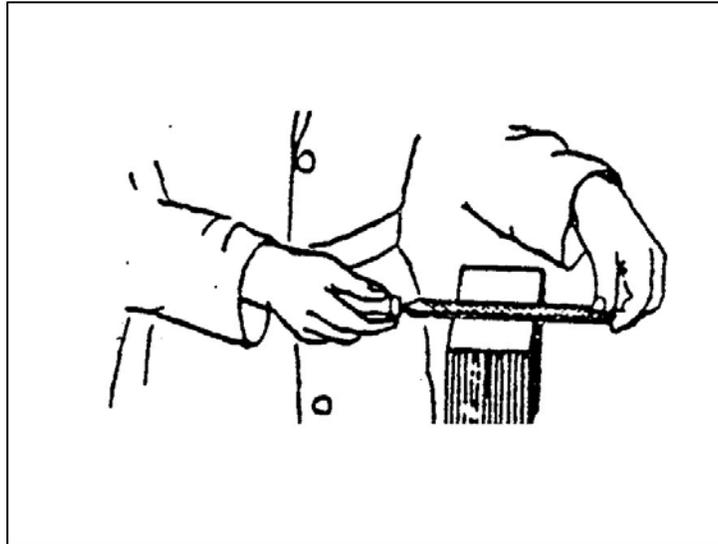
Gambar 6.18. Cara memegang tangkai kikir

- Untuk pengikiran/pekerjaan yang berat, maka tangan kiri (telapak tangan) diletakkan pada ujung kikir dengan jari-jari tangan menjepit ujung kikir. Fungsinya adalah agar pemakanan/pemotogan bahan oleh kikir bisa lebih besar dan kelurusan permukaan bisa terjaga



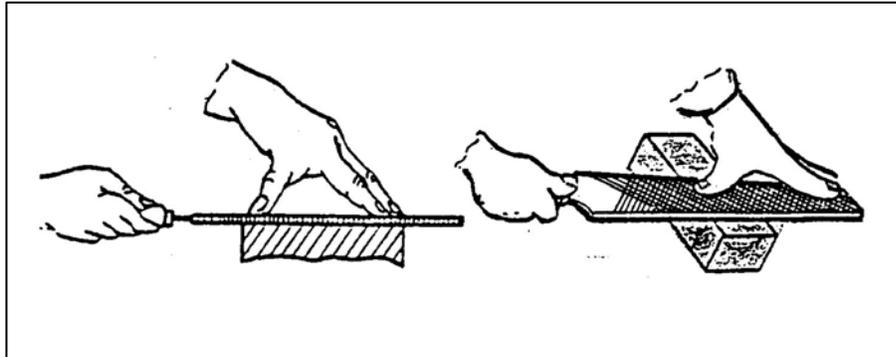
Gambar 6.19. Mengikir kasar/pengikiran awal

- Untuk pelaksanaan pengikiran yang ringan, jari-jari tangan kiri dapat diletakkan pada ujung kikir dan ia berfungsi sebagai penyeimbang.



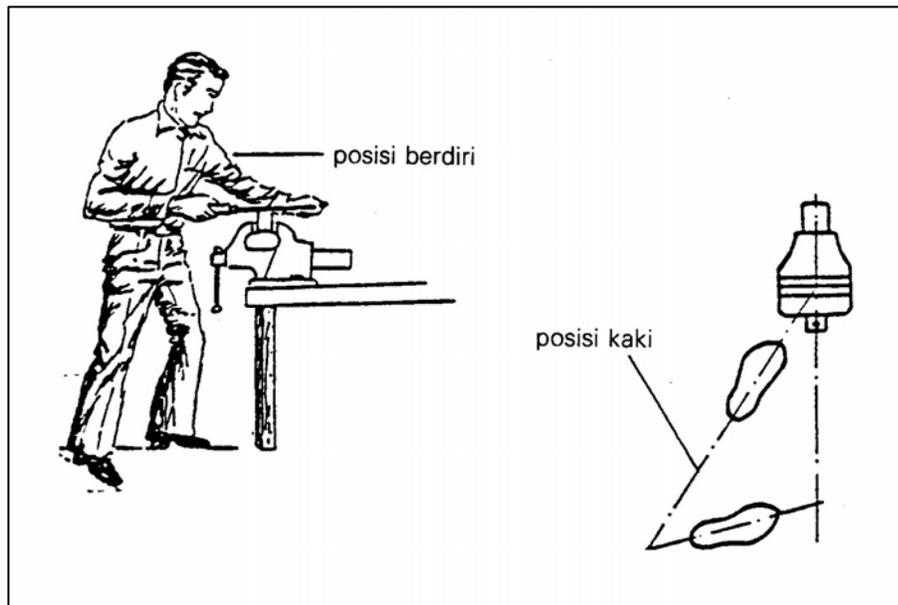
Gambar 6.20. Pengikiran ringan

- Pada pengikiran benda kerja yang tipis, ujung ibu jari tangan kiri diletakkan pada permukaan kikir dekat dengan tangkai kikir. Sedangkan ujung jari yang lainnya menekan kikir bagian ujung atau jari-jari tangan menekan permukaan kikir.



Gambar 6.21. Pengikiran benda kerja tipis.

- Pada pelaksanaan pengikiran posisi badan agak condong ke depan dan posisi kaki kiri berada di depan kaki kanan kira-kira membentuk sudut 60° .



Gambar 6.22. Posisi badan dan kaki saat pengikiran

6.4.6. Cara mengikir

Pekerjaan mengikir dapat dilakukan oleh semua orang tetapi tidak selalu semua orang dapat menghasilkan benda kerja yang baik, sesuai dengan standar pengerjaan yang diharapkan. Pekerja yang tidak mengetahui cara mengikir dan belum pernah mengetahui atau melakukan pekerjaan mengikir maka ia akan mengalami kesulitan untuk melakukannya. Semua orang tahu bahwa pekerjaan mengikir memerlukan tenaga dan di samping itu juga memerlukan ketrampilan tinggi. Cara mengikir yang

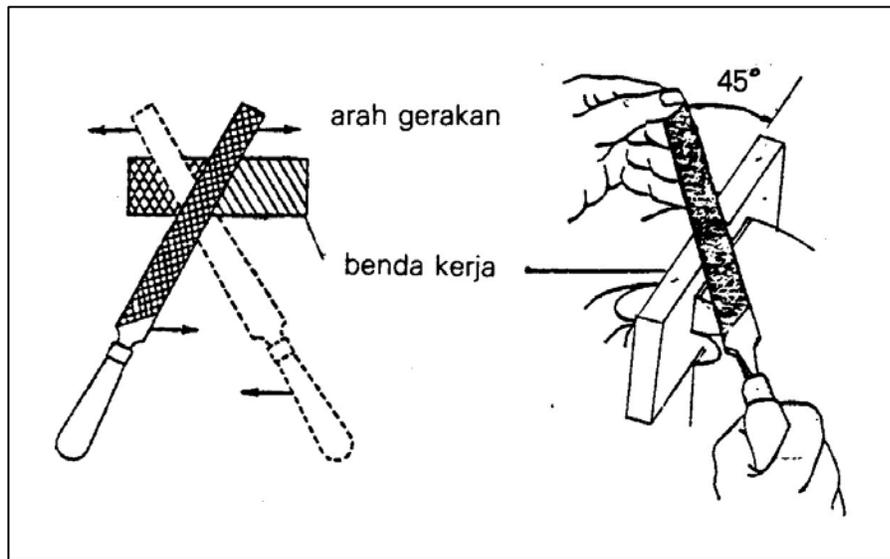
salah dapat merusak benda kerja dan mengakibatkan kelelahan fisik bagi para pekerja sehingga produktifitasnya menurun. Untuk menghindari hal-hal yang disebutkan di atas, maka pedoman pelaksanaan pengikiran adalah:

- Penekanan dilakukan atau pemberian gaya pada kedua tangan harus sama pada saat melakukan pemakanan atau pemotongan bahan benda kerja
- Pemakanan mata kikir dilakukan pada gerakan maju kikir, sedangkan pada waktu kikir bergerak mundur kikir tidak boleh melakukan pemakanan.
- Letak permukaan kikir/gigi-gigi pemotong harus rata dengan benda kerja pada saat pemakanan sehingga seluruh permukaan kikir atau semua mata potong kikir dapat melakukan pemotongan terhadap bahan benda kerja.
- Untuk pengerjaan benda kerja yang panjang, maka pemakanan dilakukan oleh semua kikir. Sedangkan untuk benda kerja yang pendek pemakanan kikir tidak boleh dilakukan oleh seluruh panjang badan kikir, karena dapat mengakibatkan hasil pengikiran tidak rata. Hal ini diakibatkan oleh pemakanan pada waktu pemakanan tidak seimbang.
- Kecepatan pemakanan hendaknya sekitar 40 sampai 50 langkah untuk setiap menitnya. Tetapi untuk benda kerja yang terbuat dari bahan yang keras, maka kecepatan pemakanan dilakukan pada kecepatan rendah.

Sebagai contoh pelaksanaan pengikiran yang benar adalah sebagai berikut:

- **Mengikir silang**

Mengikir silang dilakukan dengan cara menggerakkan kikir maju arah silang terhadap benda kerja. Gerakan maju dan silang tersebut dilaksanakan secara bersama-sama. Cara mengikir dilakukan pada pemakanan permulaan/pengikiran permulaan, di mana untuk membuang kotoran-kotoran bahan dapat dilakukan secara tepat. Untuk pekerjaan selanjutnya setelah kotoran bahan terbuang dan ukuran mendekati ukuran yang diminta baru dilakukan pengikiran dengan cara yang lain. Kikir yang digunakan untuk melakukan pengikiran dengan cara ini biasanya adalah kikir kasar dengan benda kerja kira-kira 45° dan pelaksanaan pengikiran dilakukan dari arah yang berlawanan.

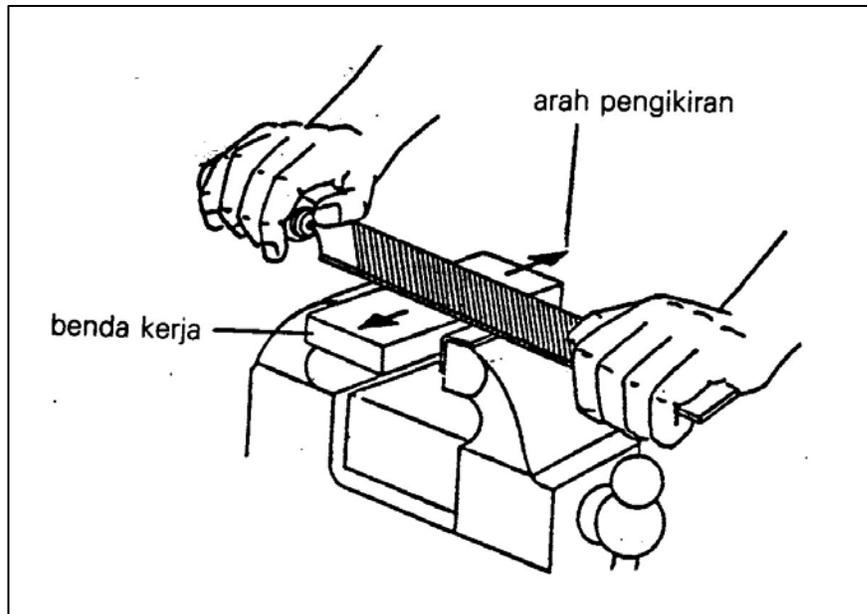


Gambar 6.23. Cara mengikir silang

- **Mengikir searah panjang benda kerja**

Pengikiran dengan cara ini dilakukan pada saat proses pengikiran telah sampai pada tahap finishing atau pengerjaan akhir. Dengan demikian kikir yang digunakan adalah kikir halus dengan mata potong tunggal. Letak permukaan kikir tegak lurus atau melintang terhadap benda kerja. Cara memegang kikir adalah tangan kanan memegang pemegang kikir dengan posisi ibu jari menempel pada tangkai kikir. Tangan kiri memegang ujung kikir dengan ibu jari berada pada sisi kikir dan jari-jari yang lainnya memegang kikir.

Posisi ibu jari kedua tangan adalah mendorong kikir ke depan. Langkah pemakanan kikir adalah pada langkah maju dan langkah mundur kikir bebas artinya tidak melakukan pemakanan. Pada saat langkah penekanan gerakan kikir harus rata agar dapat menghasilkan permukaan bidang yang rata dan halus. Proses pengikiran dengan cara ini tidak dapat dilakukan terlalu lama karena kikir akan menjadi tidak rata, di mana bagian yang selalu melakukan pemakanan akan menjadi cekung sedang bagian yang lainnya tetap rata. Dengan demikian kikir tidak dapat digunakan kembali.



Gambar 6.24. Mengikir searah dengan panjang benda kerja

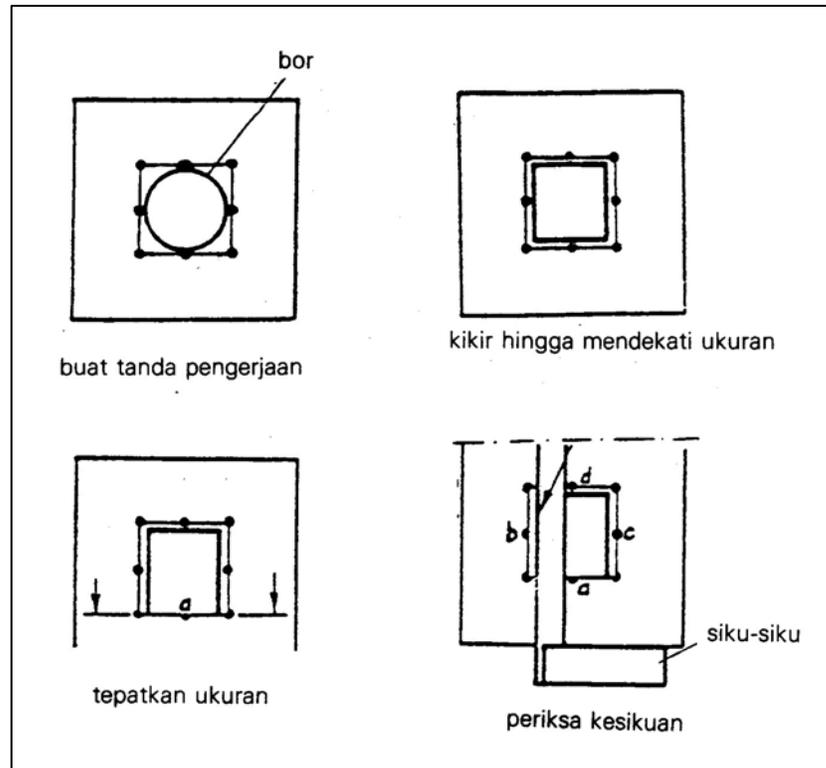
- **Mengikir lubang segi empat**

Mengikir lubang segi empat pada benda kerja adalah pekerjaan yang sulit, karena sisa-sisa pada lubang tersebut harus saling tegak lurus satu sama lainnya. Dengan demikian sisi-sisi tersebut harus saling sejajar.

Cara mengikir lubang segi empat adalah sebagai berikut:

- Tentukan lubang di mana pengikiran akan dilakukan dengan menggunakan penitik garis dan tandai dengan menggunakan penitik pusat. Lubang dibuat dengan menggunakan bor.
- Besar lubang minimum 1 mm lebih kecil dibandingkan dengan ukuran lubang segi empat.
- Lakukan pengikiran dengan menggunakan kikir kasar segi empat.
- Periksa semua sisi jika pengikiran sudah dilakukan
- Lakukan pekerjaan finishing hingga ukuran yang diinginkan tercapai.
- Periksa sekali lagi ukuran dan lubang kesejajaran sisi-sisi lubang segi empat

Perlu diingat bahwa pengikiran dimulai dari satu sisi sebagai basis pengukuran dan setelah satu sisi lurus baru dilanjutkan ke sisi yang lainnya serta selalu menggunakan sisi pertama sebagai basis pengukuran, baik untuk ukuran lubang maupun kesejajaran sisi lubang.

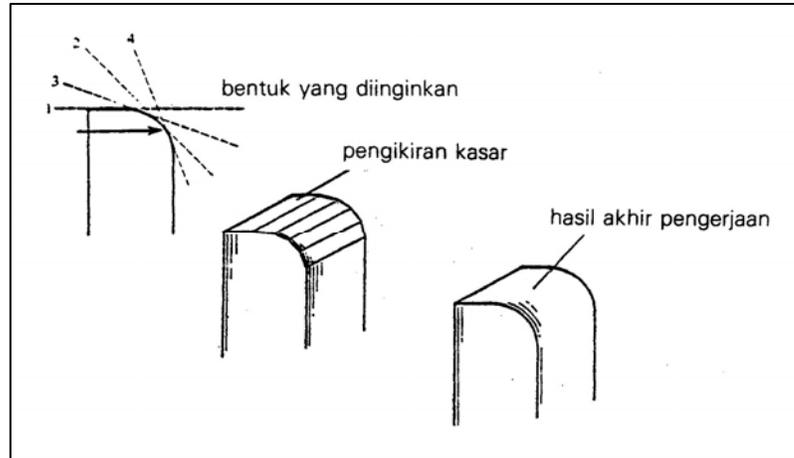


Gambar 6.25. Mengikir lubang segi empat

- **Mengikir radius**

Pembuatan bentuk radius pada benda kerja dapat dilakukan dengan menggunakan kikir. Kikir yang dipergunakan dapat kikir rata ataupun setengah bulat dan kikir bulat. Hal ini tergantung dari jenis bentuk radius yang diminta. Langkah pelaksanaan pengikiran radius adalah sebagai berikut:

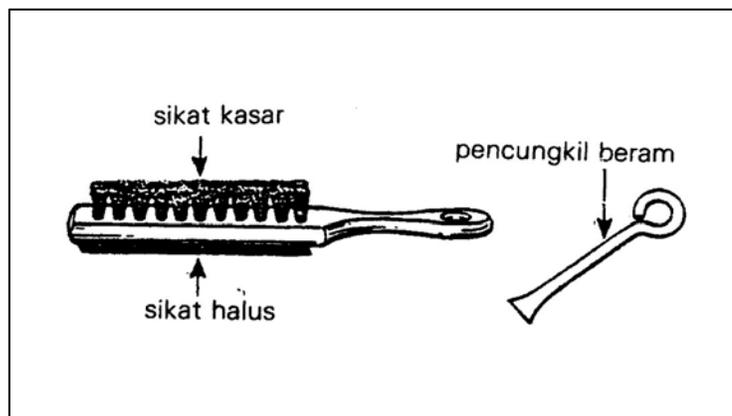
- Buat gambar bentuk radius pada benda kerja
- Tandai dengan menggunakan penitik garis
- Jepit benda kerja pada ragum dengan posisi benda kerja miring sekitar 45° sampai 60° .
- Lakukan pengikiran dengan menggunakan kikir kasar untuk membuang bahan (pemotongan awal). Gerakan pengikiran masih bebas karena langkah ini baru langkah awal.
- Lakukan pembentukan radius luar dengan menggunakan kikir.
- Lakukan secara berulang-ulang sambil selalu diperiksa bentuk radius yang dibuat.



