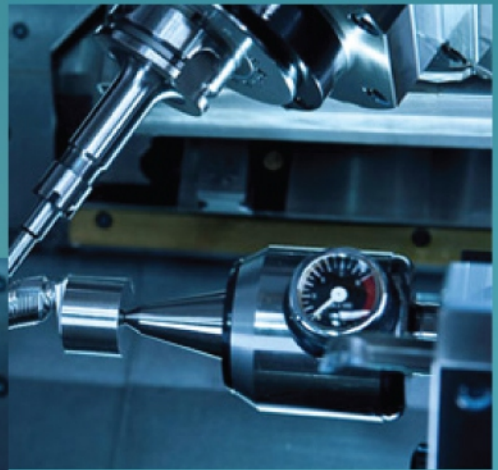


KOMPETENSI OPERATOR MESIN PERKAKAS



WIDARTO

KOMPETENSI OPERATOR MESIN PERKAKAS

KOMPETENSI OPERATOR MESIN PERKAKAS

WIDARTO



Kompetensi Operator Mesin Perkakas

--Yogyakarta: LeutikaPrio

ix + 254 hlm ; 14,5 x 21 cm

Cetakan Pertama

Penulis : Widarto

Pemerhati Aksara: Tim LeutikaPrio

Desain Sampul : Cynthia

Tata Letak : Anwar



Jl. Wiratama No. 50, Tegalrejo, Yogyakarta, 55244

Telp. (0274) 625088

www.leutikaprio.com

email: marketing@leutikaprio.com

Hak cipta dilindungi oleh undang-undang.

Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini
tanpa izin dari penerbit.

ISBN: 978-602-371-073-7

Dicetak oleh PT Leutika Nouvalitera

Isi di luar tanggung jawab percetakan.

KATA PENGANTAR

Seorang operator mesin perkakas perlu menguasai ilmu pengetahuan dasar yang relevan. Meskipun sebagian industri manufaktur di Indonesia sejak era tahun 1980an sudah banyak yang menerapkan mesin perkakas berbasis CNC (*computer numerical controlled*), namun seorang operator mesin perkakas tetap saja memerlukan bekal yang cukup tentang prinsip dasar kerja mesin perkakas. Ilmu pengetahuan tersebut diperlukan untuk menunjang pekerjaan sehari-hari sebagai seorang operator mesin perkakas, baik mesin konvensional maupun mesin yang berbasis CNC.

Buku ini ditulis untuk menyegarkan kembali ilmu pengetahuan dasar yang pernah dipelajari oleh seorang operator maupun teknisi mesin perkakas. Oleh karena itu, pada bagian awal isi buku ini berisi Statika dan Tegangan, Elemen Mesin, Material dan Mineral, Proses Pengecoran Logam, Proses Pemesinan, Proses Pengerjaan Panas, serta Konversi Energi. Sebagai kebutuhan dasar bagi seorang operator/teknisi, buku ini juga menjelaskan tentang Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) bagi operator/teknisi bidang pemesinan. Selain itu dua modal dasar yang harus dikuasai oleh seorang operator mesin perkakas adalah dapat mengukur menggunakan alat ukur presisi dan membaca bahasa gambar. Oleh karena itu, kedua topik tersebut disajikan pada dua bab khusus secara mendalam.

Inti pokok pekerjaan seorang operator/teknisi mesin perkakas adalah mengoperasikan mesin perkakas untuk membuat suatu komponen tertentu. Mesin perkakas utama yang biasa digunakan di dalam proses manufaktur/rekayasa adalah Mesin Bubut, Mesin Frais, Mesin Bor, dan Mesin Gerinda. Secara berturut-turut mesin-mesin tersebut ditulis secara rinci pada bab-bab selanjutnya. Pada bab terakhir, untuk melengkapi ilmu pengetahuan dasar bagi seorang operator/teknisi mesin perkakas adalah pengetahuan tentang penggunaan cairan pendingin di dalam proses pemesinan.

Setelah membaca buku ini diharapkan operator/teknisi mesin perkakas teringat kembali ilmu-ilmu dasar tentang Teknik Mesin.

Penulis mengucapkan rasa syukur yang tiada terkira kepada Allah SWT yang telah memberi petunjuk dan kemudahan dalam menyelesaikan buku ini. Semoga pada langkah-langkah selanjutnya Tuhan Semesta Alam selalu membimbing penulis. Pada kesempatan ini, penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih kepada rekan sejawat yang telah memberi inspirasi lahirnya buku ini. Semoga semua itu tercatat sebagai amal ibadah, dan mendapat balasan yang melimpah dari Allah SWT.

Akhirnya, penulis mengharap ada koreksi, masukan, dan kritikan dari pembaca yang budiman untuk perbaikan buku ini pada edisi berikutnya. Semoga bermanfaat.

Yogyakarta, Desember 2008

Penulis,

Widarto

Daftar Isi

	Halaman
Halaman Sampul	
Pengantar	i
Daftar Isi	v
BAB 1. KESEHATAN DAN KESELAMATAN KERJA (K3)	1
A. Pengendalian Bahaya Kebisingan (<i>Noise</i>)	3
1. Penggantian (<i>Substitution</i>)	3
2. Pemisahan (<i>Separation</i>)	4
3. Perlengkapan Perlindungan Personel (<i>Personnel Protective Equipment/PPE</i>)	4
4. Pengendalian Administratif (<i>Administrative Controls</i>)	5
B. Pencahayaan	5
C. Pengendalian Cahaya Pencemaran Udara / Polusi	6
D. Alat Perlindungan Diri	7
E. Penanganan dan Penyimpanan Bahan	12
F. Pencegahan dan Pemadaman Kebakaran	17
1. Pengendalian Bahan (yang Dapat) Terbakar	
2. Pengendalian Titik Nyala	18
3. Peralatan Pemadaman Kebakaran	19
4. Petunjuk Pemilihan APGAR	23
5. Fasilitas Penunjang	24
6. Pemeliharaan dan Penggunaan Alat-alat Perkakas	24
BAB 2. PERHITUNGAN MATEMATIS	27
A. Rasio Trigonometri	28
B. Aturan Cosinus dan Aturan Sinus untuk Segitiga Tidak Siku	34
C. Transposisi Persamaan	37
D. Sifat-sifat Geometri untuk Sudut, Segitiga, dan Lingkaran	41
E. Bidang dan Volume Menurut Aturan Guldin (<i>Guldin's Rule</i>)	42