Gambar 6.26. Mengikir radius luar

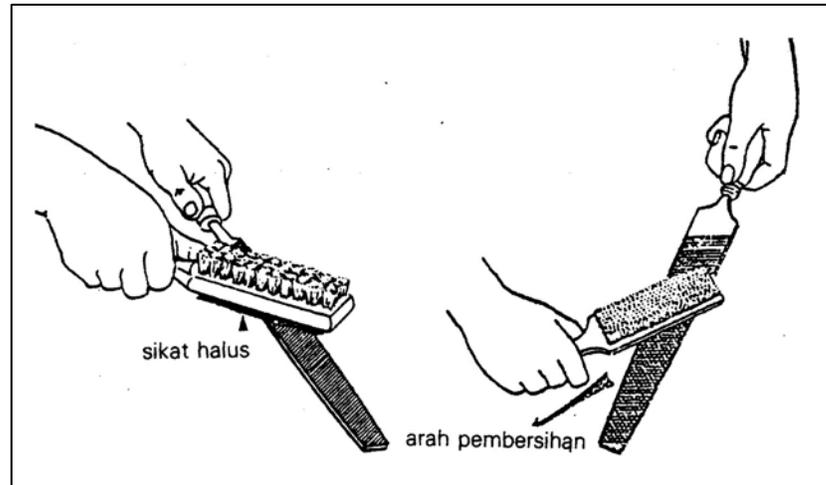
6.4.7. Membersihkan kikir

Pada saat melakukan pengikiran banyak beram hasil pengikiran akan tertinggal pada mata potong kikir atau pada gigi pemotong kikir. Lama kelamaan ruang antara gigi-gigi pemotong kikir menjadi penuh dengan beram yang padat. Hal ini akan berakibat gigi-gigi pemotong kikir tidak dapat melakukan pemotongan bahan sehingga proses pengikiran menjadi tidak efektif. Di samping itu juga dapat merusak gigi-gigi pemotongnya akibat adanya penumpukan beram. Guna menghindari kemungkinan tersebut, maka setiap saat hendaknya beram-beram yang tertahan pada gigi-gigi pemotong kikir selalu dibuang dengan menggunakan sikat kikir atau peralatan khusus lainnya. Apabila digunakan sikat kikir maka pilihlah sikat kikir dengan bahan kuningan sehingga tidak akan merusak gigi-gigi pemotong kikir.



Gambar 6.27. Sikat kikir

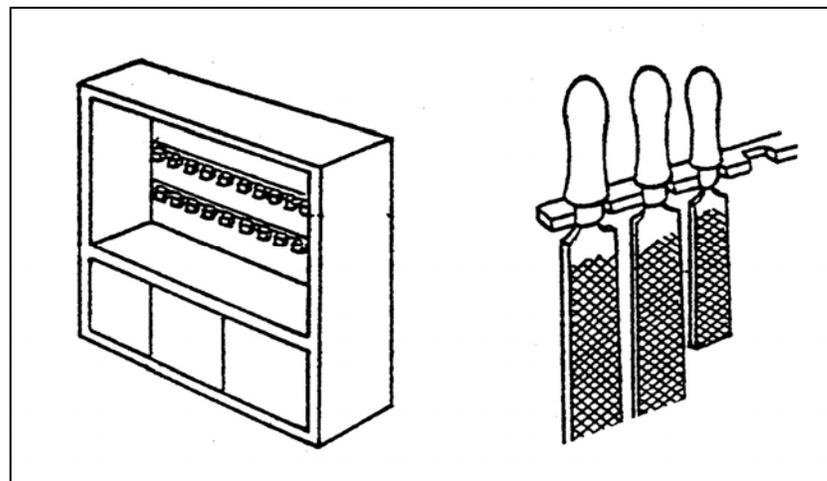
Cara melakukan pembersihan tersebut dengan jalan menyikat gigi-gigi kikir searah dengan alurnya dan pembersihan satu arah, agar beram bisa terbang dengan baik. Untuk kikir dengan mata ganda maka kedua gigi pemotongnya harus dibersihkan secara bersama-sama.



Gambar 6.28. Cara membersihkan kikir

6.4.8. Menyimpan kikir

Kikir hendaknya disimpan pada tempat yang kering atau tidak lembab dan jauh dari tempat yang berminyak. Penempatan kikir tidak boleh ditumpuk artinya mata-mata potong kikir tidak boleh bersinggungan satu dengan yang lainnya. Cara penyimpanan kikir yang baik adalah dengan menyimpan secara sejajar dan memberikan jarak antara kikir yang satu dengan yang lainnya. Cara lain dengan menggantung kikir di dalam lemari alat.



Gambar 6.29. Cara menyimpan kikir

6.4.9. Keselamatan kerja dalam mengikir

Agar tidak menimbulkan keselamatan kerja dalam mengikir maka langkah-langkah yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut:

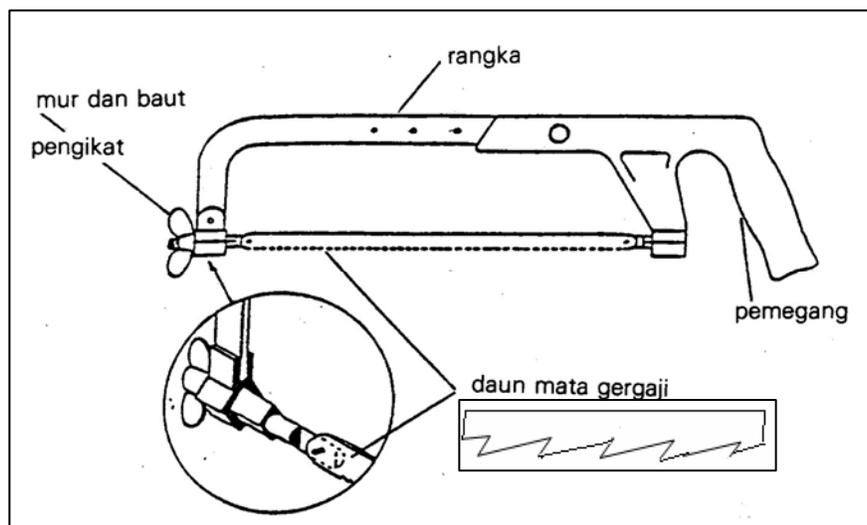
- Jangan menggunakan kikir yang tidak bertangkai
- Jangan menggunakan kikir dengan tang kai yang longgar atau pecah/rusak
- Periksa apakah kikir benar-benar terikat secara kuat pada tangkainya
- Gunakan kikir sesuai dengan fungsinya
- Meletakkan kikir jangan ditumpuk dengan benda kerja atau alat/perkakas lainnya.

6.5. Gergaji Tangan

Gergaji tangan adalah alat potong yang banyak dipergunakan pada bengkel kerja bangku dan kerja mesin. Gergaji tangan adalah peralatan utama dalam bengkel, karena fungsi alat ini adalah untuk mempersiapkan bahan bakul yang akan dikerjakan atau dibuat benda kerja. Prinsip kerja dari gergaji tangan adalah langkah pemotongan ke arah depan, sedang langkah mundur mata gergaji tidak melakukan pemotongan.

Bagian-bagian utama gergaji tangan

- Bingkai/rangka
- Pemegang
- Peregang/pengikat
- Daun mata gergaji



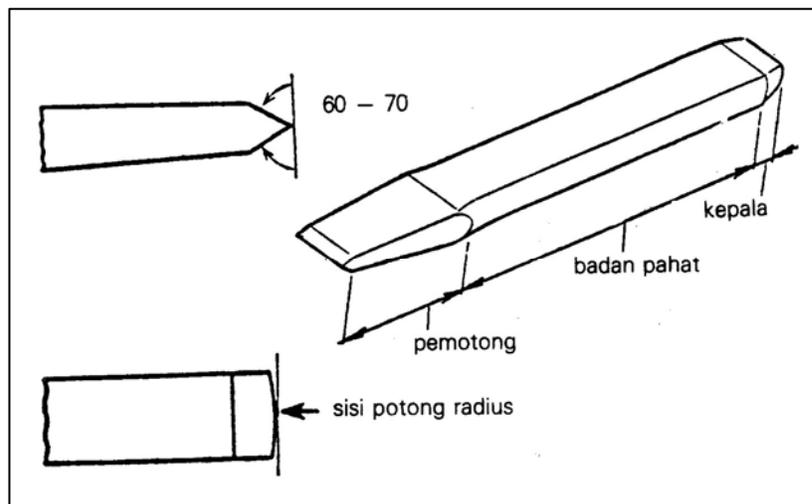
Gambar 6.30. Bagian-bagian gergaji tangan

6.6. Pahat Tangan

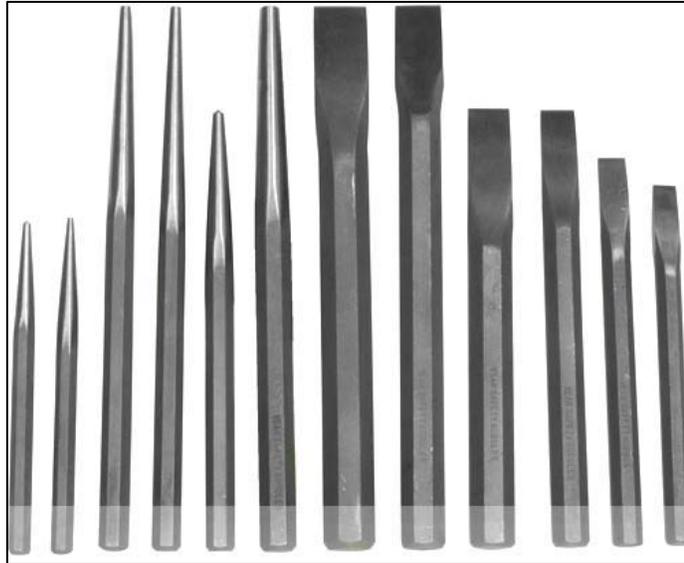
Pahat tangan juga disebut dengan pahat dingin, karena pahat ini digunakan untuk melakukan pemotongan benda kerja dalam keadaan dingin. Pahat tangan juga dapat digunakan untuk melakukan pemotongan panas, artinya pahat tersebut khusus dibuat untuk melakukan pemotongan pada saat bahan dalam keadaan panas, seperti pada bengkel tempa.

Pahat tangan merupakan alat potong yang sudah lama digunakan, baik dalam kegiatan di bengkel maupun dalam kehidupan sehari-hari. Pahat tangan tetap digunakan di dalam bengkel kerja bangku untuk melakukan pemotongan bahan, baik bahan berupa logam keras maupun logam lunak.

Pahat tangan dibuat dari bahan baja perkakas dengan jalan ditempa untuk membentuknya dan digerinda untuk membentuk mata potongnya, kemudian dikeraskan mata potongnya. Kegunaan mata pahat dikeraskan adalah agar ia dapat melakukan pemotongan terhadap bahan lain tanpa mengalami kerusakan pada mata potongnya. Tidak seluruh bagian pahat tangan dikeraskan, tetapi hanya dikeraskan pada bagian mata potongnya. Badan pahat tidak dikeraskan agar ia dapat menahan gaya pukul dari palu, apabila dikeraskan akan menjadi rapuh.



Gambar 6.31. Pahat tangan



Gambar 6.32. Macam-macam Pahat Tangan
(www.tektastools.com)

6.6.1. Bentuk-bentuk pahat tangan

Bentuk pahat tangan yang dimaksudkan di sini adalah bentuk mata potongnya. Bentuk mata potong pada umumnya ada 5 (lima), yaitu: pahat rata, pahat alur, pahat radius, pahat intan, dan pahat dam.



Gambar 6.33. Bentuk Pahat Tangan
(cn-goldenharvest.en.alibaba.com)

6.6.2. Besar sudut mata pahat tangan

Rata-rata besar sudut mata potong pahat tangan sebesar 65 derajat, tetapi karena jenis bahan yang akan dipotong banyak jenisnya dengan kekerasan yang berbeda, maka dibuatlah sudut mata potong pahat yang bervariasi dari 55 derajat sampai 85 derajat. Makin keras bahan yang dipotong makin besar sudut mata potongnya. Dengan makin besar sudutnya, berarti makin kuat mata potong pahat untuk melakukan pemotongan.

Menurut Krar, dkk (1983), besar sudut mata pahat potong adalah seperti pada tabel di bawah ini.

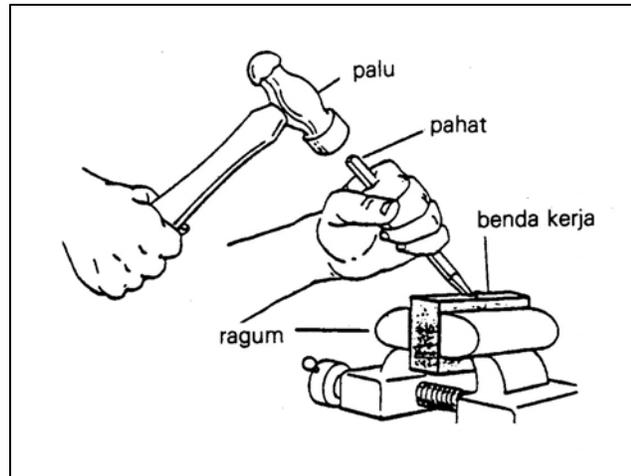
Tabel 6.1 Hubungan besar sudut mata potong dengan jenis bahan yang akan dipotong

No.	Bahan yang dipotong	Besar sudut
1	Baja Tuang	65 derajat
2	Besi Tuang	60 derajat
3	Mild Steel	55 derajat
4	Kuningan	50 derajat
5	Tembaga	45 derajat
6	Aluminium	30 derajat

(Sumantri, 1989)

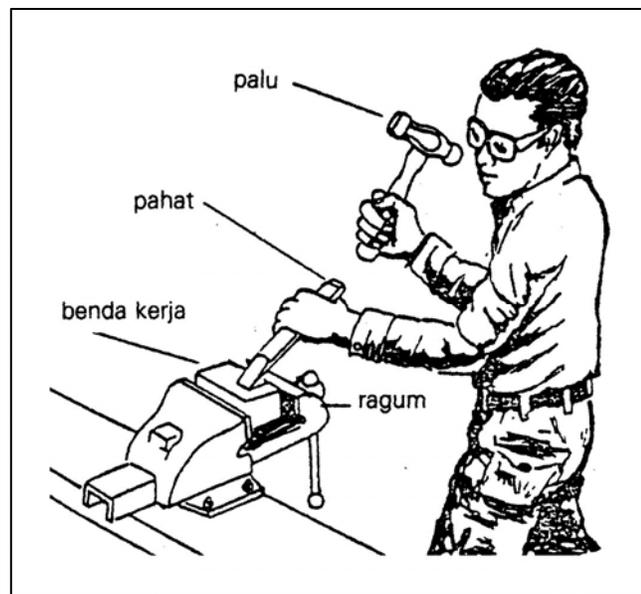
6.6.3. Cara memahat

Memahat adalah proses membuang bahan yang tidak dipergunakan untuk pembuatan benda kerja dengan cara menyayat atau memotongnya. Pekerjaan penyayatan dilakukan oleh mata pahat. Gaya penyayatan diperoleh dari pukulan palu. Untuk menghasilkan penyayatan yang baik, maka cara memegang pahat, cara memegang palu, cara berdiri, dan cara menjepit bahan/benda kerja harus benar. Cara memegang pahat dan memegang palu yang benar dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 6.34. Cara memegang pahat yang benar

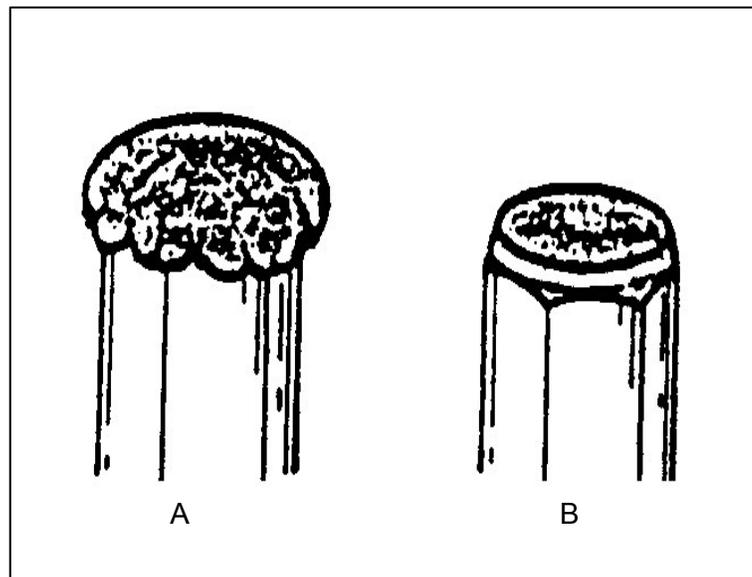
Posisi kaki pada saat memahat adalah sama dengan posisi saat melakukan pekerjaan mengergaji dengan gergaji tangan, yaitu kaki kiri di depan kaki kanan dibelakang dan membentuk sudut 60 derajat. Penjepitan benda kerja sebaiknya tidak terlalu tinggi permukaannya dari mulut ragum, dan penjepitan benda kerja harus dilapisi, sebab gaya pemotongan yang besar dapat merusak permukaan benda kerja.



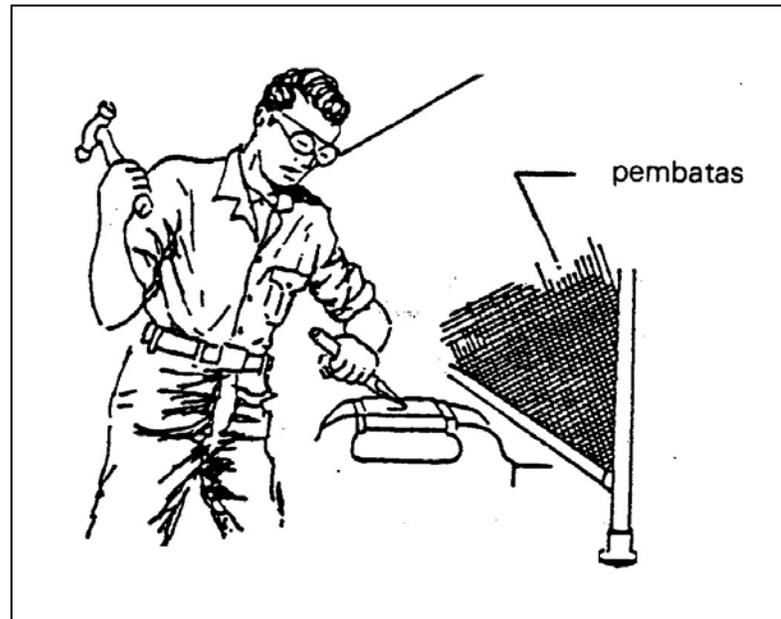
Gambar 6.35. Posisi berdiri saat memahat

Sebagai pedoman cara memahat yang benar ialah:

- Jepit benda kerja pada ragum secara kuat dan benar.
- Pegang pahat pada tangan kiri dan palu pada tangan kanan (lihat cara memegang pahat dan palu).
- Posisi berdiri kaki kiri di depan dan kaki kanan di belakang membentuk sudut 60 derajat.
- Arah pemukulan palu tegak lurus terhadap kepala pahat.
- Gerakan palu diayun agar menghasilkan gaya pukulan yang besar.
- Mata harus selalu mengawasi mata pahat tidak pada kepala pahat.
- Gunakan pahat yang tajam.
- Pemahatan dimulai dari bagian ujung benda.
- Usahakan pemakanan selalu rata.
- Untuk pemahatan permukaan yang luas/lebar gunakan pahat alur terlebih dahulu, untuk membuat batas-batas pemakanan, kemudian potong/sayatlah dengan pahat rata.
- Gunakan kaca mata tembus pandang atau transparan pada waktu memahat.
- Gunakan pembatas meja, agar supaya beram hasil pahatan tidak mengenai orang lain.
- Gunakan pahat yang tidak mengembang kepalanya, agar tidak melukai tangan.



Gambar 6.36. Kepala Pahat



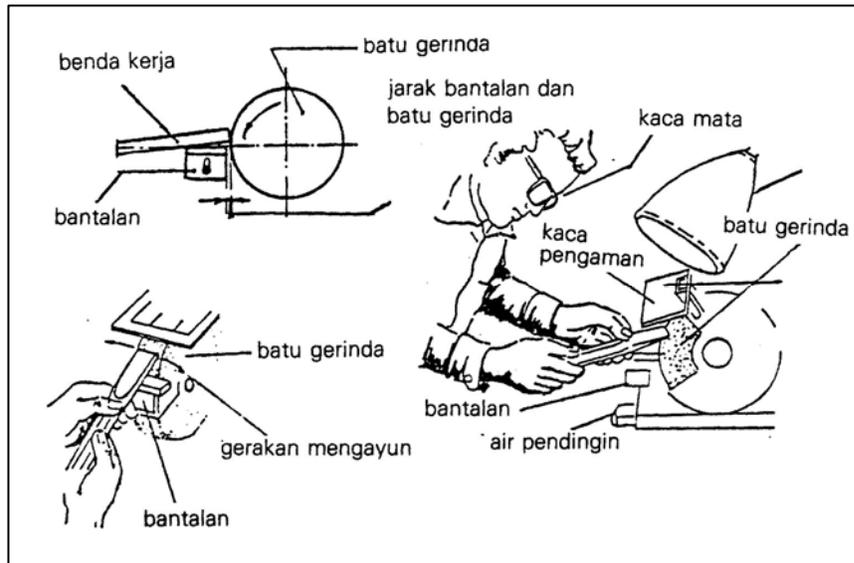
Gambar 6.37. Pembatas meja kerja

6.6.4. Mengasah Mata Pahat

Penyayatan atau pemotongan dengan pahat akan berhasil apabila mata pahatnya tajam. Untuk mendapatkan mata pahat yang tajam, maka mata potong tersebut harus diasah dengan menggunakan mesin gerinda. Cara mengasah pahat adalah sebagai berikut:

- Pakai kaca mata transparan.
- Periksa kerataan permukaan batu gerinda dan jarak antara permukaan batu gerinda dengan penahan benda kerja (tool rest).
- Hidupkan mesin gerinda. Pengasahan mata pahat gunakan batu gerinda halus.
- Pegang kepala pahat dengan tangan kanan, sedangkan tangan kiri memegang bagian badan pahat. Dekatkan mata pahat pada batu gerinda dan letakkan badan pahat pada tool rest.
- Singgungkan mata pahat pada permukaan batu gerinda dan gerakkan pahat ke arah kiri dan kanan, gerakan pahat harus bebas.
- Gunakan cairan pendingin untuk mendinginkan pahat, karena pahat tidak boleh terlalu panas. Panas yang berlebihan akan mempengaruhi kekerasan pahat.

- Setelah selesai bentuk mata pahat sedikit radius, dan ukur susut mata pahat.
- Matikan mesin gerinda setelah selesai mengasah.



Gambar 6.38. Mengasah mata pahat

6.7. Skrap Tangan

Skrap tangan digunakan untuk menghasilkan permukaan halus dan rata dengan ketelitian tinggi pada benda kerja, dan menghasilkan gambar-gambar efek yang sangat indah pada permukaan benda kerja tanpa mengurangi kehalusan dan kerataannya.

Pemakai skrap tangan hanya apabila mesin-mesin gerinda, freis, skrap dan mesin poles tidak lagi dapat digunakan, seperti pada pekerjaan:

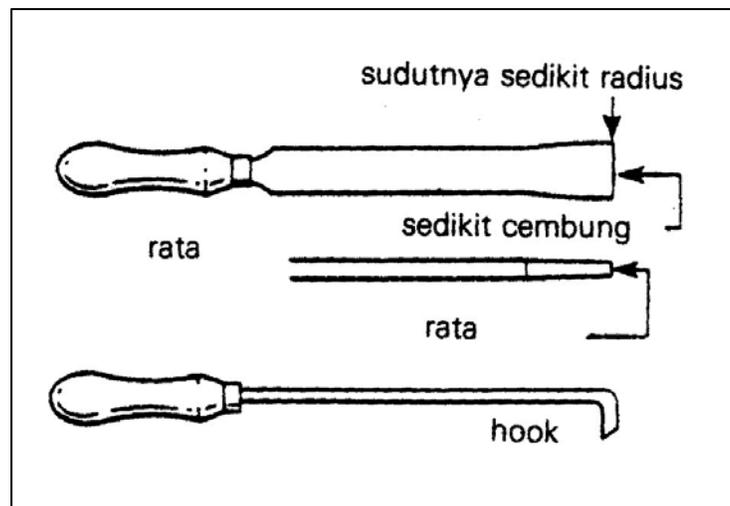
- Penghalusan permukaan bantalan-bantalan posos atau tempat kedudukan bantalan atau bearing.
- Perbaikan kehalusan dan kerataan permukaan benda kerja yang sulit, dimana mesin-mesin lainnya tidak dapat lagi mencapai kehalusan dan kerataan yang diinginkan.
- Pembuatan permukaan cekung yang sangat kecil, dimana tidak ada satu mesin pun yang dapat digunakan. Misalnya tempat penyimpanan minyak pelumas pada bantalan poros. Maksud pembuatan cekungan tersebut adalah agar minyak pelumas dapat selalu tersedia untuk melumasi poros yang meluncur pada bantalan, sehingga gesekan antara poros dan bantalan dapat dihindari.
- Membuat efek-efek gambar pada permukaan benda kerja, sehingga penampilan benda kerja lebih menarik.

Peralatan skrap tangan adalah sangat sederhana, tetapi dapat digunakan untuk pengerjaan benda kerja dengan kehalusan permukaan yang tinggi.

6.7.1. Bentuk-bentuk dari skrap tangan adalah sebagai berikut:

➤ Skrap Rata

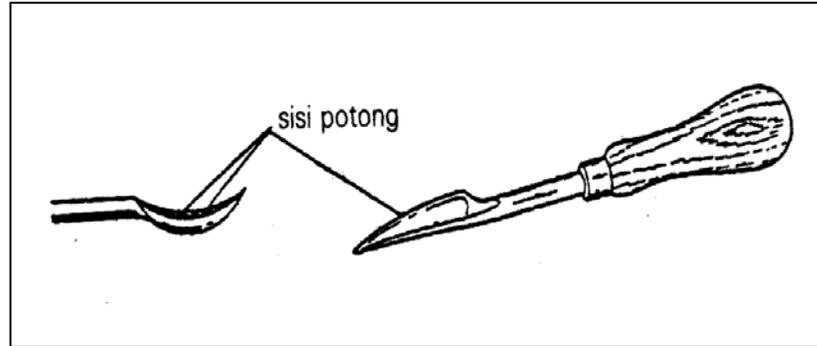
Bentuk skrap rata adalah menyerupai bentuk pahat rata pada kerja kayu. Mata potongnya sedikit radius. Skrap rata terbuat dari baja perkakas dengan jalan ditempa dan untuk membuat mata potongnya dengan jalan digerinda atau diasah. Mata potongnya dikeraskan dan ditempering. Pengasahan setelah digerinda dilakukan pada batu asahan, dilakukan secara manual. Pengasahan tersebut untuk membentuk radius pada mata potongnya. Bentuk skrap rata ada dua, pertama berbentuk rata sampai kebadannya, dan yang satunya lagi adalah bentuk rata mata potongnya, tetapi badannya dibuat bengkok.



Gambar 6.39. Skrap rata

➤ Skrap Setengah Bulat

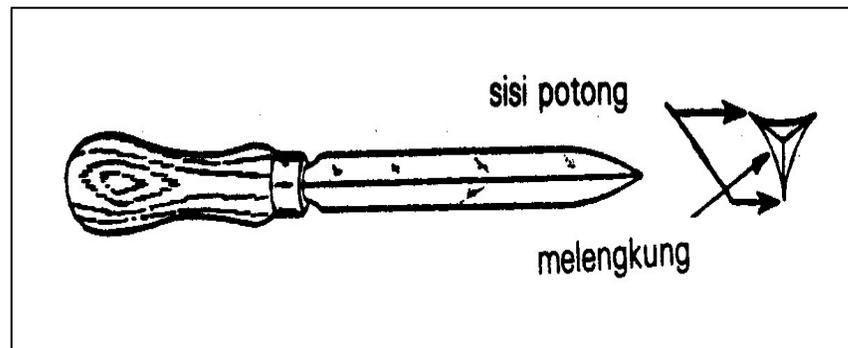
Disebut skrap setengah bulat, karena mata potongnya berbentuk setengah bulat, dengan dua sisinya merupakan mata potong. Skrap jenis ini digunakan khusus untuk menghaluskan permukaan dengan bentuk setengah bulat atau bentuk melengkung lainnya.



Gambar 6.40. Skrap setengah bulat

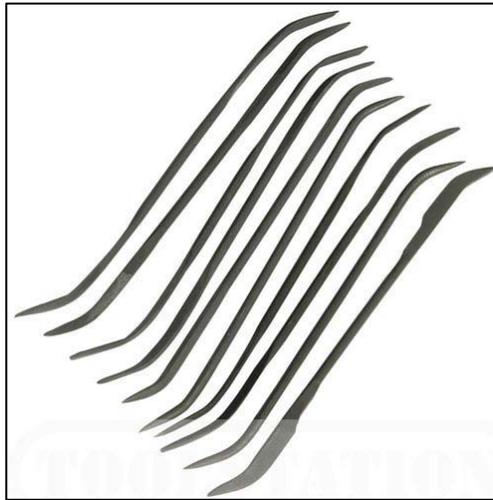
➤ Skrap Segitiga

Skrap ini disebut skrap segitiga karena mata potongnya terdiri dari tiga sisi yang membentuk bentuk segi tiga, dimana ujung ketiga sisi tersebut bersatu menjadi satu titik atau berujung tajam. Pemakaian skrap jenis ini terutama untuk membuang sisi-sisi yang tajam pada lubang hasil pengeboran, serta bidang-bidang permukaan lengkung lainnya. Skrap ini juga dapat digunakan untuk memperluas lubang.



Gambar 6.41. Skrap mata segi tiga

Untuk pekerjaan penghalusan permukaan benda kerja dari bahan yang keras, maka dibutuhkan skrap tangan dengan mata potongnya dari bahan semented karbida.



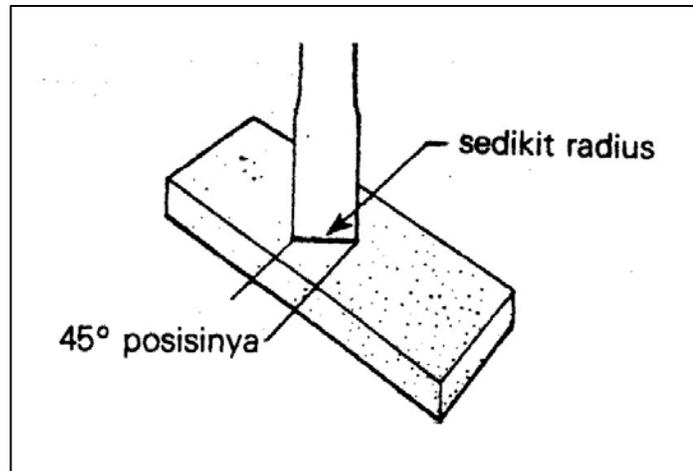
Gambar 6.42. Macam-macam Skrap

6.7.2. Mengasah Mata Potong Skrap Tangan

Skrap tangan setelah digunakan untuk menghaluskan permukaan akan tumpul, maka ia perlu diasah kembali agar dapat digunakan untuk melakukan penghalusan permukaan benda kerja kembali. Pengasahan mata potong skrap tangan dilakukan pada mesin gerinda, baik gerinda meja maupun gerinda lantai. Gunakan batu gerinda dengan butir halus, dan harus diingat bahwa sewaktu pengerindaan tidak boleh timbul panas yang berlebihan, sebab panas yang berlebihan akan mengakibatkan perubahan struktur mikro bahan mata potong, sehingga menjadi lunak.

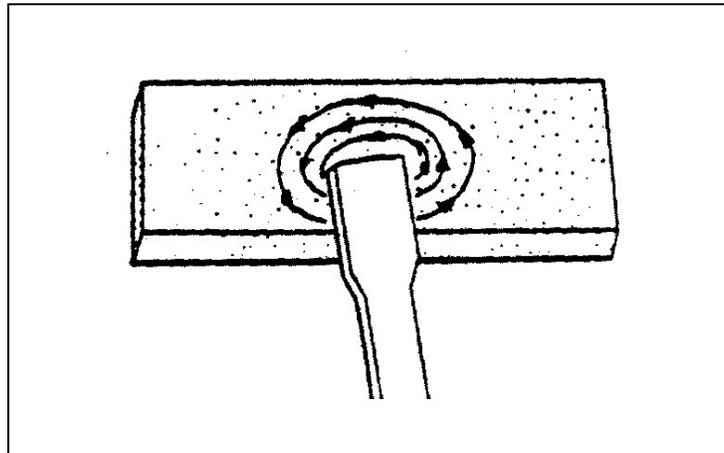
Langkah-langkah pengasahan mata potong skrap tangan adalah sebagai berikut:

- Gerinda sisi potongnya hingga tajam.
- Setelah tajam, selanjutnya ratakan kembali hasil pengerindaan dengan menggunakan batu asah yang sangat halus butir asahnya (*oil stone*). Pilih batu asah yang bersih, bebas dari beram.
- Lakukan pengasahan dengan cara mata potongnya tegak lurus dan datar terhadap batu gerinda. Tempatkan sisi potongnya 45 derajat, terhadap gerakan pengasahan. Pengasahan dilakukan secara perlahan-lahan dan tidak memberikan penekanan yang terlalu besar. Lalu periksa hasil pengasahan.



Gambar 6.43. Gerakan pengasahan pada batu asah

- Tekan dengan ringan selam pengasahan
- Lakukan secara berulang-ulang, sehingga bekas penggerindaan pada mesin gerinda akan hilang
- Baliklah skrap keposisi pertama dan ulangi langkah 4 dan langkah 5.
- Setelah selesai pengasahan, tajamkan mata potongnya dengan cara menggerakkan skrap secara melingkar.

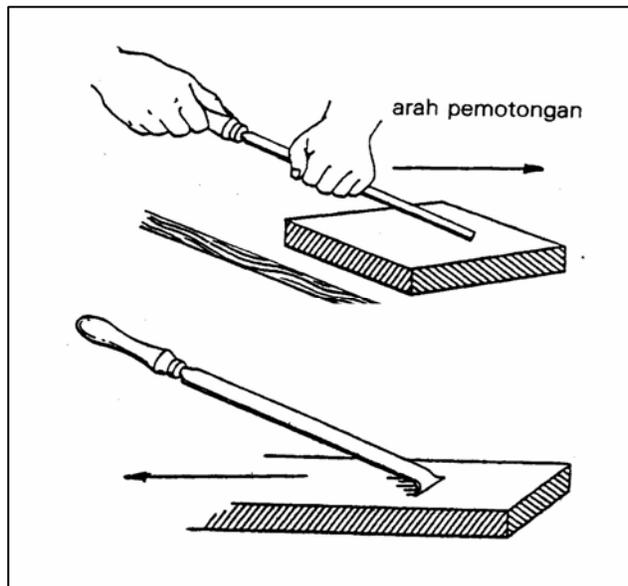


Gambar 6.44. Menajamkan mata potong

6.7.3. Menyakrap dengan Skrap Tangan

- **Skrap Rata**
 - Siapkan benda kerja dan skrap rata yang tajam.
 - Buang sisi-sisi benda kerja yang tajam dan bersihkan permukaannya dari kotoran, seperti minyak atau karat dengan menggunakan bahan pembersih.