BAB 3. PERHITUNGAN DASAR	45
A. Empat Aturan Dasar Kalkulasi	46
1. Penambahan	46
2. Pengurangan	46
3. Perkalian	46
4. Pembagian	46
B. Menghitung Keliling	48
1. Keliling Lingkaran	48
2. Sektor	48
3. Poligon	49
C. Perhitungan Luas	50
1. Perhitungan Luas 1 : Luas Suatu Segi Empat	50
2. Perhitungan Luas 2 : Luas Segitiga dan Trapesium	52
3. Perhitungan Luas 3 : Luas Lingkaran	55
D. Perhitungan Volume Benda Tegak Lurus	56
E. Perhitungan Pecahan	60
BAB 4. PERHITUNGAN LANJUT	63
A. Perhitungan Perkiraan Panjang	64
B. Melakukan Kalkulasi dengan Metode Tiga Langkah	66
1. Proporsi Sebanding (Berbanding Lurus)	66
2. Proporsi Tidak Sebanding (Berbanding Terbalik)	68
3. Kalkulasi Ganda	69
C. Perhitungan Persentase	70
D. Perhitungan dengan Perbandingan (Rasio)	70
E. Menginterpretasikan dan Membuat Diagram dan Grafik	72
1. Membuat Tabel Distribusi Frekuensi	77
2. Pembuatan Histogram	78
3. Menghitung Simpangan Baku (S_d)	80
4. Pembuatan Diagram Garis	82
BAB 5. PENGUKURAN DAN TOLERANSI	85
A. Alat Ukur	86
1. Jangka Sorong	86
2. Mikrometer	89

3. Jam Ukur (<i>Dial Indicator</i>)	91
B. Sistem Satuan	93
C. Toleransi Ukuran dan Geometri	96
1. Penyimpangan Selama Proses Pembuatan	96
2. Toleransi	98
3. Suaian	100
4. Cara Penulisan Toleransi Ukuran/Dimensi	104
5. Toleransi Standar dan Penyimpangan Fundamental	108
BAB 6. GAMBAR TEKNIK	113
A. Membaca Gambar Teknik	114
1. Proyeksi Piktorial	114
2. Proyeksi Isometris	115
3. Proyeksi Dimetris	116
4. Proyeksi Miring (Sejajar)	117
5. Macam-macam Pandangan	118
6. Simbol Proyeksi dan Anak Panah	119
7. Penentuan Pandangan	121
8. Gambar Potongan	122
9. Gambar Arsiran	126
10. Ukuran Pada Gambar Kerja	131
11. Penulisan Angka Ukuran	134
BAB 7. ELEMEN MESIN	141
A. Poros	142
1. Jenis-jenis Poros	142
2. Hal-hal yang Harus Diperhatikan	143
3. Perhitungan Diameter Poros	145
B. Sabuk (<i>Belt</i>)	152
C. Pulley	155
BAB 8. MEKANIKA TEKNIK	157
A. Gaya	158
1. Vektor Resultan	159
B. Momen	164
C. Keseimbangan Benda Tegar	169
D. Gaya dan Momen Eksternal dan Internal	170
1. Gaya dan Momen Eksternal	170

2. Gaya dan Momen Internal	171
3. Idealisasi Struktur	171
4. Kondisi Tumpuan	173
BAB 9. PROSES PEMESINAN	175
A. Proses Bubut (<i>Turning</i>)	176
1. Parameter yang Dapat Diatur pada Mesin Bubut	178
2. Geometri Pahat Bubut	181
3. Perencanaan dan Perhitungan Proses Bubut	182
B. Proses Frais (<i>Milling</i>)	184
1. Klasifikasi Proses Frais	185
2. Metode Proses Frais	186
3. Parameter yang Dapat Diatur pada Mesin Frais	187
4. Geometri Pahat Frais	189
5. Elemen Dasar Proses Frais	191
C. Proses Sekrap (<i>Shaping</i>)	193
1. Mesin Sekrap	194
2. Elemen Dasar Proses Sekrap	196
D. Proses Gurdi (<i>Drilling</i>)	198
1. Mesin Gurdi (<i>Drilling Machine</i>)	198
2. Geometri Mata Bor (<i>Twist Drill</i>)	199
3. Elemen Dasar Proses Gurdi	199
BAB 10. TEKNIK PEMBENTUKAN	203
A. Membaca dan Memahami Lembaran Kerja	204
B. Memilih dan Menggunakan Perlengkapan Perakitan Pelat dan Lembaran	207
C. Perakitan Fabrikasi	211
D. Melindungi Hasil Perakitan dari Kerusakan	216
BAB 11. TEORI PENGELASAN	219
Mengelas dengan Proses Las Busur Metal dan Manual	220
A. Peralatan Pengelasan/Mesin Las dan Perlengkapan	220
1. Mesin Las Busur	220
2. Elektroda	222

B. Pengesetan Mesin Las, Elektroda Sesuai dengan Prosedur dan Spesifikasi/Gambar Teknik	224
C. Pengelasan Sambungan Sudut di Atas Kepala	225
D. Pengelasan Sambungan Tumpul Semua Posisi	227
E. Pemeriksaan Kerusakan/Cacat Secara Visual	233
Mengelas dengan Proses Las Oksi-Asetilen	235
A. Peralatan Kerja dan Bahan untuk Proses Pengelasan	235
B. Pengesetan Komponen Peralatan Menggunakan Alat, Bahan, dan Prosedur yang Sesuai	238
C. Pengelasan Sambungan Sudut (FILLET)	240
D. Pengelasan Sambungan Tumpul	244
E. Pemeriksaan Kerusakan/Cacat Las Secara Visual	249
DAFTAR PUSTAKA	253

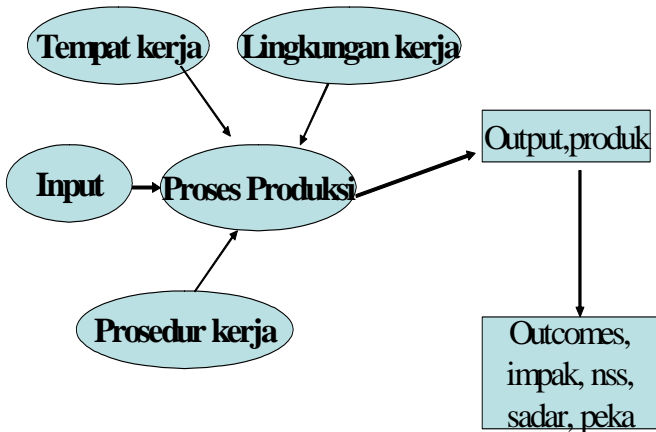


BAB 1

KESEHATAN DAN KESELAMATAN KERJA (K3)

Tujuan penanganan K3 adalah agar pekerja dapat nyaman, sehat dan selamat selama bekerja, sebagaimana digambarkan dalam bagan berikut :