- Taburkan pewarna pada meja perata. Kemudian geserkan permukaan benda kerja yang telah bersih pada meja perata. Dengan demikian permukaan benda kerja yang tinggi akan berwarna, sedangkan permukaan yang rendah tidak kena warna. Permukaan yang berwarna yang akan diskrap.
- Jepit benda kerja pada ragum, dengan posisi permukaan yang akan dikerjakan menghadap ke atas. Penjepitan dilakukan secara datar.
- Lakukan penyekrapan pada daerah yang berwarna, dengan jalan menekan mata potong skrap dan gerakan perlahan-lahan ke arah depan sepanjang 3 sampai 3,5 cm. Lakukan secara berulang-ulang, sehingga permukaan menjadi rata. Gerakan ke depan adalah gerakan pemotongan, bagi skrap rata, sedangkan skrap berbentuk bengkok gerakan ke belakang adalah gerakan pemakanan.
- Setelah selesai melakukan penyekrapan periksa kembali hasil penyekrapan dengan cara seperti pada langkah 3.
- Apabila hasil pemeriksaan ternyata masih ada daerah yang masih tinggi/tidak rata, maka lakukan penyekrapan kembali.



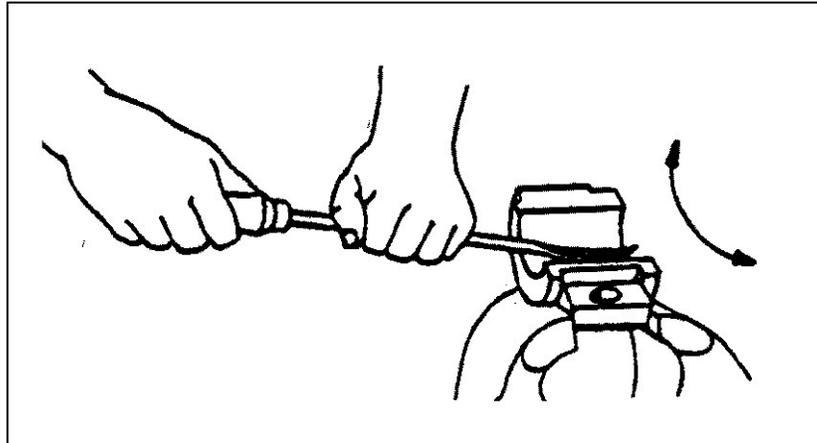
Gambar 6.45. Menyekrap rata

- **Menyekrap dengan skrap setengah bulat**

- Persiapkan benda kerja dan alatnya
- Laburlah suatu poros dengan pewarna. Geserkan benda kerja pada poros. Angkat benda kerja dan periksa bagian

permukaannya. Bagian yang terkena warna adalah daerah yang akan diskrap.

- Jepit benda kerja pada penjepit/ragum.
- Lakukan penyekrapan dengan jalan menempatkan mata potong pada daerah yang berwarna. Gerakan sambil ditekankan agar mata potong dapat melakukan pemakanan.
- Lakukan secara berulang-ulang hingga rata, dan periksa kembali seperti langkah kedua .
- Setelah semua selesai, sekali lagi periksa kerataan penyekrapan seperti langkah



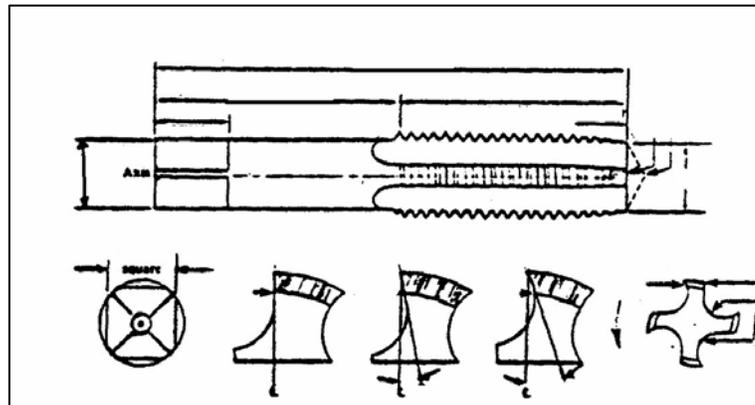
Gambar 6.46. Menyekrap dengan skrap setengah bulat

6.8. Tap dan Snei

6.8.1. Tap

Tap adalah peralatan yang digunakan untuk pembuatan ulir pada suatu benda kerja. Sebelum benda tersebut di ulir, terlebih dahulu benda tersebut dilubangi dengan menggunakan mesin bor. Ukuran diameter lubang tergantung pada besar diameter ulir yang akan dibuat.

Bentuk tap dibuat secara khusus di mana ulir-ulir mata potong dibuat secara presisi. Bahan untuk pembuatan tap adalah baja perkakas baja potong cepat. Setelah tap dibentuk kemudian dikeraskan dan ditempering. Bentuk secara umum tap dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 6. 47. Tap

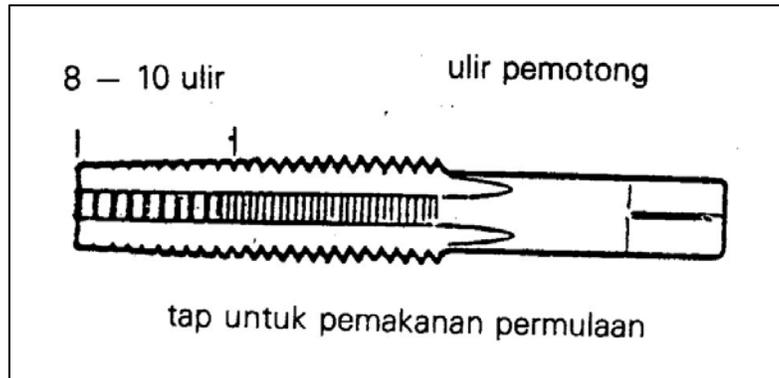


Gambar 6.48. Snei dan Tap

➤ Tap konis

Tap konis digunakan untuk melakukan penguliran pendahuluan/pemotongan awal, karena bagian ujung mata potongnya berbentuk tirus dan tidak mempunyai gigi pemotong. Dengan demikian ia akan dengan mudah masuk

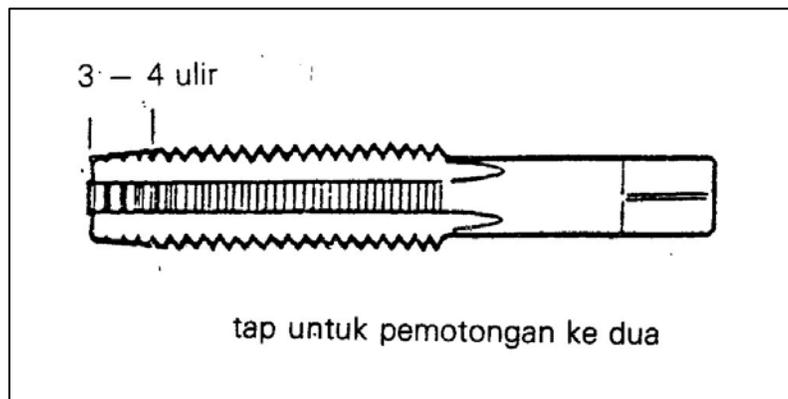
ke dalam lubang yang telah dibuat. Jadi fungsi tap konis adalah untuk pemakanan awal



Gambar 6.49. Tap konis

➤ Tap antara

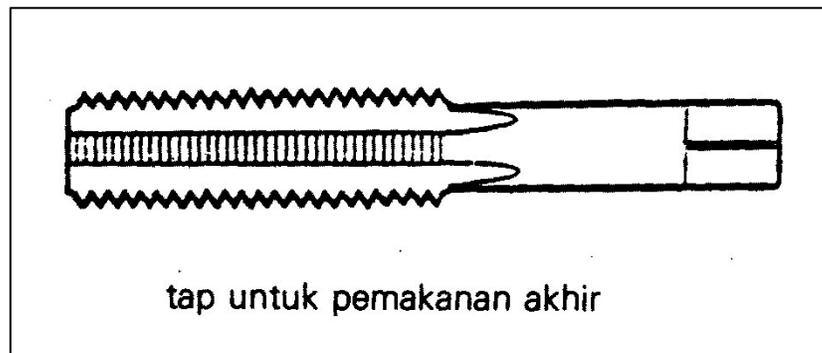
Tap antara berfungsi untuk pengulir antara tap konis dan tap rata atau dapat dikatakan ia sebagai pemotong kedua. Tap ini pada bagian 3 sampai 4 mata potongnya tidak ada, ini dimaksudkan agar tap dapat masuk ke dalam lubang dengan mudah. Jadi setelah benda kerja diulir dengan menggunakan tap konis kemudian diulir dengan menggunakan tap antara.



Gambar 6.50. Tap antara

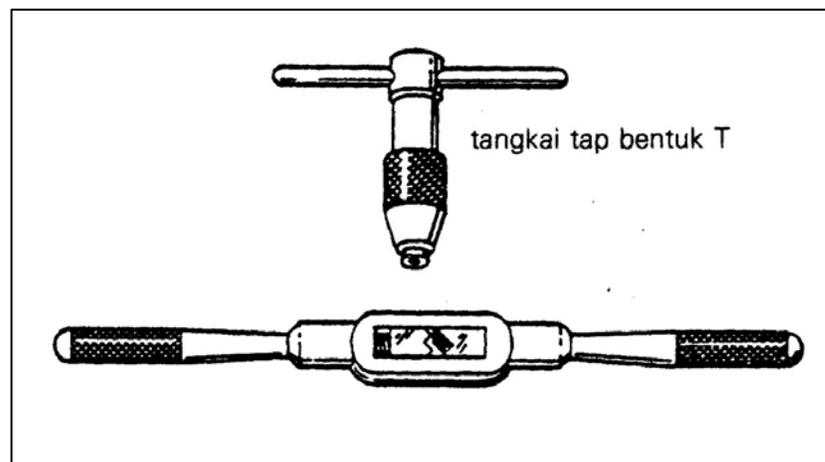
➤ Tap rata

Fungsi tap rata adalah untuk melakukan pekerjaan akhir dalam pembuatan ulir dengan menggunakan tap. Pada tap ini seluruh mata potongnya dapat melakukan pemotongan. Bentuk tap ini adalah bagian pemotongannya mempunyai mata potong dan diameternya adalah sama.



Gambar 6.51. Tap rata

Untuk melakukan penguliran dengan menggunakan tap diperlukan alat bantu yaitu tangkai tap/pemutar tap. Ukuran dari tangkai tap sangat tergantung pada besar diameter tap yang akan digunakan. Untuk itu tap dibuat bervariasi dari ukuran kecil sampai besar.

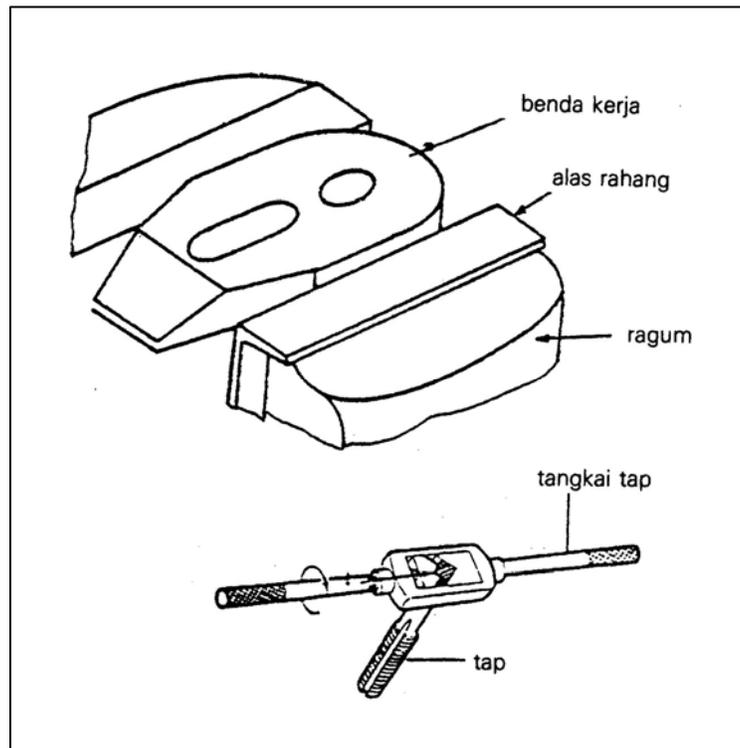


Gambar 6.52. Tangkai tap

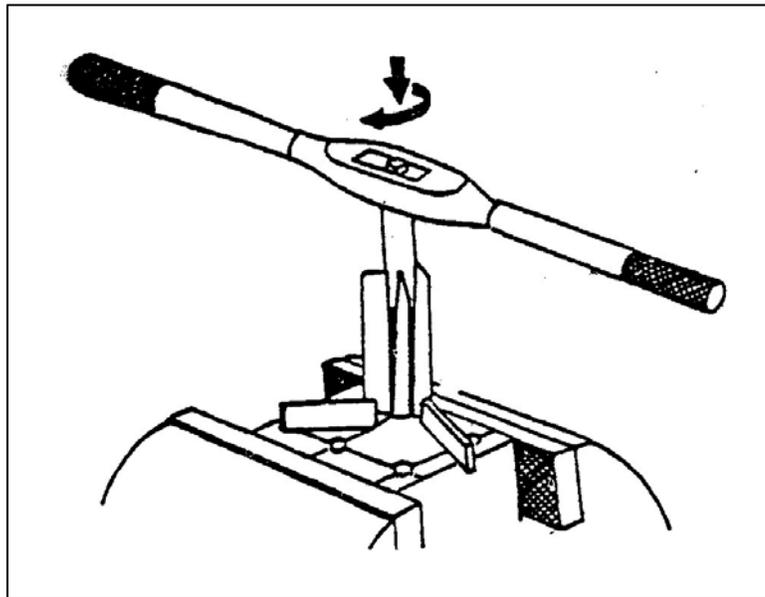
Langkah kerja pembuatan ulir dengan tap adalah sebagai berikut :

- Jepit benda kerja pada ragum secara benar dan kuat
- Pasang tap konis pada tangkai tap
- Tempatkan mata tap tegak lurus pada lubang (periksa dengan menggunakan siku-siku)
- Tekan hingga masuk dalam lubang kemudian putar tangkai tap ke kanan (searah dengan putaran jarum jam). Pemutaran harus tegak lurus.

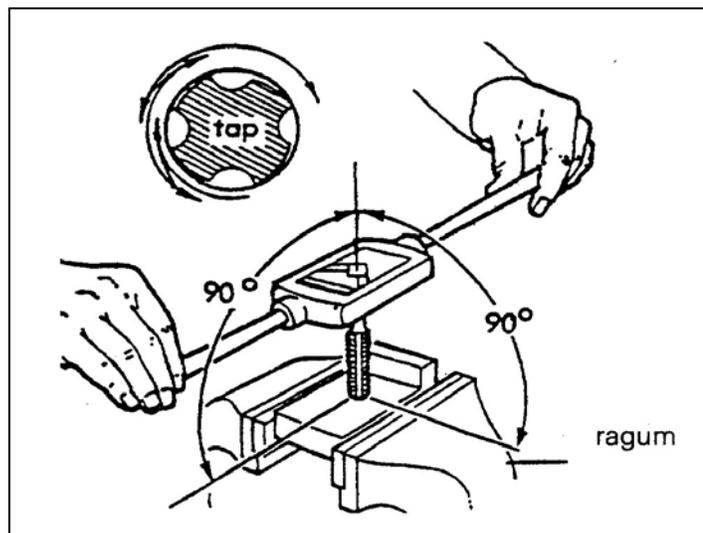
- Pemutaran kira-kira sebesar 90° , kemudian putar kembali ke arah kiri. Maksud pemutaran kembali adalah untuk memotong beram yang belum terpotong dan memberikan kesempatan beram-beram hasil pemotongan keluar dari lubang
- Berikan pelumasan selama prose pengetapan, kecuali untuk pengetapan bahan dari besi
- Lakukan pengetapan hingga selesai, kemudian ulangi langkah pengetapan dengan menggunakan tap antara. Setelah selesai ulangi langkah pengetapan dengan menggunakan tapa rata/finishing.



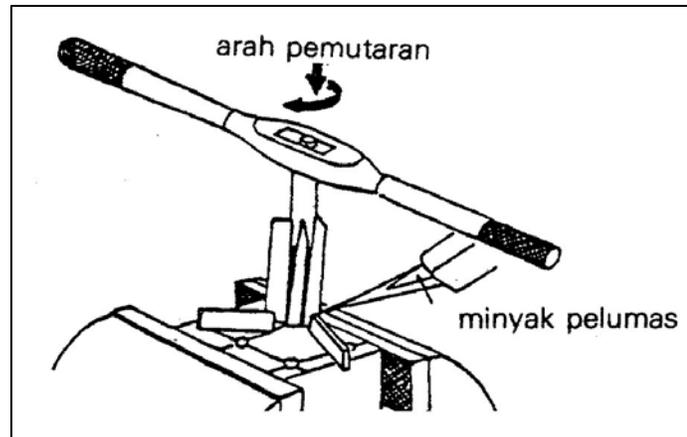
Gambar 6.53. Penjepitan benda kerja dan pemasangan tap



Gambar 6.54. Pemasangan tap dan pemeriksaan kesikuan



Gambar 6.55. Langkah awal pengetapan



Gambar 6.56. Pemberian minyak pelumas

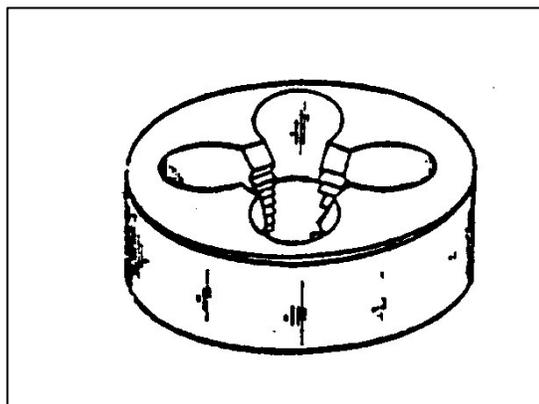
6.8.2. Snei

Snei adalah alat untuk membuat ulir. Bentuk snei menyerupai mur tetapi ulirnya merupakan mata potong. Gigi-gigi ulir setelah dibentuk kemudian dikeraskan dan temper agar dia mampu melakukan pemotongan terhadap benda kerja. Pada proses pembuatan uir, snei dipegang oleh tangkai snei.

Snei yang biasanya digunakan untuk pembuatan ulir adalah snei pejal dan snei bercelah.

➤ Snei pejal

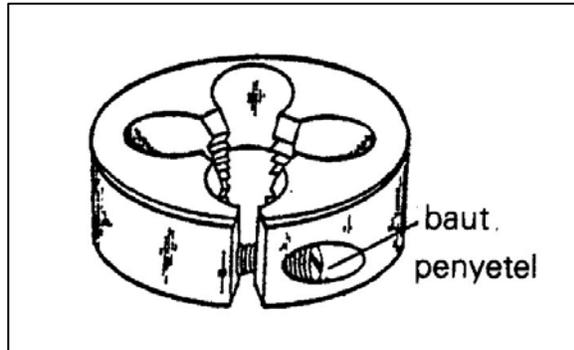
Snei jenis ini berbentuk segi enam atau bulat. Untuk memudahkan dalam penguliran awal maka pada snei jenis ini tidak seluruh mata potongnya sama besar, tetapi sedikit tirus pada bagian mata pemotong awal. Dengan demikian benda kerja dapat masuk ke dalam snei sedikit mudah.



Gambar 6.57. Snei pejal

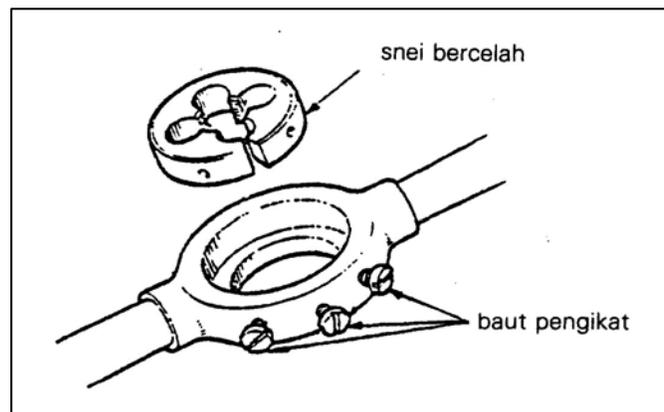
➤ **Snei Bercelah (*Split die*)**

Snei jenis ini banyak digunakan untuk pembuatan ulir luar, karena ia memiliki kelebihan dari pada snei pejal. Kelebihan tersebut antara lain besar diameternya dapat diperbesar dan diperkecil sampai ukuran standarnya. Dengan demikian pada waktu penguliran pendahuluan diameternya diperbesar dan pada waktu finishing diameternya dikembalikan pada ukuran standarnya. Pengaturan tersebut dengan menggunakan baut penyetel.



Gambar 6.58. Snei bercelah (*Split die*)

Untuk membuat ulir dengan menggunakan snei dibutuhkan alat bantu yaitu pemegang snei. Pada pemegang snei ini dilengkapi dengan baut-baut pengikat, agar snei tidak ikut berputar saat melakukan pemotongan/penguliran

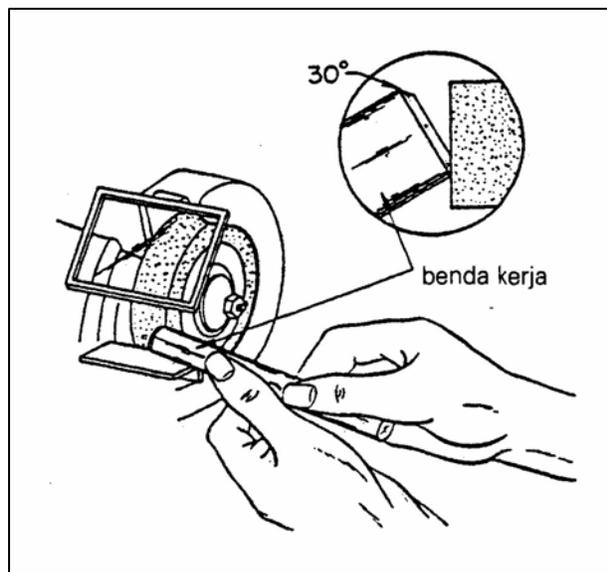


Gambar 6.59. Pemegang snei

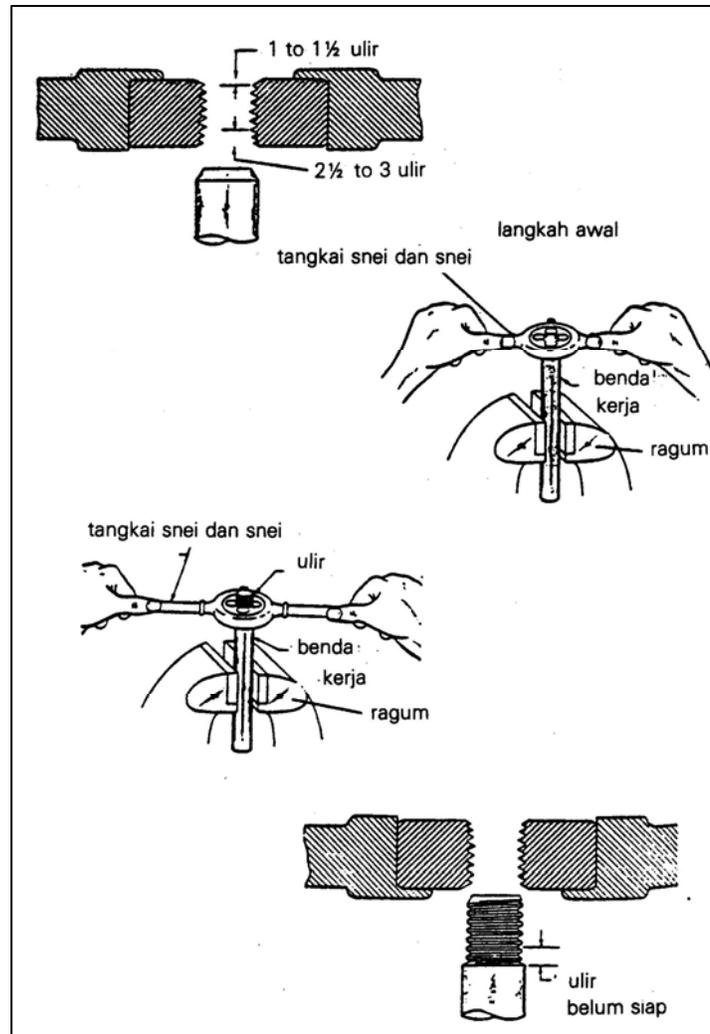
Langkah kerja pembuatan ulir dengan snei adalah sebagai berikut:

- Persiapkan benda kerja dan jepit pada ragum secara tegak lurus.

- Pasang snei pada pemegangnya dan kuncikan baut pengikatnya.
- Tempatkan snei pada benda kerja dengan posisi datar, kemudian tekankan snei hingga benda kerja masuk pada snei. Lakukan penekanan sambil snei diputar searah dengan arah jarum jam.
- Pemutaran atau pemakanan kira-kira 60° , kemudian dikembalikan pada posisi semula. Pemutaran kembali dimaksudkan untuk memotong beram dan membersihkan ulir yang telah terbuat serta memberikan kesempatan beram keluar dari snei.
- Lakukan pekerjaan langkah di atas secara terus menerus dan berikan minyak pelumas untuk mendinginkan snei dan untuk membantu mengeluarkan beram.
- Untuk pembuatan ulir dengan snei bercelah, maka ulangi kembali penguliran dengan terlebih dahulu menyatel kembali lebar pembukaan snei. Demikian seterusnya sampai ukuran snei kembali pada ukuran standarnya.
- Periksa hasil snei dengan menggunakan mal ulir, seterusnya bersihkan ulir dan snei.



Gambar 6.60. Mempersiapkan benda kerja



Gambar 6.61. langkah penguliran

6.9. Pemerluas Lubang (*reamer*)

Memperluas dan memperhalus lubang adalah suatu proses pemotongan bahan dalam jumlah yang kecil karena lubangnya telah dibuat oleh mata bor. Proses pekerjaan ini akan menghasilkan lubang:

- Benar-benar bulat penampangnya
- Ukurannya sangat presisi (penyimpangan lebih kecil dari toleransi yang diizinkan yaitu 0,0001 inchi)
- Permukaan yang sangat halus
- Lurus

Untuk melakukan pekerjaan ini digunakan peralatan yang disebut dengan pemerluas lubang (*reamer*), sedangkan proses pengerjaannya

dapat dilakukan dengan tangan (*hand reamer*) atau dengan menggunakan mesin (*machined reamer*). Sisi-sisi potong dari reamer (perluasan lubang) akan memotong bahan pada waktu reamer berputar. Jumlah atau besarnya bahan yang dapat dipotong oleh sisi potong reamer adalah sebesar 0,001 sampai 0,003 inchi atau kadang-kadang mencapai 0,005 inchi.



Gambar 6.62. Pemerluas lubang (*reamer*)

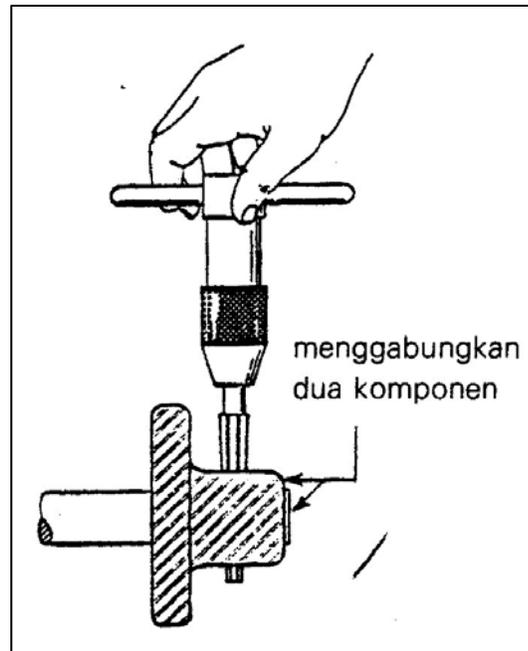
Pada dasarnya bentuk dan bagian-bagian pemerluas lubang sama dengan bentuk dan bagian-bagian mata bor. Perbedaan yang menyolok adalah pada diameter mata potongnya, di mana mata potongnya berdiameter lebih besar dari diameter pemegangnya. Artinya bagian ini adalah kebalikan dari mata bor. Pada ujung pemegang pemerluas lubang sama dengan bentuk pemegang dari mata bor yaitu berbentuk segi empat. Dibuat persegi empat pada pemegangnya adalah untuk tempat penjepitan pemerluas pada tangkai pemutarnya. Pada kedua ujung dari pemerluas lubang terdapat dua lubang senter yang berfungsi sebagai:

- Tempat penjepitan pemerluas lubang sewaktu pemerluas lubang di asah pada mesin gerinda
- Sebagai pemegang pemerluas lubang pada saat melakukan pekerjaan pada suatu mesin, di mana pemerluas lubang akan didukung oleh senter pada waktu proses kerjanya.

Memperluas dan memperhalus lubang dengan menggunakan pemerhalus lubang tirus dapat dilakukan dengan cara berikut:

- Periksa ketirusan atau gambar lubang tirus yang akan diperhalus
- Periksa diameter perluasan
- Tentukan sampai di mana bats pemakanan atau sampai di mana diameter berapa perluasan akan dilakukan.
- Pasangkan pemerluas pada pemegangnya. Gunakan pemerluas untuk pemotongan awal

- Lakukan pemotongan awal dengan cara memutar pemegang perluasan dan memutarnya ke kanan
- Gunakan cairan pendingin apabila dimungkinkan dan selalu buang beram yang terjadi dengan jalan mengeluarkan pemerluas dari lubang.



Gambar 6.63. Memperluas lubang tirus

6.10. Rangkuman

Ragum berfungsi untuk menjepit benda kerja secara kuat dan benar, artinya penjepitan oleh ragum tidak boleh merusak benda kerja. Dengan demikian ragum harus lebih kuat dari benda kerja yang dijepitnya. Untuk menghasilkan penjepitan yang kuat maka pada mulut ragum/rahangnya dipasangkan baja berigi sehingga benda kerja dapat dijepit dengan kuat. Rahang-rahang ragum digerakkan oleh batang ulir yang dipasangkan pada rumah ulir. Penempatan ragum adalah pada meja kerja. Ketinggian pemasangan ragum pada meja kerja sangat berpengaruh dalam pelaksanaan pekerjaan. Untuk menjaga agar ragum dapat tahan lama, maka harus dijaga agar beram-beram hasil pengikiran tidak masuk ke dalam ragum. Ragum harus selalu dibersihkan setelah selesai digunakan dan di beri minyak pelindung karat.

Palu merupakan alat tangan yang sudah yang lama ditemukan orang dan sudah sejak lama dipergunakan dalam bengkel dalam seluruh kegiatan pekerjaan umat manusia. Ukuran palu ditentukan oleh berat

dari kepala palu, seperti palu 250 gr, 500 gr, 1000 gr dan bahkan palu dengan berat 10 kg. Dengan demikian pemakaian palu sangat bervariasi sesuai dengan jenis kegiatan pekerjaan. Jenis palu dapat dibagi dua yaitu palu keras dan palu lunak. Jenis palu keras yang umum dipakai pada bengkel kerja bangku dan kerja mesin adalah jenis palu keras yaitu palu konde (*ball pein hammer*), palu pen searah (*straight peen hammer*), dan palu pen melintang (*cross peen hammer*). Palu lunak biasanya digunakan sebagai alat bantu pada pekerjaan pemasangan benda kerja pada mesin frais, skrap dan merakit benda kerja pada bengkel perakitan, serta pada bengkel kerja pelat, bengkel listrik dan bengkel pipa.

Tang digunakan hampir di semua bengkel, karena alat ini di samping harganya murah juga mempunyai kegunaan yang sangat besar. Tang ada beberapa macam yaitu tang kombinasi yang dapat digunakan untuk memotong, membengkokkan dan menarik atau memegang benda kerja. Tang potong yang berfungsi untuk memotong bahan bahan kawat baja ukuran diameter yang kecil. Tang pembulat digunakan untuk membuat lingkaran atau radius pada benda kerja yang tipis atau kawat dengan diameter yang kecil. Tang pipa digunakan untuk memegang benda kerja yang berpenampang bulat.

Kikir adalah peralatan utama dalam bengkel kerja bangku, karena hampir semua pekerjaan pada bengkel kerja bangku dikerjakan dengan menggunakan kikir. Bahan untuk membuat kikir adalah baja karbon tinggi, di mana kandungan karbon pada baja jenis ini adalah kurang 0,7 sampai 0,8%. Dalam proses pembuatannya kikir mengalami proses penempaan dan pengerindaan untuk membentuknya. Kikir dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis berdasarkan pada jenis gigi pemotongnya, yaitu kikir bergigi tunggal dan kikir bergigi kembar/dua. Jenis-jenis kikir yang banyak digunakan adalah kikir rata, kikir segiempat, kikir bulat, kikir setengah bulat, kikir segitiga, kikir instrumen.

Gergaji tangan adalah peralatan utama dalam bengkel, karena fungsi alat ini adalah untuk mempersiapkan bahan bakal yang akan dikerjakan atau dibuat benda kerja. Prinsip kerja dari gergaji tangan adalah langkah pemotongan ke arah depan, sedang langkah mundur mata gergaji tidak melakukan pemotongan. Bagian-bagian utama gergaji tangan adalah bingkai/rangka, pemegang, peregang/pengikat dan daun mata gergaji. Pekerjaan pemotongan dilakukan oleh dua daun mata gergaji yang mempunyai gigi-gigi pemotong.

Pahat tangan dibuat dari bahan baja perkakas dengan jalan ditempa untuk membentuknya dan digerinda untuk membentuk mata potongnya, kemudian dikeraskan mata potongnya. Kegunaan mata pahat dikeraskan adalah agar ia dapat melakukan pemotongan

terhadap bahan lain tanpa mengalami kerusakan pada mata potongnya. Bentuk mata potong pada umumnya ada 5 (lima), yaitu: pahat rata, pahat alur, pahat radius, pahat intan, dan pahat dam. Besar sudut rata-rata mata potong pahat tangan sebesar 65 derajat, tetapi karena jenis bahan yang akan dipotong banyak jenisnya dengan kekerasan yang berbeda, maka dibuatlah sudut mata potong pahat yang bervariasi dari 55 derajat sampai 85 derajat. Makin keras bahan yang dipotong makin besar sudut mata potongnya.

Skrap tangan digunakan untuk menghasilkan permukaan halus dan rata dengan ketelitian tinggi pada benda kerja, dan menghasilkan gambar-gambar efek yang sangat indah pada permukaan benda kerja tanpa mengurangi kehalusan dan kerataannya. Dengan berkembangnya teknologi, skrap sudah jarang digunakan. Bentuk skrap ada beberapa macam yaitu skrap rata, skrap setengah bulat dan skrap segitiga.

Tap adalah peralatan yang digunakan untuk pembuatan ulir pada suatu benda kerja. Bentuk tap dibuat secara khusus di mana ulir-ulir mata potong dibuat secara presisi. Bahan untuk pembuatan tap adalah baja perkakas baja potong cepat. Badan tap terdiri dari dua bagian yaitu badan yang tidak mempunyai mata potong dan badan yang mempunyai mata potong. Untuk melakukan penguliran dengan menggunakan tap diperlukan alat bantu yaitu tangkai tap/pemutar tap.

Snei adalah alat untuk membuat ulir. Bentuk snei menyerupai mur tetapi ulirnya merupakan mata potong. Gigi-gigi ulir setelah dibentuk kemudian dikeraskan dan temper agar dia mampu melakukan pemotongan terhadap benda kerja. Snei yang biasanya digunakan untuk pembuatan ulir adalah snei pejal dan snei bercelah. Snei pejal digunakan untuk proses penguliran awal, sedangkan snei bercelah digunakan untuk pembuatan ulir luar, karena ia memiliki kelebihan dari pada snei pejal yaitu besar diameternya dapat diperbesar.

Reamer (pemerluas lubang) adalah alat yang digunakan untuk memperluas dan memperhalus lubang. Sisi-sisi potong dari reamer (perluasan lubang) akan memotong bahan pada waktu reamer berputar. Jumlah atau besarnya bahan yang dapat dipotong oleh sisi potong reamer adalah sebesar 0,001 sampai 0,003 inchi atau kadang-kadang mencapai 0,005 inchi. Pada dasarnya bentuk dan bagian-bagian pemerluas lubang sama dengan bentuk dan bagian-bagian mata bor. Perbedaan yang menyolok adalah pada diameter mata potongnya.