Tujuan nyaman, sehat, & selamat



Gambar 1.1. Hubungan antar variabel pada sistem keselamatan kerja

Secara umum penyebab kecelakaan di tempat kerja adalah sebagai berikut :

1. Kelelahan (*fatigue*)
2. Kondisi tempat kerja (*enviromental aspects*) dan pekerjaan yang tidak aman (*unsafe working condition*)

3. Kurangnya penguasaan pekerja terhadap pekerjaan, ditengarai penyebab awalnya (*pre-cause*) adalah kurangnya *training*
4. Karakteristik pekerjaan itu sendiri
5. Hubungan antara karakteristik pekerjaan dan kecelakaan kerja menjadi fokus bahasan yang cukup menarik dan membutuhkan perhatian tersendiri. Kecepatan kerja (*paced work*), pekerjaan yang dilakukan secara berulang (*short-cycle repetitive work*), pekerjaan-pekerjaan yang harus diawali dengan "pemanasan prosedural", beban kerja (*workload*), dan lamanya sebuah pekerjaan dilakukan (*workhours*) adalah beberapa karakteristik pekerjaan yang dimaksud.

A. Pengendalian Bahaya Kebisingan (*Noise*)

Implementasi prinsip-prinsip pengendalian bahaya untuk resiko yang disebabkan oleh kebisingan :

1. Penggantian (*substitution*)

- a. Mengganti mesin-mesin lama dengan mesin baru dengan tingkat kebisingan yang lebih rendah
- b. Mengganti "jenis proses" mesin (dengan tingkat kebisingan yang lebih rendah) dengan fungsi proses yang sama, contohnya pengelasan digunakan sebagai penggantian proses *riveting*.

- c. Modifikasi “tempat” mesin, seperti pemberian dudukan mesin dengan material-material yang memiliki koefisien redaman getaran lebih tinggi.
- d. Pemasangan peredam akustik (*acoustic barrier*) dalam ruang kerja.

2. Pemisahan (*separation*)

- a. Pemisahan fisik (*physical separation*)
 - 1) Memindahkan mesin (sumber kebisingan) ke tempat yang lebih jauh dari pekerja
- b. Pemisahan waktu (*time separation*)
 - 2) Mengurangi lamanya waktu yang harus dialami oleh seorang pekerja untuk “berhadapan” dengan kebisingan. Rotasi pekerjaan dan pengaturan jam kerja termasuk dua cara yang biasa digunakan.

3. Perlengkapan perlindungan personnel (*personnel protective equipment/PPE*)

Penggunaan *earplug* dan *earmuffs*



Gambar 1.2. Perlengkapan perlindungan personel

4. Pengendalian administratif (*administrative controls*)

- a. Larangan memasuki kawasan dengan tingkat kebisingan tinggi tanpa alat pengaman.
- b. Peringatan untuk terus mengenakan PPE selama berada di dalam tempat dengan tingkat kebisingan tinggi.

B. Pencahayaan

Pencahayaan yang baik pada tempat kerja memungkinkan para pekerja melihat objek yang dikerjakannya secara jelas dan cepat. Selain itu pencahayaan yang memadai akan memberikan kesan yang lebih baik dan keadaan lingkungan yang menyegarkan. Sebaliknya, pencahayaan yang buruk dapat menimbulkan berbagai akibat, antara lain :

1. Kelelahan mata sehingga berkurang daya dan efisiensi kerja
2. Kelelahan mental
3. Keluhan pegal di daerah mata dan sakit kepala sekitar mata
4. Kerusakan penglihatan
5. Meningkatnya kecelakaan kerja.

Pencegahan kelelahan akibat pencahayaan yang kurang memadai dapat dilakukan melalui berbagai cara, antara lain :

1. Perbaiki kontras : dengan memilih latar penglihatan yang tepat
2. Meninggikan penerangan : menambah jumlah dan meletakkan penerangan pada daerah kerja
3. Pemindahan tenaga kerja : pekerja muda pada shift malam.

C. Pengendalian Bahaya Pencemaran Udara/Polusi

Pengendalian bahaya akibat pencemaran udara atau kondisi udara yang kurang nyaman dapat dilakukan antara lain dengan pembuatan ventilasi yang memadai. Untuk mendapatkan ventilasi udara ruang kerja yang baik perlu dicermati beberapa kata kunci sebagai berikut :

1. Pasang sistem pengeluaran udara kotor yang efisien dan aman. Udara kotor menjadi penyebab gangguan kesehatan sehingga mengarah pada kecelakaan kerja. Selain itu juga menyebabkan kelelahan, sakit kepala, pusing, iritasi mata dan tenggorokan, sehingga terjadi inefisiensi.
2. Optimalkan penggunaan ventilasi alamiah agar udara ruang kerja nyaman. Udara segar dapat menghilangkan udara panas dan polusi.
3. Optimalkan sistem ventilasi untuk menjamin kualitas udara ruang kerja. Aliran udara yang baik pada tempat kerja sangat penting untuk mencapai kerja produktif dan sehat.

Ventilasi yang baik dapat membantu mengendalikan dan mencegah akumulasi panas.

D. Alat Perlindungan Diri

Secara teknis bagian tubuh manusia yang harus dilindungi sewaktu bekerja adalah : kepala dan wajah, mata, telinga, tangan, badan dan kaki. Untuk itu penggunaan alat perlindungan diri pekerja sangat penting, umumnya berupa :

- ✓ Pelindung kepala dan wajah (*Head & Face protection*)
- ✓ Pelindung mata (*Eyes protection*)
- ✓ Pelindung telinga (*Hearing protection*)
- ✓ Pelindung alat pernafasan (*Respiratory protection*)
- ✓ Pelindung tangan (*Hand protection*)
- ✓ Pelindung kaki (*Foot protection*)



Gambar 1.3. Pakaian yang memenuhi syarat keselamatan kerja

Kata kunci untuk pengaturan APD (Alat Perlindungan Diri)

1. Upayakan perawatan/kebersihan tempat ganti, cuci dan kakus agar terjamin kesehatan.
2. Sediakan tempat makan dan istirahat yang layak agar unjuk kerja baik.
3. Perbaiki fasilitas kesejahteraan bersama pekerja.
4. Sediakan ruang pertemuan dan pelatihan.
5. Buat petunjuk dan peringatan yang jelas.