6.11. Soal Latihan

1. Sebutkan fungsi utama dari ragum?
2. Bagaimana cara menghasilkan jepitan benda kerja yang kuat pada saat dipasangkan pada ragum?
3. Jelaskan posisi penempatan ragum yang tepat pada meja kerja?
4. Sebutkan hal-hal yang harus diperhatikan pada saat melakukan penjepitan benda kerja pada ragum?
5. Sebutkan jenis-jenis palu yang anda ketahui dan jelaskan apa fungsinya?
6. Jelaskan kegunaan masing-masing bagian dari palu keras?
7. Sebutkan jenis-jenis tang dan apa fungsinya?
8. Apa fungsi dari tang kombinasi dan berapa ukurannya?
9. Apa bahan yang digunakan untuk membuat sebuah kikir?
10. Sebutkan bagian-bagian utama dari kikir?
11. Jelaskan berapa macam jenis kikir yang anda ketahui?
12. Sebutkan tingkat kekasaran gigi pemotong kikir?
13. Bagaimanakah cara yang tepat untuk melakukan pengikiran silang?
14. Sebutkan bagian-bagian utama dari gergaji tangan?
15. Bagaimanakah cara pemasangan mata gergaji tangan maupun gergaji mesin yang benar?
16. Jelaskan cara pembuatan pahat?
17. Berapa macam bentuk pahat tangan yang anda ketahui, jelaskan?
18. Sebutkan cara memegang pahat tangan yang benar pada saat melakukan pekerjaan pada benda kerja?
19. Kenapa skrap tangan sudah jarang digunakan untuk melakukan suatu pekerjaan?
20. Apa bahan dasar yang digunakan untuk membuat tap, snei dan reamer?

DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal,R.L & Tahil Manghnani, 1981. *Welding Engineering*. New Delhi: Khanna Publisher.
- Ahmad Antoni IKM. 1998. *Kamus Lengkap Teknik*. Surabaya: Gitamedia Press.
- Alip Mochamad. 1989. *Teori dan Praktek Las*. Jakarta: Ditjen Pendidikan Tinggi.
- Amanto, Hari dan Daryanto. 2003. *Ilmu Bahan*. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Amstead, B.H. 1979. *Manufacturing Processes*. New York: John Wiley and Son.
- Avitzur, Betzalel, 1977. *Metal Forming: Processes and Analysis*. New York: Mc Graw Hill.
- Beumer, B. J.M dan B. S Anwir. 1985. *Ilmu Bahan Logam, Jilid I*. Jakarta: Penerbit Bhratara Karya Aksara.
- Bogdan O.K and Nicholas W. 1977. *Steel Design for Structural Engineers*. New Jersey: Perntice Hall. Inc.
- Corkson, William, 1975. *Sheet Metal Work*. London: Oxford Technical Press.
- Davies. A.C. 1977, *The Science and Practice of Welding*. London: Cambrigde University Press.
- DeGarmo, E. Paul. 1979. *Materials and Processes in Manufacturing*. London: The Macmillan Company.
- Dickason, A. 1978. *Sheet Metal Drawing and Pattern Development*. London: Pitman Publishing Limited.
- Dickason, A. 1980. *The Geometry of Sheet Metal Work*. London: Pitman Publishing Limited.
- Dieter, George E. 1986. *Mechanical Metalurgy*. New York: Mc Graw Hill.
- Giachino. J.W. 1982. *Welding Technology*. USA: American Technical Publisher Inc

- Hantoro, Sirod dan Parjono. 2005. *Menggambar Mesin*. Jakarta: Adicita.
- Harsono,W & Toshie Okumura. 1981. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Pradnya Paramitha
- Intems. 1985. *Technology Metal 1*, Netherlands: Educaboek BV
- Juhana, Ohan dan M. Suratman. 2000. *Menggambar Teknik Mesin*. Bandung: Pustaka Grafika.
- Kalpakjian, Scrope. 1984. *Manufacturing Processes for Engineering Materials*. Canada: Addison Wesley Publishing Company.
- Kasbollah dan Salipoen. 1979. *Pengetahuan Bahan dan Perkakas Otomotif*. Jakarta: Depdikbud.
- Kenyon. W. 1979. *Basic Welding and Fabrication*. New York: Mc Graw Hill
- Korb, Lawrence, et.al. 1987. *Metals Handbook*. Ohio: ASM International.
- LA Heij,L dan L.A.De BruiJn. 1995. *Ilmu Menggambar Bangunan Mesin*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Little, Richard.L. 1980. *Welding and Welding Technology*. New York: Mc Graw Hill.
- Lyman. T, 1968. *Sheet Metal Hand Book*. New York: ILO
- Luzadder, Warren J dan Hendarsin H. 1986. *Menggambar Teknik untuk Disain, Pengembangan Produk, dan Kontrol Numerik*. Jakarta; Penerbit Erlangga.
- Mayock, F.B. 1977. *Technical Drawing*. London: Heinemann Educational Books.
- Meyer, Leo. A. 1975. *Sheet Metal Shop Practice*. Chicago: Ais Publication.
- Mills, Kathleen, et.al. 1995. *Metals Handbook*. United States of Amerika: ASM International.
- Morling, K. 1978. *Geometric and Engineering Drawing for CSE and GCE*. London: Edward Arnold (Publisher) Ltd.
- Pinat Thaufiq. M. 1998. *Menggambar Mesin*. Padang : UPT MRC FT–UNP Padang.
- Purwantono. 1991. *Dasar-dasar Kerja Plat*. Padang:UPT Pusat Media Pendidikan FPTK IKIP Padang

Pusat Pembina dan Pengembangan Bahasa, 1990. *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta: Balai Pustaka

Rogan Warren. 1975. *Welding*. Sydney: McGraw-Hill Book Company.

Rohyana, Solih. 2004. *Mengelas Dengan Proses Las Busur Metal Manual*. Bandung: Armico.

Saito, G. Takeshi dan N. Sugiarto H. 1999. *Menggambar Mesin Menurut Standar ISO*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.

Sumantri. 1989. *Teori Kerja Bangku*. Jakarta: Depdikbud.

Sularso. 1995. *Elemen Mesin*. Jakarta: Pradnya Paramitha

Surdia, Tata dan Kenji Chijiwa. 1976. *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.

Surdia, Tata dan Kenji Chijiwa. 1984. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.

Syahrul. 1992. *Las Oksi-Asitelin*. Padang: MRC FPTK IKIP Padang.

TTUC. 1981. *Design Engginering*. Singapore: Terc

Van Bergeyk, K dan A. J. Liedekerken. 1981. *Teknologi Proses. Jilid II*. Jakarta: Penerbit Bhratara Karya Aksara.

Wood, Peter. W.1979. *Fundamental of Welding Skills*. London: The Mc Millan Press. Ltd

www.advantage.efabricated.metals.com, diakses 8 Oktober 2007

www.answers.com, diakses 5 Nopember 2007

www.automation.technology.com, diakses 20 Sepetember 2007

www.buypart.sby.co.uk, diakses 30 Sepetember 2007

www.edirectory.co.uk, diakses 15 September 2007

www.Forging-hydraulic-oress.com, diakses 8 Nopember 2007

www.notherm.tool.com, diakses 25 Oktober 2007

www.substech.com, diakses 17 September 2007

A4

www.suwaprecision.com, diakses 2 September 2007

www.tpub.com, diakses 21 Oktober 2007

www.uwm.com, diakses 24 Nopember 2007

www.weldotherm.com, diakses 3 September 2007

DAFTAR ISTILAH/GLOSARY

Alloy Steel	= baja paduan
Alloying element	= unsur paduan
Alternating current	= arus bolak balik
Annealing	= pelunakan
Arc welding	= busur nyala las
Assembling	= perakitan
Austenite	= besi gamma
Bainit	= baja halus hasil dari quenching
Beaded	= alur
Bearing	= bantalan
Bending	= menekuk/melipat/melengkungkan
Bending moment	= momen bengkok
Blanking	= pelubangan
Blind Rivet	= paku keeling tembak
Blower	= penghembus
Body	= badan
Brander	= pembakar
Brass	= kuningan
Braze welding	= las kuningan
Butt joint	= sambungan tumpul
CAD	= Computer Aided Design
Cavity	= rongga cetakan
Carbusing	= nyala karburasi
Case hardening	= pengerasan kulit
Centrifugal pump	= pompa centrifugal
Clothing`	= pakaian kerja
Clutch disc	= piringan kopling
Cold forging	= kerja tempa dingin
Complicated	= rumit
Compression	= kompresi/penekanan
Compressor	= kompresor
Conductivity	= konduktivitas
Copper	= tembaga
Core	= inti
Corner joint	= sambungan pojok
Corrosion	= korosi
Casting	= pengecoran
Counter block	= blok yang berlawanan
Coupling	= kopling
Crack	= retak
Creive	= celah
Cross joint	= sambungan silang

Crumping	= pengerutan
Cup	= tutup
Current	= arus
Cutting methode	= metode pemotongan
Damage	= rusak
Deep drawing	= penarikan dalam
Deformation	= deformasi
Dipping room	= kamar mandi
Direct current	= arus searah
Double curved surface	= permukaan lengkung berganda
Down	= di bawah
Downhand bult weld	= pengelasan di bawah tangan
Drift	= melubangi
Dry	= kering
Ductility	= kenyal
Edge joint	= sambungan sisi
Electrode wire	= inti elektroda
Element	= unsur
Enclosing	= merangkum
Equipment	= peralatan
Expendable mold	= cetakan sekali pakai
Explosive	= ledakan
Extruding	= ekstrusi
Fan	= kipas
Ferro metal	= logam besi
File	= kikir
File cabinet	= lemari arsip
Filler	= bahan tambah
Fillet joint	= sambungan sudut
Fire extinguisher	= tabung pemadam api
Flame	= nyala api asitelin
Flow meter	= alat pengukur aliran
Flux	= pelumasan
Fly wheel	= roda gila
Forging	= penempaan
Forming	= pembentukan
Fracture	= pecah
Fume	= asap
Fusion welding	= las cair
Gas metal arc welding	= las logam dengan perlindungan gas (GMAW)
Gas tungsten arc welding	= las tungsten dengan perlindungan gas (GTAW)
Gloove	= sarung tangan untuk mengelas
Goggle	= kaca mata las
Grease	= gemuk, pelumas

Handy craft	= pekerjaan tangan
Hardening	= pengerasan
Heat Affect Zone (HAZ)	= daerah pengaruh panas
Heat treatment	= perlakuan panas
Heating	= pemanasan
Helmet	= pelindung kepala
Hexagon	= segi enam beraturan
Hole	= rongga/lobang
Horizontal bult weld	= pengelasan horizontal
Horizontal	= horizontal
Impact	= tumbukan
Impressed current	= arus paksa
Inclusion	= kotor
Inpra red	= sinar infra merah
Iron	= besi
Joint type	= jenis sambungan
Key way	= pasak
Knock down	= bongkar pasang
Lap joint	= sambungan tumpang
Lap	= tumpangan
Locker	= laci
Logam ferro	= logam besi
Logam non ferro	= logam bukan besi
Machinability	= mampu mesin
Manufacturing	= pembuatan
Matches	= korek api
Metal part	= bagian logam
Metal	= logam
Mild steel	= baja lunak
Milling cutting	= mesin frais
Mixten weld metal	= logam lasan
Neutral flame	= nyala netral
Non ferro metal	= logam bukan besi
Non metal	= bukan logam
Oil	= minyak
Ornament	= hiasan
Orthogonal	= proyeksi tegak lurus dalam 2 dimensi
Overhead bult weld	= pengelasan di atas kepala
Overlap	= kelebihan logam pengisi las

Pentagon	= segi lima beraturan
Permanent mold	= cetakan permanen
Picling	= pengawetan/pelapisan
Pictorial	= proyeksi miring 3 dimensi
Pig iron	= besi kasar
Plastic deformation	= deformasi plastis
Pocket	= kantong
Poligone	= bersegi banyak
Portable	= dapat dipindah-pindahkan
Pressure	= tekanan
Pressure gouge	= pengukur tekanan
Pre cutting	= pemotongan awal
Pressing	= penekanan
Production	= produksi
Pulley	= pulli
Pump	= pompa
Punch	= pahat bilat
Quadrilaterals	= bersisi empat
Quenching	= celup dingin
Resistance welding	= las tahanan
Rolled resistance welding	= las tahanan rol
Rigid	= kaku
Riveting	= paku keling
Rolling	= pengerolan
Rubber	= karet
Ruled surface	= permukaan garis
Safety	= keselamatan
Shaft	= poros
Shearing	= gesekan
Sheet metal	= plat baja
Shield metal arc welding	= las busur nyala terbungkus
Sizing	= ukuran
Slack	= terak
Slip roller	= penggilingan
Solder	= solder/patri
Splatter	= percikan
Spinning	= putar/pilin
Splashing	= percikan
Spot welding	= las titik
Spring back	= gaya balik
Squeezing	= mengefrais
Stainless steel	= baja tahan karat
Statics	= statika
Steel	= baja

Strain	= regangan
Stretching	= peregangan
Strengthening	= penguatan
Stress	= tegangan
Swaging	= pukul putar
Switch	= pemutus hubungan
Tool	= alat
Torque	= torsi
Trousers	= celana panjang
True length	= panjang garis sebenarnya
Turbine	= turbin
Twist drill	= bor spiral
Unfold	= lipatan
Unroll	= membuka gulungan
Unrolled	= gulungan
Valve	= katup
Vernier caliper	= jangka sorong
Vernier height gauge	= alat ukur ketinggian
Vertical bult weld	= pengelasan vertikal
Vertical down	= pengelasan posisi tegak turun
Vertical Up	= pengelasan posisi tegak naik
Vertical	= vertikal
Vibration	= getaran
Vise	= ragum, penjepit
Vortex	= pusaran air
Warped cone	= kerucut baling
Warper surface	= permukaan baling
Weave bead	= jalur las
Weldability	= mampu las
Welded joint	= sambungan las
Welding	= pengelasan
Welding cost	= biaya pengelasan
Welding instruction	= instruksi pengelasan
Welding method	= metode pengelasan
Welding position	= posisi pengelasan
Welding quality	= kualitas pengelasan
Welding symbol	= simbol pengelasan
Welding squence	= urutan pengelasan
Wire drawing	= penarikan kawat
Wood	= kayu

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1. Tempa Tradisional	2
1.2. Mesin Bending dengan Program NC	4
1.3. Mesin Blanking dengan sistem Program NC	6
1.4. Jenis tumpuan dan arah reaksi.....	11
1.5. Sebuah benda diberi gaya tarik	12
1.6. Grafik Tegangan Regangan	13
1.7. Kurva Tegangan dan Regangan di Daerah Elastik	15
1.8. Hubungan Tegangan-Regangan pada Bahan Mulur Kontinu	16
1.9. Paku keling/rivet	18
1.10. Jarak pemasangan paku keling	16
1.11. Baut dan Mur	21
1.12. Poros Propeler Kapal	22
1.13. Kopling	23
1.14. Bejana Tekan	24
1.15. Poros, pasak, kopling	25
1.16. Macam-macam bentuk Pasak	25
1.17. Bentuk-bentuk roda gigi	27
1.18. Gambar Sudut Tekanan Roda Gigi	28
1.19. Roda Gigi Payung	30
1.20. Roda Gigi Cacing	30
1.21. Flat Belt	31
1.22. V-Belt	31
1.23. Timing Belt	31
1.24. Rantai dan Sproket	33
1.25. Mesin Bubut	34
1.26. Perkakas CNC	35
1.27. Mesin Potong Otomatis	36
1.28. Mesin Forging dan Squeezing	36
1.29. Mesin Perkakas NC	37
1.30. Mesin Rolling	37
1.31. Kompresor sentrifugal	38
1.32. Kompresor Torak	39
1.33. Pompa Centrifugal dan Roda gigi	40
1.34. Motor pembakaran luar	41
1.35. Turbin air	42
1.36. Turbin Propeller (Kaplan)	43
2.1. Langkah Sebelum Bekerja.....	48
2.2. Akibat kecelakaan kerja.....	49
2.3. Prosentase penyebab kecelakaan kerja di dalam bengkel kerja mesin	50
2.4. Mesin gerinda tanpa pelindung batu gerinda.....	51
2.5. Pemasangan penyanggah tidak benar	52

Gambar	Halaman
2.6. Rambut terpintal pada mata bor	53
2.7. Luka karena kikir.....	53
2.8. Pahat yang telah mengembang.....	54
2.9. Menggerinda tanpa kacamata	54
2.10. Sikap kerja yang kurang baik.....	55
2.11. Keadaan lingkungan kerja yang tidak aman/baik.	56
2.12. Helmet/pelindung kepala	59
2.13. Penutup rambut	59
2.14. Alat pelindung kebisingan.....	60
2.15. Alat pelindung kebisingan.....	61
2.16. Kacamata untuk pekerja pada laboratorium atau industri kimia.....	62
2.17. Kaca mata las asetilen.....	62
2.18. Pelindung muka	63
2.19. Masker las listrik	64
2.20. Sarung tangan.....	65
2.21. Sepatu kerja.....	66
2.22. Apron	66
2.23. Baju Kerja	67
3.1. Sumber bahan dari alam	71
3.2. Logam ferrous (Fe).....	75
3.3. Bahan tembaga dibuat sebagai hiasan kaligrafi.....	78
3.4. Velg roda dari aluminium	80
3.5. Bahan timbal.....	81
3.6. Alat rumah tangga dari bahan Aluminium.....	81
3.7. Atap rumah dari bahan asbes.....	82
3.8. Ban mobil yang terbuat dari karet alam	83
3.9. Packaging mesin dari bahan plastik	84
3.10. Proses mengerolan pelat baja tipis.....	85
3.11. Penggunaan pelat tipis baja tipis	86
3.12. Pembuatan baja paduan.....	86
3.13. Pemakaian baja paduan	87
3.14. Struktur dan sifat-sifat baja karbon sebelum pengerasan.....	88
3.15. Proses pencampuran unsur lain pada pembuatan baja paduan	88
3.16. Diagram pembuatan baja paduan	90
3.17. Pelat baja tipis	91
3.18. Pelat baja tebal	91
3.19. Dapur tinggi	93
3.20. Operasi dapur tinggi	94
3.21. Besi kasar (pig iron).....	95
3.22. Dapur besi kasar	96
3.23. Konverter Bessemer	97
3.24. Konverter Thomas	98

Gambar	Halaman
3.25. Dapur listrik.....	98
3.26. Dapur Siemen Martin.....	100
3.27. Bagan pengolahan biji besi sampai menjadi besi (baja) profil.....	101
3.28. Tank memakai pelat baja tebal.....	103
3.29. Macam-macam bentuk besi lonjor.....	104
3.30. Macam-macam bentuk baja Pelat.....	105
3.31. Bentuk pelat.....	109
3.32. Pelat aluminium.....	110
3.33. Pelat tembaga.....	117
3.34. Pelat kuningan.....	120
3.35. Pelat baja khusus.....	122
3.36. Pengerjaan panas pada baja tahan karat.....	123
3.37. Pelat stainless steel.....	129
3.38. Produk yang dibuat dari bahan pelat stainless steel ...	130
3.39. Diagram Fasa Fe – Cr.....	131
3.40. Diagram struktur dari baja tahan karat yang dideposisikan (Diagram Schaeffler).....	132
3.41. Hubungan antara temperatur mula dan waktu pembentukan fasa σ dan kegetasan 4750C pada baja Cr tinggi.....	134
3.42. Salah bentuk pelat stainless steel tebal.....	136
3.43. Pengaruh tegangan pada waktu patah dari baja tahan karat dalam larutan 42% MgCl yang mendidih.....	136
3.44. Pipa tebal stainless steel.....	138
3.45. Koil Stainless Steel.....	138
3.46. Pipa tipis stainless steel.....	138
3.47. Kawat stainless steel.....	138
3.48. Pelat yang mengalami korosi.....	139
3.49. Dinding mobil yang mengalami korosi.....	140
3.50. Dinding mobil yang mengalami korosi.....	143
4.1. Kerangka dan standar ISO/TC 10.....	160
4.2. Peralatan gambar.....	161
4.3. Pengukuran radius lingkaran.....	162
4.4. Cara menarik garis dengan pensil.....	163
4.5. Cara menggunakan jangka.....	164
4.6. Membuat lingkaran dengan bantuan batang penyambung.....	164
4.7. Cara membagi dua garis lurus sama panjang.....	169
4.8. Cara membuat garis tegak lurus melalui titik O.....	169
4.9. Cara membuat garis tegak lurus melalui titik T.....	169
4.10. Cara membuat garis tegak lurus yang melalui titik A...	169
4.11. Cara membagi sudut 90^0 menjadi dua sama besar.....	170
4.12. Cara membuat sebuah segi empat sama sisi.....	171

4.13. Cara membuat empat persegi panjang dengan sisi panjang AB	171
4.14. Cara membuat segi empat belah ketupat.....	171
4.15. Cara membuat belah ketupat yang telah diketahui sisi tingginya.	171
4.16. Cara membuat suatu segi lima yang panjang salah satu sisinya sudah diketahui.....	172
4.17. Cara membuat segi lima yang berada di dalam lingkaran.	172
4.18. Cara membuat suatu segi lima yang diketahui satu sisinya.....	173
4.19. Cara membuat segi lima yang berada di dalam lingkaran.	173
4.20. Cara membuat sebuah segi enam di dalam lingkaran.	174
4.21. Cara membuat sebuah segi enam di luar lingkaran.	175
4.22. Beberapa macam proyeksi	176
4.23. Gambar ilustrasi teknik	177
4.24. Gambar ilustrasi teknik (Bukan gambar piktorial)	177
4.25. Cara proyeksi aksonometri	178
4.26. Sudut proyeksi aksonometri	178
4.27. Sudut proyeksi isometri	179
4.28. Sudut proyeksi isometri	180
4.29. Sudut proyeksi dimetri	181
4.30. Sudut proyeksi miring	181
4.31. Proyeksi perspektif miring	182
4.32. Proyeksi sistem Eropa	183
4.33. Menggambar proyeksi sistem Eropa	184
4.34. Proyeksi sistem Amerika	185
4.35. Menggambar proyeksi sistem Amerika	186
4.36. Bentangan kubus.....	189
4.37. Bentangan Lingkaran secara grafis.....	190
4.38. Bentangan lingkaran secara matematis	191
4.39. Bentangan kerucut lurus/tegak secara matematis.....	191
4.40. Bentangan prisma tertutup	192
4.41. Bentangan prisma terbuka.....	193
4.42. Bentangan prisma terpancung (dipotong miring).....	193
4.43. Bentangan prisma dipotong miring.....	194
4.44. Pembentangan prisma	195
4.45. Metode baku untuk membentangkan permukaan samping prisma lurus.....	196
4.46. Pembentangan prisma segi enam lurus dan miring	197
4.47. Pembentangan prisma miring.....	193
4.48. Pembentangan silinder	199
4.49. Pembentangan silinderl lingkaran lurus dipotong miring.....	199
4.50. Siku dua potong.....	200

Gambar	Halaman
4.51. Bentangan silinder datar ditembus silinder miring	200
4.52. Pembentangan bidang miring	201
4.53. Bukaan dua buah tabung yang disambung	202
4.54. Bentangan sambungan T dua buah tabung/silinder	203
4.55. Bentangan sambungan dua buah tabung dengan diameter yang berbeda	204
4.56. Sambungan dua buah tabung yang tidak simetris.....	205
4.57. Diagram panjang sejati (metode putar)	206
4.58. Pembentangan kerucut	206
4.59. Bukaan dan suatu corong dengan alas segi empat dan ujungnya berbentuk lingkaran.....	207
4.60. Bukaan dan sebuah piramida yang disambung dengan silinder	298
4.61. Bukaan sebuah corong segi empat	209
4.62. Bukaan corong segi empat dari bahan pelat	210
4.63. Bukaan kerucut miring dan dipotong miring	211
4.64. Bukaan sebuah piramida dengan alas berbentuk segi enam	212
4.65. Bukaan kerucut dengan silinder	213
4.66. Bukaan kerucut dengan silinder	214
4.67. Pembentangan kerucut terpancung	216
4.68. Pembentangan piramida.....	216
4.69. Pembentangan piramida segitiga	217
4.70. Pembentangan prisma segi empat miring	217
4.71. Pembentangan triangulasi segi tiga dan segi empat ..	218
4.72. Triangulasi permukaan.	218
4.73. Bagian peralihan pipa yang menyambung pipa bulat dan pipa bujur sangkar	219
4.74. Bagian peralihan pipa bulat dan pipa pipa bujur sangkar.....	220
4.75. Bagian peralihan pipa bulat dan pipa lonjong.....	220
4.76. Pembentangan bagian peralihan pipa lewat triangulasi	221
4.77. Pembentangan bola dengan pendekatan.....	222
4.78. Pembentangan bola dengan sambungan pipa tegak ..	223
4.79. Pembentangan bola dengan sambungan pipa datar..	223
4.80. Menentukan titik tembus lewat pemeriksaan	225
4.81. Pemakaian bidang yang memproyeksikan garis	226
4.82. Menentukan tempat dimana garis menembus benda pada geometrik	227
4.83. Menentukan titik dimana garis menembus kerucut hal umum.....	228
4.84. Pictorial piala	229
4.85. Pembentangan kubah mesjid dengan proyeksi siku ...	230
4.86. Pembentangan kubah mesjid dengan proyeksi 45^0	231

Gambar	Halaman
5.1. Mistar baja sistem metric	237
5.2. Mistar baja sistem imperial	238
5.3. Mistar gulung	238
5.4. Protractor	239
5.5. Vernier Bevel Protractor	240
5.6. Penunjukkan ukuran vernier bevel protractor	240
5.7. Pengukuran dengan Vernier Caliper	241
5.8. Vernier Caliper dengan dial indikator	242
5.9. Vernier Caliper	243
5.10. Cara menggerakkan penyetel vernier caliper	244
5.11. Skala utama pada bagian nonius	244
5.12. Pembacaan pada vernier caliper	245
5.13. Penunjukkan ukuran pada vernier caliper	246
5.14. Penunjukkan pengukuran pada vernier caliper	247
5.15. Penunjukkan ukuran pada vernier caliper	247
5.16. Pembacaan skala vernier caliper	248
5.17. Rahang vernier pada posisi membuka 1/128 inchi	248
5.18. Posisi pengukuran 13/16 inchi	249
5.19. Posisi pengukuran 1 7/32	249
5.20. Vernier dengan ketelitian 0,001 inchi	250
5.21. Penunjukkan perbedaan sebesar 0,001 inchi	250
5.22. Posisi pengukuran pada vernier caliper	251
5.23. Posisi penunjukan pada vernier caliper	251
5.24. Menyiapkan vernier caliper	252
5.25. Memperkirakan pembukaan rahang ukur	253
5.26. Menggerakkan rahang vernier caliper	253
5.27. Membaca ukuran pada vernier caliper	253
5.28. Menggerakkan rahang	254
5.29. Membaca ukuran pada vernier caliper	254
5.30. Tempat menyimpan vernier caliper	255
5.31. Vernier Caliper Analog	256
5.32. Vernier Caliper dengan Dial Indikator	256
5.33. Vernier Caliper Digital	257
5.34. Alat ukur ketinggian (vernier height gauge)	258
5.35. Langkah pengukuran	259
5.36. Cara melakukan pengukuran	260
5.37. Macam-macam Height Gauge	261
5.38. Pemakaian mikrometer luar	262
5.39. Ukuran rangka 0 – 25 mm	263
5.40. Ukuran rangka 25 – 50 mm	263
5.41. Bagian-bagian utama micrometer	263
5.42. Besarnya skala ukuran	264
5.43. Mengkalibrasi mikrometer	264
5.44. Mengkalibrasi mikrometer	265
5.45. Mengkalibrasi mikrometer ukuran 25 – 50 mm	265
5.46. Cara melakukan pengukuran yang benar	266

Gambar	Halaman
5.47. Penunjukan ukuran mikrometer.....	267
5.48. Penunjukan ukuran mikrometer.....	267
5.49. Penunjukan pengukuran.....	268
5.50. Ukuran mikrometer inchi.....	269
5.51. Besaran pada skala utama.....	270
5.52. Besaran pada skala bidal.....	270
5.53. Penunjukan ukuran.....	271
5.54. Cara menyimpan mikrometer.....	271
5.55. Macam-macam Mikrometer luar.....	272
5.56. Mikrometer Dalam.....	273
5.57. Mengukur diameter dalam.....	273
5.58. Mengukur celah sejajar.....	273
5.59. Mikrometer pengukur dalam dan batang pengganti ..	274
5.60. Skala ukuran pada mikrometer dalam.....	275
5.61. Mengukur dengan menggunakan mistar baja.....	276
5.62. Mikrometer dalam dan batang ukur.....	276
5.63. Mengendorkan baut pengunci dan melepaskan landasan tetap.....	277
5.64. Permukaan ukur dan batang ukur.....	277
5.65. Memasukkan batang ukur pengganti dan menguncikan baut pengunci.....	278
5.66. Mengkalibrasi mikrometer dalam.....	278
5.67. Menset mikrometer dalam.....	279
5.68. Memutar bidal sampai batang ukur menyentuh permukaan benda kerja.....	276
5.69. Mengukur kesekeliling permukaan dan membaca.....	280
5.70. Mengukur dengan menggunakan mikrometer dalam ..	281
5.71. Mikrometer pengukur kedalaman.....	282
5.72. Batang ukur pengganti.....	282
5.73. Skala ukur mikrometer pengukur kedalaman.....	283
5.74. Penunjukkan ukuran Pada mikrometer pengukuran kedalaman.....	283
5.75. Penunjukkan ukuran.....	284
5.76. Batang ukur 25 – 50 mm.....	284
5.77. Membuka baut pengunci dan mengeluarkan sumbu penyambung (rumah batang ukur).....	285
5.78. Pemasangan kembali.....	285
5.79. Mengkalibrasi alat ukur.....	286
5.80. Tempat penyimpanan.....	286
5.81. Alat ukur radius/mal radius.....	287
5.82. Pengukuran dengan mal radius.....	287
5.83. Mengukur radius pada bagian sudut benda kerja.....	288
5.84. Rumah bilah mal ukur.....	288
5.85. Bilah ukur mal radius.....	289
5.86. Cara melakukan pengukuran.....	290
5.87. Mal radius ukurannya terlalu besar.....	290

Gambar	Halaman
5.88. Mal radius ukurannya terlalu kecil.	290
5.89. Pengukuran dan bentuk radius yang benar.....	291
5.90. Dial indikator.....	291
5.91. Pengukuran kesejajaran dan kelurusan lubang.....	292
5.92. Pelaksanaan pengukuran.....	293
5.93. Dial indikator dengan blok magnit.....	293
5.94. Gambar kerja dan informasinya.....	296
5.95. Meja perata.....	298
5.96. Blok siku.	299
5.97. Pemasangan benda kerja pada blok.....	299
5.98. Siku-siku baja dikeling mati.....	300
5.99. Cara melakukan pengukuran dengan siku-siku.....	301
5.100. Benda kerja yang tidak rata.	302
5.101. Siku-siku dengan bilah yang dapat digeserkan.....	302
5.102. Siku-siku kombinasi.....	303
5.103. Pemakaian siku-siku kombinasi.....	304
5.104. Cara mencari titik pusat.	305
5.105. Macam-macam penggores.	305
5.106. Langkah penggoresan.	306
5.107. Menggores dengan beberapa alat bantu.	307
5.108. Blok penggores.	308
5.109. Penitik garis.....	309
5.110. Penitik pusat.....	309
5.111. Penitik otomatis.....	310
5.112. Membuat tanda dengan penitik.....	311
5.113. Jangka tusuk.....	313
5.114. Cara mengukur dengan jangka tusuk.....	314
5.115. Membuat lingkaran dengan jangka tusuk.....	314
5.116. Jangka kaki.	315
5.117. Mengukur diameter dalam dengan jangka kaki.....	316
5.118. Mengukur celah dengan jangka kaki.	316
5.119. Jangka bengkok.....	317
5.120. Mengukur diameter luar benda.....	318
5.121. Membaca ukuran dengan bantuan mistar baja.....	318
5.122. Jangka pincang.....	319
5.123. Mengukur pembukaan kaki dengan mistar baja.....	320
5.124. Cara membuat garis sejajar.....	320
5.125. V Blok.....	321
5.126. Pemakaian V blok.....	321
5.127. Klem C.	322
5.128. Klem sejajar.	322
5.129. Memberikan pewarna pada permukaan benda kerja.....	323
5.130. Melakukan pekerjaan menggaris dan menitik.....	324

Gambar	Halaman
6.1. Ragum	328
6.2. Tinggi pemasangan ragum pada meja kerja	328
6.3. Pelapis rahang ragum.....	329
6.4. Cara penjepitan beberapa jenis bahan benda kerja... ..	330
6.5. Pengikatan benda kerja pada ragum.....	331
6.6. Posisi penjepitan benda kerja pada ragum.....	331
6.7. Palu keras.....	332
6.8. Mengeling dengan palu konde.....	333
6.9. Palu lunak.....	334
6.10. Tang kombinasi.....	335
6.11. Tang potong.....	335
6.12. Tang pembulat.....	336
6.13. Tang pipa.....	336
6.14. Kikir dan nama bagian-bagiannya	337
6.15. Jenis gigi pemotong kikir	338
6.16. Kikir rata.....	338
6.17. Macam kikir instrumen	339
6.18. Cara memegang tangkai kikir	340
6.19. Mengikir kasar/pengikiran awal	341
6.20. Pengikiran ringan.....	341
6.21. Pengikiran benda kerja tipis.....	342
6.22. Posisi badan dan kaki saat pengikiran	342
6.23. Cara mengikir silang	344
6.24. Mengikir searah dengan panjang benda kerja.....	345
4.25. Mengikir lubang segi empat.....	346
6.26. Mengikir radius luar	347
6.27. Sikat kikir	347
6.28. Cara membersihkan kikir	348
6.29. Cara menyimpan kikir	348
6.30. Bagian-bagian gergaji tangan.....	349
6.31. Pahat tangan	359
6.32. Macam-macam pahat rata.....	351
6.33. Bentuk pahat tangan	351
6.34. Cara memegang pahat yang benar	353
6.35. Posisi berdiri saat memahat	353
6.36. Kepala Pahat	354
6.37. Pembatas meja kerja	355
6.38. Mengasah Mata Pahat	356
6.39. Skrap rata	357
6.40. Skrap setengah bulat.....	358
6.41. Skrap mata segi tiga	358
6.42. Macam-macam skrap	359
6.43. Gerakan pengasahan pada batu asah	360
6.44. Menajamkan mata potong	360
6.45. Menyekrap rata.....	361
6.46. Menyekrap dengan skrap setengah bulat.....	362

Gambar	Halaman
6.47. Tap	363
6.48. Snei dan Tap	363
6.49. Tap konis	364
6.50. Tap antara	364
6.51. Tap rata	365
6.52. Tangkai tap	365
6.53. Penjepitan benda kerja dan pemasangan tap	366
6.54. Pemasangan tap dan pemeriksaan kesukuan	367
6.55. Langkah awal pengetapan	367
6.56. Pemberian minyak pelumas	368
6.57. Snei pejal	368
6.58. Snei bercelah (Split die)	369
6.59. Pemegang snei	369
6.60. Mempersiapkan benda kerja	370
6.61. Langkah penguliran	371
6.62. Pemerluas lubang (reamer)	372
6.63. Memperluas lubang tirus	373
7.1 Jenis-jenis sambungan pada pelat	380
7.2 Langkah-langkah pengerjaan sambungan alas ganda	381
7.3 Sambungan berimpit	381
7.4 Penguatan sambungan berimpit	382
7.5 Sambungan sudut alas	382
7.6 Sambungan bilah	383
7.7 Sambungan Tutup melengkung	383
7.8 Langkah pembentukan sambungan alas silinder	384
7.9 Jenis-jenis kepala paku keling	385
7.10 Paku Tembak (blind rivet)	387
7.11. Pilot countersink	388
7.12. Drill Bit countersink	388
7.13. Pemasangan Rivet countersink	388
7.14 Gun Blind Rivet	389
7.15 Pemasangan Paku Tembak	389
7.16 Proses Pemasangan	390
7.17. Skema penyolderan	391
7.18. Solder Listrik	392
7.19. Solder Pemanas LPG	393
7.20. Solder Pemanas arang Kayu	393
7.21 Penyolderan	393
7.22. Proses Penyolder	394
7.23 Brazing	395
7.24 Brander untuk brazing	397
7.25 Fluks	397
7.26 Bahan Tambah	397
7.27 Brazing Mata Pahat Bubut	397