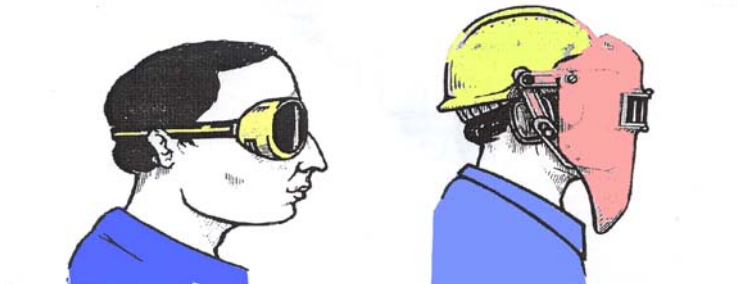
Gambar 1.4. Bekerja secara aman

6. Sediakan APD secara memadai.



Gambar 1.5. Bekerja secara aman

7. Pilihlah APD terbaik jika risiko bahaya tidak dieliminasi dengan alat lain



Gambar 1.6. Pelindung mata dan muka

8. Pastikan penggunaan APD melalui petunjuk yang lengkap, penyesuaian dan latihan.
9. Yakinkan bahwa penggunaan APD sangat diperlukan.



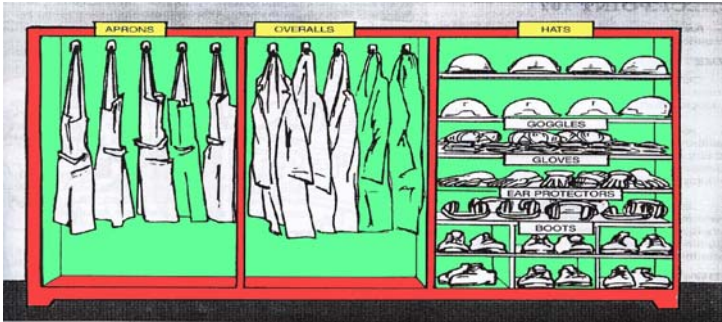
Gambar 1.7. Pelatihan K3

10. Yakinkan bahwa penggunaan APD dapat diterima oleh pekerja.
11. Sediakan layanan untuk pembersihan dan perbaikan APD secara teratur.



Gambar 1.8. Peminjaman alat

12. Sediakan tempat penyimpanan APD yang memadai.

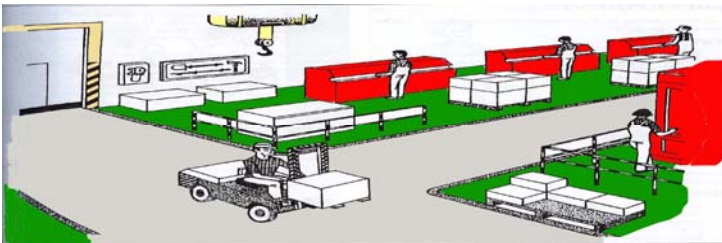


Gambar 1.9. Rak penyimpanan alat K3

13. Pantau tanggung jawab atas kebersihan dan pengelolaan ruang kerja

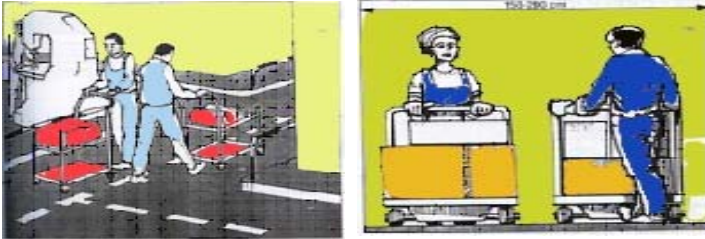
E. Penanganan dan Penyimpanan Bahan

1. Tandai dan perjelas rute transport barang.



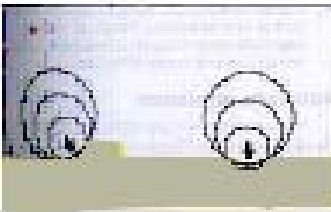
Gambar 1.10. Rute transport barang

2. Pintu dan gang harus cukup lebar untuk arus dua arah.

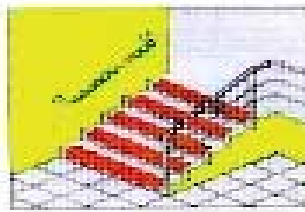


Gambar 1.11. Jalur arus dua arah

3. Permukaan jalan rata, tidak licin dan tanpa rintangan.
4. Kemiringan tanjakan 5-8%, anak tangga yang rapat.

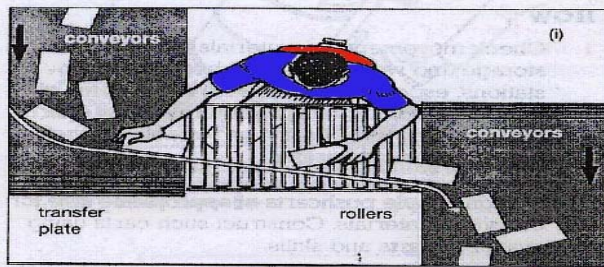


Gambar 1.12.
Permukaan jalan tidak rata



Gambar 1.13.
Kemiringan tangga

5. Perbaiki layout tempat kerja.



Gambar 1.14. *Layout* tempat kerja.

6. Gunakan kereta beroda untuk pindahkan barang.
7. Gunakan rak penyimpanan yang dapat bergerak/mobil.



Gambar 1.15.
Rak penyimpanan barang

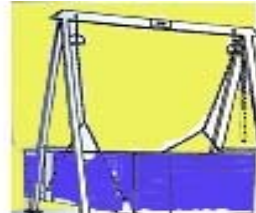


Gambar 1.16.
Kereta beroda

8. Gunakan rak bertingkat di dekat tempat kerja.
9. Gunakan alat pengangkat.



Gambar 1.17.
Rak bertingkat



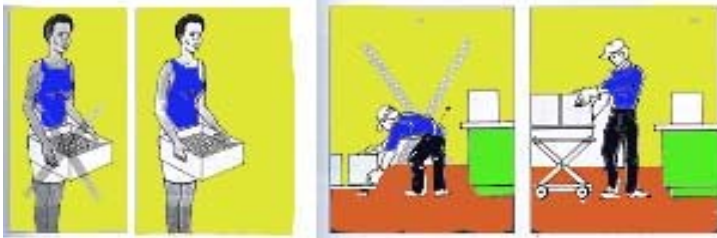
Gambar 1.18.
Alat pengangkat

10. Gunakan konveyor, kerek, dll.
11. Bagi dalam bagian kecil-kecil.



Gambar 1.19. Konveyor dan kerek

12. Gunakan pegangan.
13. Hilangkan/kurangi perbedaan ketinggian permukaan.



Gambar 1.20.
Pegangan

Gambar 1.21.
Perbedaan ketinggian

14. Pemindahan horizontal lebih baik dengan mendorong/menarik daripada mengangkat/menurunkan.
15. Kurangi pekerjaan yang dilakukan dengan cara membungkuk/memutar badan.



Gambar 1.22.
Pemindahan horizontal



Gambar 1.23.
Posisi tidak efisien

16. Rapatkan beban ke tubuh sewaktu membawa barang.
17. Naik/turunkan barang secara perlahan di depan badan tanpa membungkuk dan memutar tubuh.



Gambar 1.24.
Membawa barang



Gambar 1.25.
Naik turunkan barang

18. Dipikul supaya seimbang.
19. Kombinasikan pekerjaan angkat berat dengan tugas fisik ringan.
20. Penempatan sampah.
21. Tandai dengan jelas dan bebaskan jalan keluar darurat.



Gambar 1.26.
Penempatan sampah

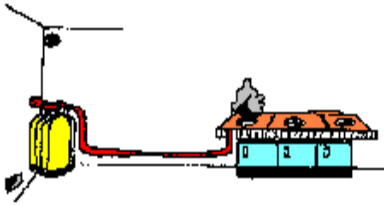
Gambar 1.27.
Jalan keluar darurat

F. Pencegahan dan Pemadaman Kebakaran

Kebakaran terjadi akibat bertemunya 3 unsur : bahan (yang dapat) terbakar, suhu penyalaan/titik nyala dan zat pembakar (O_2 atau udara). Untuk mencegah terjadinya kebakaran adalah dengan mencegah bertemunya salah satu dari dua unsur lainnya.

1. Pengendalian bahan (yang dapat) terbakar

Untuk mengendalikan bahan yang dapat terbakar agar tidak bertemu dengan dua unsur yang lain dilakukan melalui identifikasi bahan bakar tersebut. Bahan bakar dapat dibedakan dari jenis, titik nyala dan potensi menyala sendiri. Bahan bakar yang memiliki titik nyala rendah dan rendah sekali harus diwaspadai karena berpotensi besar penyebab kebakaran.



Gambar 1.28.
Pengendalian bahan terbakar

Bahan seperti ini memerlukan pengelolaan yang memadai : penyimpanan dalam tabung tertutup, terpisah dari bahan lain, diberi sekat dari bahan tahan

api, ruang penyimpanan terbuka atau dengan ventilasi yang cukup serta dipasang detektor kebocoran. Selain itu kewaspadaan diperlukan bagi bahan-bahan yang berada pada suhu tinggi, juga bahan yang bersifat mengoksidasi, bahan yang jika bertemu dengan air menghasilkan gas yang mudah terbakar (karbit), bahan yang relatif mudah terbakar seperti batu bara, kayu kering, kertas, plastik, cat, kapuk, kain, karet, jerami, sampah kering, serta bahan-bahan yang mudah meledak pada bentuk serbuk atau debu.

2. Pengendalian titik nyala

Sumber titik nyala yang paling banyak adalah api terbuka seperti nyala api kompor, pemanas, lampu minyak, api rokok, api pembakaran sampah, dsb. Api terbuka tersebut bila memang diperlukan harus dijauhkan dari bahan yang mudah terbakar. Sumber penyalaan yang lain: benda membara, bunga api, petir, reaksi eksoterm, timbulnya bara api juga terjadi karena gesekan benda dalam waktu relatif lama, atau terjadi hubung singkat rangkaian listrik



Gambar 1.29. Pengendalian titik nyala

3. Peralatan pemadaman kebakaran

Untuk mencegah dan menanggulangi kebakaran perlu disediakan peralatan pemadam kebakaran yang sesuai dan cocok untuk bahan yang mungkin terbakar di tempat yang bersangkutan.

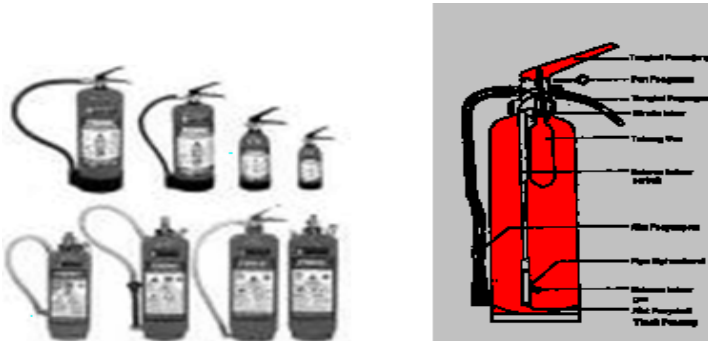
a. Perlengkapan dan alat pemadam kebakaran sederhana

- 1) Air, bahan alam yang melimpah, murah dan tidak ada akibat ikutan (*side effect*), sehingga air paling banyak dipakai untuk memadamkan kebakaran. Persediaan air dilakukan dengan cadangan bak-bak air dekat daerah bahaya, alat yang diperlukan berupa ember atau slang/pipa karet/plastik.

- 2) Pasir, bahan yang dapat menutup benda terbakar sehingga udara tidak masuk sehingga api padam. Caranya dengan menimbunkan pada benda yang terbakar menggunakan sekop atau ember.
 - 3) Karung goni, kain katun, atau selimut basah sangat efektif untuk menutup kebakaran dini pada api kompor atau kebakaran di rumah tangga, luasnya minimal 2 kali luas potensi api.
 - 4) Tangga, gantol dan lain-lain sejenis, dipergunakan untuk alat bantu penyelamatan dan pemadaman kebakaran.
- b. Alat Pemadam Api Ringan (APAR)

APAR adalah alat yang ringan berupa tabung, mudah dilayani oleh satu orang untuk memadamkan api pada awal terjadinya kebakaran. Tabung APAR harus diisi ulang sesuai dengan jenis dan konstruksinya. Jenis APAR meliputi : jenis air (*water*), busa (*foam*), serbuk kering (*dry chemical*) gas halon dan gas CO₂, yang berfungsi untuk menyelimuti benda terbakar dari oksigen di sekitar bahan terbakar sehingga suplai oksigen terhenti. Zat keluar dari tabung karena dorongan gas bertekanan lebih besar dari tekanan di luar.

Konstruksi APAR sebagai berikut :



Gambar 1.30. Alat pemadam kebakaran

c. Alat pemadam kebakaran besar

Alat-alat ini ada yang dilayani secara manual ada pula yang bekerja secara otomatis.

- 1) Sistem hidran mempergunakan air sebagai pemadam api. Terdiri dari pompa, saluran air, pilar hidran (di luar gedung), boks hidran (dalam gedung) berisi : slang landas, pipa kopel, pipa semprot dan kumparan slang.
- 2) Sistem penyembur api (*sprinkler system*), kombinasi antara sistem isyarat alat pemadam kebakaran.
- 3) Sistem pemadam dengan gas.