Gambar	Halaman
7.28. Proses Brazing di Industri.....	398
7.29. Las Resistansi Titik.....	399
7.30. Las resistasi titik dengan penggerak tuas tangan	400
7.31. Las resistansi titik dengan penggerak tuas.....	400
7.32. Penyetelan batang penyangga elektroda	401
7.33. Las Resistansi.....	401
7.34. Proses Las Resistansi	402
7.35. Skema Pengelasan.....	403
7.36. Polaritas arus pengelasan	405
7.37. Trafo Las dan Kelengkapannya	406
7.38. Meja Las	406
7.39. Ruang las	407
7.40. Perlengkapan Keselamatan Kerja Las Busur Nyala ...	408
7.41. Berbagai macam posisi pengelasan	409
7.42. Sambungan sudut.....	410
7.43. Kampuh V	410
7.44. Latihan mengelas Posisi 2 F.....	411
7.45. Beberapa model pengelasan	412
7.46. Teknik Ayunan dalam pengelasan di bawah tangan ..	413
7.47. Teknik Mengelas Kampuh Sudut	413
7.48. Teknik mengelas Pada Posisi Vertikal Up	414
7.49. Pengelasan posisi Over head.....	415
7.50. Jalur las dilihat secara visual	416
7.51. Kriteria hasil pengelasan	417
7.52. Proses pengelasan pipa di lapangan.....	418
7.53. Sambungan Las yang Mengalami Keretakan	418
7.54. Kawat Las/Elektroda.....	421
7.55. Proses Las Oksi-asetilin	428
7.56. Generator asetilen	429
7.57. Brander Las Asetilen	430
7.58. Nyala api Oksi-asetilen	432
7.59. Regulator Oksigen	437
7.60. Regulator Asetilen	437
7.61. Selang Gas	440
7.62. Las Asetelin	442
7.63. Las TIG	443
7.64. Skema pengelasan las TIG	444
7.65. Diagram rangkaian listrik dari mesin las listrik DC.....	445
7.66. Pengaruh polaritas pada pengelasan TIG	446
7.67. Skema las TIG	447
7.68. Contoh Pengerjaan Las TIG	448
7.69. Rangkaian Las TIG.....	448
7.70. Mulut pembakar (<i>Welding Torch</i>) dengan pendinginan air	450
7.71. Jenis pelindung nozel	451
7.72. Nozel las TIG	451

Gambar	Halaman
7.73. Botol gas pelindung	453
7.74. Regulator dan Flowmeter	454
7.75. Flowmeter dan Ekonomiser	455
7.76. Jenis Alat untuk Membersihkan Permukaan	455
7.77. Cara Memasang Peralatan Las TIG	454
7.78. Membuka Keran Katup Silinder	457
7.79. Sistem Saluran Daya, Gas dan Air Pendingin	457
7.80. Posisi Pengelasan dengan TIG	460
7.81. Posisi memegang gagang mulut pembakar (torch) .	461
7.82. Posisi sudut elektroda tungsten dan arah pengelasan bawah tangan	461
7.83. Mesin Las TIG semi-otomatis	463
7.84. Mesin Las TIG.....	463
7.85. Pemindahan Sembur pada las MIG.....	464
7.86. Bagian-bagian Utama Wire Feeder	467
7.87. Torch Las MIG	467
7.88. Sepatu Kabel	468
7.89. Silinder dan Regulator Gas Pelindung	469
7.90. Sikat baja	469
7.91. Smit tang	479
7.92. Pemotongan kawat	470
7.93. Perlengkapan GMAW/MIG	471
7.94. Penyetelan wire Feeder	472
7.95. Proses pengelasan las MIG	476
7.96. Operasional las MIG	476
7.97. Power supply Las MIG.....	477
7.98. Mesin Las MIG.....	478
7.99. Takikan bawah	478
7.100. Penumpukan logam las	479
7.101. Keropos.....	479
7.102. Kurang pencairan.....	479
7.103. Tercemar oleh tungsten	480
7.104. Terperangkap kotoran.....	480
7.105. Retak.....	481
7.106. Las catat	482
7.107. Menggunakan klem.....	483
7.108. Menggunakan pelat punggung	483
7.109. Teknik pengelasan berurutan	483
7.110. Klasifikasi ulir segi tiga.....	485
7.111. Gambar baut tembus, tap dan tanam	487
7.112. Jenis-jenis baut	488
7.113. Macam-macam Sekrup Mesin	488
7.114. Jenis-jenis mur	488
7.115. Gambar Sekrup.....	489

Gambar	Halaman
8.1. Prinsip Kerja pemotongan	492
8.2. Mesin Potong Otomatis/Mesin Gullotin otomatis	493
8.3. Proses Pemotongan Otomatis	494
8.4. Proses pemotongan gunting	494
8.5. Gunting tangan lurus.....	495
8.6. Proses Pemotongan dengan gunting lurus.....	495
8.7. Gunting tangan lingkaran.....	496
8.8. Proses pemotongan dengan gunting Lingkaran	496
8.9. Gunting tangan kombinasi	496
8.10. Proses pemotongan dengan gunting kombinasi.....	497
8.11. Gunting kombinasi dengan penahan	497
8.12. Gunting kanan.....	498
8.13. Gunting lingkaran.....	498
8.14. Gunting tuas	498
8.15. Bagian-bagian gunting tuas	499
8.16. Pemotongan Pelat dengan pahat	499
8.17. Posisi pahat untuk pemotongan Pelat	500
8.18. Gergaji Tangan	501
8.19. Langkah pemotongan	503
8.20. Pemasangan daun mata gergaji	504
8.21. Memegang gergaji tangan	504
8.22. Pemotongan pendahuluan.....	505
8.23. Cara memotong bahan panjang	505
8.24. Penjempitan pipa tipis pada ragum.....	506
8.25. Cara memotong pipa.	506
8.26. Mesin Gergaji Pita.....	507
8.27. Posisi mesin guillotine.....	508
8.28. Hasil pemotongan Pelat.....	509
8.29. Bagian mesin Gullotine	509
8.30. Mesin Gullotine Manual	510
8.31. Gullotine Mesin	510
8.32. Mesin Gunting Hidrolik.....	512
8.33. Mesin Potong Plane Hidrolik.....	512
8.34. Mesin Gunting Putar	513
8.35. Mesin gunting lingkaran	513
8.36. Mesin Pemotongan Melingkar	514
8.37. Mesin Gunting Melingkar	514
8.38. Mesin Wibler	515
8.39. Mesin Potong Vertikal	516
8.40. Mesin Gerinda Potong	516
8.41. Penampang sepanjang garis potong pada pemotongan oksigen.....	518
8.42. Brander Potong Las Asetilen	518
8.43. Proses Pemotongan dengan Asetilen.....	519
8.44. Pemotongan las busur Plasma	520
8.45. Mesin Potong plasma (Plasma Cutting).....	521

Gambar	Halaman
8.46. Mesin Potong Tenaga Laser	521
8.47. Bentuk penampang potongan	522
9.1. Hasil Produk Pelat Tipis dan Pelat Tebal untuk Konstruksi alat pengolahan Hasil Pertanian dan Turbin air Skala Kecil	528
9.2. Pemotongan	530
9.3. Penembukan	530
9.4. Penembukan dengan penahan pegas	530
9.5. Pembengkokan	531
9.6. Bending U	531
9.7. Squeezing	531
9.8. Squeezing Tutup Botol	532
9.9. Press	532
9.10. Penguatan Tepi	532
9.11. Spring Back pada Pelat	535
9.12. Proses Bending dan Faktor- K	536
9.13. Palu Besi Segiempat dan Bulat	538
9.14. Palu Besi Kombinasi segi empat dan tirus serta Bulat	538
9.15. Palu Besi Kombinasi Bulat rata& Bola dan Pipih	538
9.16. Palu Kayu Kepala Bulat dan Palu Karet Bulat	539
9.17. Palu Karet Persegi	539
9.18. Palu Plastik Palu Kombinasi dan Bulat	539
9.19. Palu Kayu Tirus dan Palu Rata	540
9.20. Macam-macam Landasan	540
9.21. Kombinasi	541
9.22. Rata	541
9.23. Bulat	541
9.24. Kombinasi Silinder dan Tirus	541
9.25. Seperempat Bola	542
9.26. Kombinasi rata Kerucut	542
9.27. Kombinasi silinder	542
9.28. Sudut 45° dan Kerucut	542
9.29. Pipa	542
9.30. Alur	542
9.31. Kombinasi Tirus dan silinder	543
9.32. Kedudukan Landasan	543
9.33. Pembentukan secara manual	545
9.34. Pembentukan Mangkuk	545
9.35. Pengecekan radius benda	546
9.36. Pembentukan Pipa Lengkung	546
9.37. Langkah Proses Tekuk	548
9.38. Langkah awal Tekuk	548
9.39. Penekukan Pelat	549
9.40. Sudut Tekuk	549

Gambar	Halaman
9.41. Bantangan pada Proses Tekuk.....	550
9.42. Konstruksi Mesin Tekuk/Lipat	550
9.43. Jenis Lipatan	551
9.44. Langkah proses tekuk untuk sambungan lipat.....	551
9.45. Penekukan bidang Lengkung	552
9.46. Mesin Bending Hidrolik	552
9.47. Proses Bending Dies dan Punch	553
9.48. Mesin Lipat Universal.....	554
9.49. Mesin Lipat Universal.....	555
9.50. Berbagai macam Tipe Punch dan Dies	555
9.51. Langkah Bending Untuk Proses Bending Sisi Tepi Pelat menjadi Bentuk Silinder memanjang di Sepanjang tepi Pelat	556
9.52. Bantangan Pelat dengan Tipe Bend Allowanced dan Bend Reduction	556
9.53. Kelengkungan pada Proses Bending.....	557
9.54. Aplikasi proses tekuk	558
9.55. Perkembangan Mesin Tekuk yang di Industri Hydraulic Bending Machine NC	560
9.56. Proses pengerolan Pelat Tebal di Industri Pengerolan dilakukan dengan menggunakan Motor Listrik sebagai penggerak dan sistem penekannya menggunakan Hidrolik Sistem	561
9.57. 21 Tipe susunan Rol Jepit	562
9.58. Tipe Susunan Rol Piramide	562
9.59. Tipe Susunan Rol Kombinasi Jepit dan Piramide.....	563
9.60. Grafik Tegangan Regangan Baja Carbon dan Baja Karbon Tinggi.....	566
9.61. Mesin Rol Kombinasi Tipe Jepit dan Piramide	567
9.62. Macam-macam Kesalahan pada Proses Pengerolan.....	568
9.63. Aplikasi proses pengerolan yang ada di Industri	569
9.64. Proses peregangan.....	573
9.65. Efek peregangan.....	573
9.66. Proses Blanking untuk Penembukan Pelat.....	574
9.67. Proses Blanking Pelat menjadi Bentuk bulat dan persegi tak tentu	575
9.68. Peletakan benda kerja pada Proses Blanking	576
9.69. Proses Blanking untuk pembuatan Ring Pelat.....	577
9.70. Mesin Blanking Pelat	578
9.71. Punch dan Dies	578
9.72. Bentuk Punch.....	579
9.73. Menentukan Titik Berat Punch.....	579
9.74. Aplikasi Penggunaan Hasil Proses Blanking	580
9.75. Proses Drawing.....	581
9.76. Blank dan draw piece.....	581

Gambar	Halaman
9.77. Mesin Deep Drawing	582
9.78. Proses drawing	583
9.79. Beberapa macam bentuk draw piece	584
9.80. Langkah Proses Deep Drawing	584
9.81. Bagian Utama Die Drawing.....	585
9.82. Metoda Penekanan Gaya Tunggal	589
9.83. Metoda Penekanan Gaya Ganda	590
9.84. Pembuatan Mangkuk pada proses Deep Drawing ...	591
9.85. Contoh Produk Deep Drawing	591
9.86. Mesin Press	592
9.87. Mesin <i>Squeezing</i> sistem hidrolik	594
9.88. Produksi dari proses pressing mangkuk dalam jumlah besar.	594
9.89. Peralatan Mesin Press.....	595
9.90. Hasil Produk Jadi Proses Squeezing Kereta Api Cepat Dan Mobil	595
9.91. Proses Spinning untuk pembentukan Pelat.....	596
9.92. Proses Spinning	597
9.93. Tool spinning.....	597
9.94. Eretan Atas rest	598
9.95. Proses Spin	598
9.96. Tool Pembentuk	599
9.97. Proses finishing.....	599
9.98. Produksi Spinning Proses1	600
9.99. Produksi Spinning Proses2.....	600
9.100. Komponen Hasil Produk Spinning	601
9.101. Pelat tanpa penguatan	602
9.102. Pelat dengan penguatan.....	602
9.103. Macam-macam penguatan Tepi	603
9.104. Penguatan Tepi dengan Lipatan.....	604
9.105. Macam-macam penguatan tepi dengan cara dipress	604
9.106. Penguatan Tepi dengan Proses Jogle.....	605
9.107. Penguatan Body	605
10.1. Grafik Kecepatan Pendinginan (Hubungan Suhu dengan waktu Pendinginan)	613
10.2. Dapur Tempa	614
10.3. Dapur Tempa sederhana.....	616
10.4. Landasan Paron	617
10.5. Landasan Datar dan Landasan Profil	617
10.6. Macam-Macam Smed Tang	618
10.7. Macam-macam Palu Tempa	619
10.8. Beberapa Jenis Palu Tempa	620
10.9. Mesin Hammer	621
10.10. Bagian Utama Mesin Hammer	622

Gambar	Halaman
10.11. Bak Pendingin	623
10.12. Penjepit Hidrolik	623
10.13. Ragum Tempa	623
10.14. Proses Penempaan Alat Pertanian Parang	624
10.15. Parang Hasil Tempa	624
10.16. Penempaan di Atas Landasan	625
10.17. Proses penempaan pembuatan parang	625
10.18. Penempaan Parang Panjang	626
10.19. Proses Tempa dengan Mesin Hammer	626
10.20. Mesin Hammer Konvensional	627
10.21. Tempa dengan menggunakan Die	628
10.22. Beberapa Model Penempaan	628
10.23. Hasil Produksi Tempa 1	629
10.24. Hasil Produksi Tempa 2	629
10.25. Proses Pembentukan Ekstrusi Dingin.....	632
10.26. Metode Pembentukan Ekstrusi	632
10.27. Metode penekanan Bantang	633
10.28. Langkah Pembentukan Kepala.....	633
10.29. Pembentukan Kepala Paku Keling	634
10.30. Hasil Produk Ekstrusi 1	634
10.31. Hasil dari Proses Ekstrusi 2	635
10.32. Diagram Batas Pembentukan Keeler Goodwin	636
10.33. Kemampuan Bentuk (Wood Cs)	637
10.34. Hub. Regangan Perentangan dengan Kurva Tegangan-Regangan.....	639
11.1. Macam-macam Screw, Baut dan Mur	648
11.2. Kotak Persegi	648
11.3. Kotak Saluran	649
11.4. Silinder.....	650
11.5. Silinder dengan pengawatan	651
11.6. Elbow persegi	652
11.7. Kotak Alat	653
11.8. Ember	654
11.9. Cerocok	655
11.10. Kotak Trapesium.....	656
11.11. Saluran Trapesium	657
11.12. Trapesium Eksentrik	658
11.13. Kotak Panjang	659
11.14. Kotak Bertutup	660
11.15. Perakitan kotak sampah	661

DAFTAR TABEL

Tabel.	Halaman
3.1. Sifat teknis bahan yang perlu diperhatikan dalam pemilihan bahan.	72
3.2. Klasifikasi baja karbon	76
3.3. Klasifikasi besi cor	77
3.4. Ketebalan Pelat B.S 4391.....	108
3.5. Ketebalan Pelat ISWG.....	108
3.6. Komposisi Khas dari Paduan-paduan yang Umum	113
3.7. Komposisi dan sifat-sifat jenis baja paduan martensit Komposisi: 18% N, 8% Co, 5% Mo, 0,4% Ti	129
4.1. Bahasa dan Gambar.....	153
4.2. Kerangka dan bidang-bidang kerja ISO/TC 10.....	159
4.3. Harga sudut-sudut proyeksi dan skala perpendekan dalam proyeksi aksonometri.	179
6.1. Hubungan besar sudut mata potong dengan jenis bahan yang akan dipotong	352
7.1. Dimensi rivet B.S 4620	386
7.2. Dimensi Spesial Blind River.....	387
7.3. Fluks dan penggunaannya	392
7.4. Komposisi Solder Lunak.....	394
7.5. Komposisi solder keras.....	396
7.6. Arti digit keempat dari elektroda	423
7.7. Kuat arus dan Tebal bahan dan dia elektrode.....	425
7.8. Hubungan Tebal Bahan, Nomor Tip Nozzle, dan Tekanan Gas	430
7.9. Perbedaan selang oksigen dan asetilen.....	440
7.10. Penggunaan Mesin las TIG untuk beberapa logam	447
7.11. Ketentuan umum penyetelan/pengaturan besaran arus dan tegangan pengelasan berdasarkan diameter kawat elektroda.....	473
7.12. Perbandingan penggunaan gas pelindung	475
7.13. Klasifikasi ulir segi tiga dalam ukuran Inchi dan metrik.....	485
7.14. Ukuran Standar Ulir Kasar Metris (JIS B.0205).....	486
7.15. Bahan Baut, Mur dan Skrup	487
8.1. Hubungan antara besar ukuran bahan dan jenis bahan dengan jenis daun mata gergaji.....	503
8.2. Suaian pisau mesin guillotine	508
8.3. Klasifikasi cara pemotongan.....	517
9.1. Klasifikasi Cold Working	533
9.2. Jenis material dan kecepatan maksimal <i>draw dies</i>	589
10.1. Warna Pembakaran dan Temperatur	615
10.2. Forging 1.....	630

10.3. Forging 2.....	630
10.4. Forging 3.....	631

ISBN 978-979-060-101-7
ISBN 978-979-060-103-1

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 45 Tahun 2008 tanggal 15 Agustus 2008 tentang Penetapan Buku Teks Pelajaran yang Memenuhi Syarat Kelayakan untuk digunakan dalam Proses Pembelajaran.

HET (Harga Eceran Tertinggi) Rp. 20.130,00