Gambar 1.31. Alat pemadam kebakaran besar

4. Petunjuk pemilihan APAR

Tabel 1.1 Pemilihan APAR.

Pilih yang sesuai	Zat Kimia Kering (Dry Chemical)			CO ₂	Halon	Air	Zat Kimia Basah (Wet Chemical)	
	Multi Purpose	Sodium bicarbonat	Purple K	Car-bon dioxide	Halon 1211	Water	Pump tank	Loaded Stream (Stored pressured)
	Serba guna	NaHCO ₃		CO ₂		Air bertekanan	Tanki & pompa	Busa bertekanan
A	Ya	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Ya	Ya	Ya
B	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Tidak	Tidak	Ya
C	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Tidak	Tidak	Tidak
Keterangan	Bekerja dengan cepat Disarankan tersedia pada gudang bahan bakar minyak dan gas, mobil serta bahan mudah terbakar lainnya			Bahan ini tidak meninggalkan bekas. Sesuai untuk alat elektronik dan gudang bahan makanan		Murah. Sesuai untuk bahan bangunan, rumah, gedung, sekolah, perkantoran dsb.		Sesuai untuk lab dan tempat bahan kimia
Petunjuk Pemakaian	Lepas pena kunci, genggam handel & arahkan moncong di bawah api			Lepas pena kunci, genggam handel & arahkan moncong ke sumber api		Lepas pena kunci, genggam handel & guyur bahan terbakar	Pegang moncong. Dipompa, guyur bahan terbakar	Lepas pena kunci, genggam handel & guyur bahan terbakar

5. Fasilitas Penunjang

Keberhasilan pemadaman kebakaran juga ditentukan oleh keberadaan fasilitas penunjang yang memadai, antara lain :

- a. *Fire alarm* secara otomatis akan mempercepat diketahuinya peristiwa kebakaran. Beberapa kebakaran terlambat diketahui karena tidak ada *fire alarm*, bila api terlanjur besar maka makin sulit memadamkannya.
- b. Jalan bagi petugas, diperlukan untuk petugas yang datang menggunakan kendaraan pemadam kebakaran, kadang harus mondar-mandir/keluar masuk mengambil air, sehingga perlu jalan yang memadai, keras dan lebar, juga untuk keperluan evakuasi. Untuk itu diperlukan fasilitas :
 - 1) Daun pintu dapat dibuka keluar
 - 2) Pintu dapat dibuka dari dalam tanpa kunci
 - 3) Lebar pintu dapat dilewati 40 orang/menit
 - 4) Bangunan beton strukturnya harus mampu terbakar minimal 7 jam.

6. Pemeliharaan dan Penggunaan Alat-alat Perkakas

Pada dasarnya terdapat dua jenis pemeliharaan, yaitu :

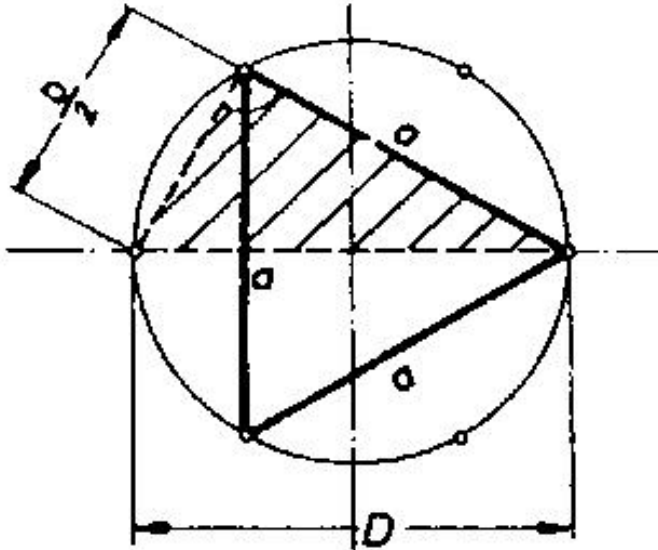
- a. Preventif (pencegahan kerusakan dan keausan)
- b. Korektif (tindakan setelah timbulnya kerusakan)

Untuk pemeliharaan preventif, yang biasanya diutamakan, terdapat beberapa pedoman, yaitu :

- a. Jagalah supaya perkakas-perkakas tangan dan mesin-mesin tetap dalam keadaan bersih.
- b. Serahkanlah semua perkakas setelah dipakai, dalam keadaan bersih atau simpanlah dalam keadaan bersih, kalau itu merupakan kelengkapan mesin yang bersangkutan.
- c. Periksalah alat-alat perkakas secara teratur akan kemungkinan terjadinya kerusakan-kerusakan.
- d. Jangan membiarkan alat-alat bantu atau alat-alat ukur (kunci-kunci, mistar-mistar ingsut, mikrometer, dan sebagainya) berada di atas mesin yang sedang berjalan. Akibat yang mungkin terjadi :
 - 1) Kecelakaan
 - 2) Kerusakan perkakasnya
 - 3) Kehancuran alat perkakasnya.
- e. Lumasilah alat-alat perkakas secara teratur. Pelat-pelat kode dapat berguna sekali, ia menunjukkan setelah beberapa waktu minyak pelumasnya harus diperbaharui dan pelumasannya harus dilakukan, warnanya menunjukkan jenis pelumas apa yang harus digunakan (perhatikan petunjuk-petunjuk dari pengusaha pabriknya). Bak-bak minyak harus diisi sampai garis tandanya. Bersihkanlah ayakan-ayakan minyaknya pada waktu-waktu tertentu dan tukarlah saringan-saringannya.
- f. Perbaiki atau gantilah perkakas yang rusak.

- g. Jangan sekali-sekali menggunakan perkakas yang tumpul pada gesekan yang besar. Hal ini dapat berakibat terjadinya kehancuran bor, pahat, tap atau frais karena pembebanan yang besar pada poros-poros, bantalan-bantalan, batang-batang ulir dan mur-mur dari mesin-mesinnya.

Jangan lupa peraturan-peraturan keamanan. Ingatlah akan perlindungan dari bagian-bagian yang berputar, sambungan-sambungan listrik, bila perlu pakailah kacamata pengaman. Usahakanlah supaya jalan-jalan terusan tidak terhalang oleh bahan, peti-peti, dan lainnya. Dan yang tidak kalah pentingnya adalah periksalah kotak penyimpanan obat-obatan secara teratur pula.

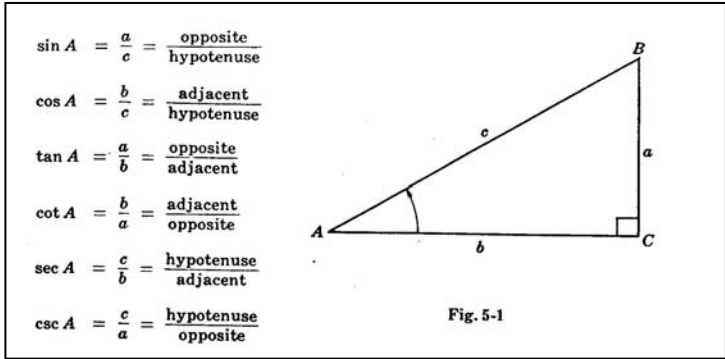


BAB 2

PERHITUNGAN MATEMATIS

A. Rasio Trigonometri

Segitiga ABC memiliki sudut siku di C dan panjang sisi a,b,c. Fungsi trigonometri untuk sudut A didefinisikan sebagai berikut:



Gambar 2.1. Aturan segitiga trigonometri

Nama ketiga sisi untuk segitiga di atas:

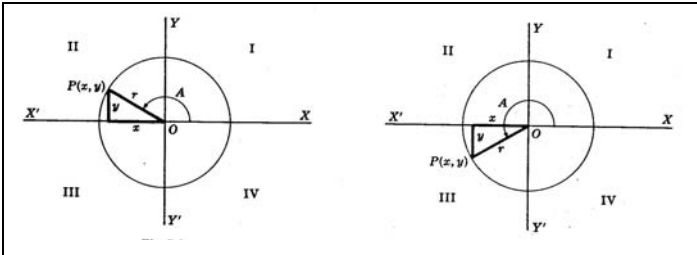
a = Sisi berhadapan (*opposite* = sisi di depan sudut yang dimaksud)

b = Sisi berdekatan (*adjacent* = sisi yang berdekatan dengan sudut)

c = Sisi miring (*hypotenuse* = sisi miring)

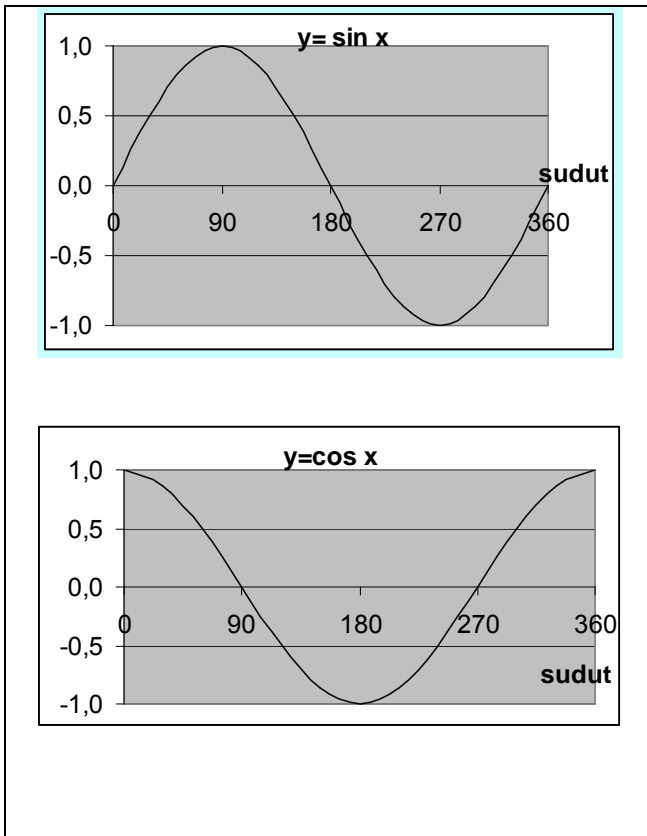
Harga dari rasio trigonometri tersebut dapat diperoleh melalui tabel, grafik, atau dengan menggunakan kalkulator.

Untuk harga rasio trigonometri dengan sudut A lebih dari 90° , digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.2. Rasio trigonometri dengan sudut $A > 90^\circ$

Gambar grafik rasio trigonometri $y = \sin x$, dan $y = \cos x$, dengan sudut dalam derajat digambarkan di bawah ini.



Gambar 2.3. Grafik rasio trigonometri $y = \sin x$, dan $y = \cos x$

Dari definisi dan gambar di atas dapat dicari rasio trigonometri berdasarkan harga sinus dan cosinusnya, yaitu:

- $\tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$, $\csc \alpha = \frac{1}{\sin \alpha}$
- $\sec \alpha = \frac{1}{\cos \alpha}$, $\cot \alpha = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}$

Nilai-nilai keenam rasio trigonometri untuk sudut istimewa dicantumkan dalam tabel berikut:

Tabel 2.1. Rasio trigonometri sudut istimewa

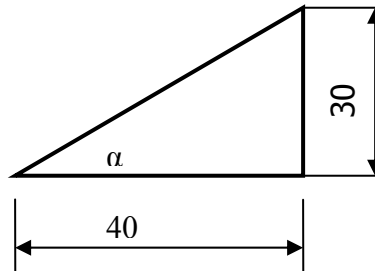
No.	Sudut a	sin a	cos a	tan a	csc a	sec a	cot a
1.	0^0	0	1	0	Tidak didefinisikan	1	Tidak didefinisikan
2.	30^0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}\sqrt{3}$	$\frac{1}{3}\sqrt{3}$	2	$\frac{2}{\sqrt{3}}$	$\sqrt{3}$
3.	45^0	$\frac{1}{2}\sqrt{2}$	$\frac{1}{2}\sqrt{2}$	1	$\sqrt{2}$	$\sqrt{2}$	1
4.	60^0	$\frac{1}{2}\sqrt{3}$	$\frac{1}{2}$	$\sqrt{3}$	$\frac{2}{\sqrt{3}}$	2	$\frac{1}{3}\sqrt{3}$
5.	90^0	1	0	Tidak didefinisikan	1	Tidak didefinisikan	1

Berdasarkan tabel dan grafik keenam rasio trigonometri coba lanjutkan tabel di atas untuk sudut istimewa sampai dengan 360^0 .

Contoh 1

Untuk panjang 40 cm pada suatu baji tingginya 30 cm, hitunglah panjang dari sisi miringnya dan sudut kenaikannya.

Penyelesaian:



Gambar 2.4. Segitiga siku

Ditanyakan: L dan α

Diketahui: l = 40 cm dan h = 30 cm

Jawab:

$$\tan \alpha = \frac{h}{l} = \frac{30}{40} = 0,75$$

$\alpha = 36^{\circ}52'$ (diperoleh dari tabel atau dari kalkulator dengan cara: tulis 30, kemudian dibagi 40 = , sehingga tertulis 0,75. Setelah itu tekan inv (atau shift), tekan tan, tekan shift DEG).

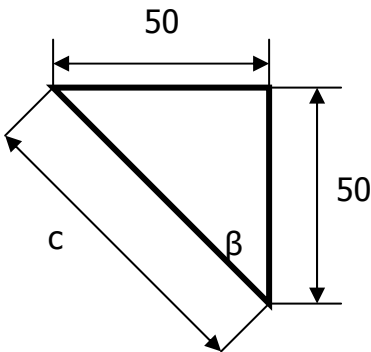
NB: mintalah petunjuk guru untuk pemakaian kalkulator mencari sudut tersebut.

$$\sin \alpha = \frac{30}{L} = 0,6, \text{ sehingga } L = \frac{30}{0,6} = 50$$

Sehingga jawabannya adalah: panjang sisi miring = 50 cm, sudut kenaikannya $36^{\circ}52'$.

Contoh 2

Suatu penyangga dari pelat baja berbentuk segitiga siku-siku digunakan untuk menahan suatu papan. Panjang dua sisi yang pendek adalah 50 cm dan 50 cm. Berapakah panjang sisi miringnya ?



Gambar 2.5. Plat baja berbentuk segitiga siku

Dicari: c

Diketahui: Panjang dua sisi yang lain $a=b=50$

Penyelesaian:

Perhitungan dengan teorema Pythagoras

$$c^2 = a^2 + b^2$$

$$c^2 = 50^2 + 50^2$$

$$c = 50\sqrt{2} = 70,71 \text{ cm}$$

Perhitungan menggunakan rasio trigonometri:

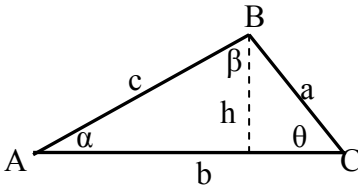
Dari gambar dapat dirumuskan $\tan \beta = \frac{50}{50} = 1$, sehingga dari

tabel di

atas diperoleh $\beta = 45^\circ$. Maka, $\sin 45^\circ = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{50}{c}$

Sehingga, $c = \frac{100}{\sqrt{2}} = \frac{100}{2} \sqrt{2} = 70,71 \text{ cm}$.

B. Aturan Cosinus dan Aturan Sinus untuk Segitiga Tidak Siku



Untuk segitiga di samping dengan nama dan notasi tersebut, maka berlaku *aturan cosinus*, yaitu:

Gambar 2.6. Segitiga tidak siku

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos \alpha$$

$$b^2 = a^2 + c^2 - 2ac \cos \beta$$

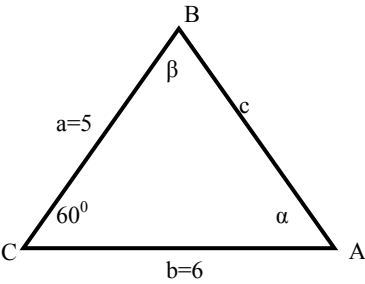
$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \theta$$

Untuk segitiga yang sama berlaku juga *aturan sinus*:

$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \theta}$$

Contoh 1

Pada suatu segitiga diketahui $a=5$, $b=6$ dan $\theta=60^0$, seperti tampak pada gambar, carilah bagian-bagian lainnya.

	<p><i>Diketahui:</i> segitiga dengan notasi dan ukuran pada gambar.</p> <p><i>Ditanyakan:</i> c, α, dan β</p> <p><i>Jawab:</i> c dapat dicari dengan aturan cosinus:</p> $c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \theta$ $c^2 = 5^2 + 6^2 - 2.5.6. \cos 60$ $c^2 = 61 - 60.(\frac{1}{2}) = 31$ $c = \sqrt{31} = 5,6$
---	--

Gambar 2.7. Segitiga

Aturan cosinus dapat pula digunakan untuk mendapatkan α :

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos \alpha$$

$$\cos \alpha = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc} = \frac{36 + 31 - 25}{2.(6).(5,6)} = 0,6250$$

$$\alpha = 51,317^0$$

Sudut β dapat dicari juga dengan aturan cosinus. Akan tetapi karena kita tahu bahwa jumlah sudut pada suatu segitiga adalah 180° , maka:

$$\beta = 180^\circ - 60^\circ - 51,317^\circ = 68,683^\circ$$

Contoh 2

Carilah bagian-bagian lain dari segitiga ABC seperti gambar di atas jika diketahui: $c=10$, $\alpha=40^\circ$, dan $\beta=60^\circ$.

Ditanyakan:

a,b, dan θ

Diketahui:

$c=10$, $\alpha=40^\circ$, dan $\beta=60^\circ$.

Jawab:

Jumlah sudut pada segitiga ABC adalah 180° .

Sehingga $\theta = 180^\circ - 40^\circ - 60^\circ = 80^\circ$.

Sisi a dan b dapat dicari dengan
$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \theta}$$

Dari rumus tersebut diperoleh

$$b = \frac{c \sin \beta}{\sin \theta} = \frac{10 \sin 60^\circ}{\sin 80^\circ} = 6,53$$

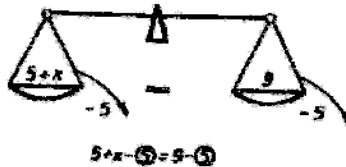
$$\text{dan } a = \frac{c \sin \alpha}{\sin \theta} = \frac{10 \sin 40^\circ}{\sin 80^\circ} = 8,79$$

C. Transposisi Persamaan

1. Concept of equality



2. Alterations



Gambar 2.8. Konsep kesetimbangan

Persamaan dapat dibandingkan dengan suatu timbangan seperti gambar di atas.

Misal: Sisi kiri timbangan 9 dan sisi kanan $5+x$, maka dalam kondisi setimbang menjadi persamaan: $9=5+x$

Apabila bagian kiri dikurangi 5, maka supaya setimbang bagian kanan juga dikurangi 5, sehingga:

$$9-5=5+x-5, \text{ maka}$$

$$4=x \text{ atau } x = 4$$

Dengan cara lain:

$$5 + x = 9 \text{ (5 dipindah ke kanan tanda + menjadi -)}$$

maka,

$$x=9-5 \text{ atau } x=4$$

Dengan demikian dapat dikatakan bahwa jika berpindah ruas tandanya dibalik.

Timbangan yang telah kita bahas terdahulu bisa juga diterapkan untuk transposisi persamaan yang melibatkan perkalian dan pembagian. Misalnya dalam keadaan setimbang ruas kiri berharga 20, dan ruas kanan berharga $4.x$, maka persamaannya menjadi:

$$20 = 4.x$$

$$4.x = 20$$

Selanjutnya kita memperlakukan kedua sisi persamaan dengan cara yang sama:

- mengalikan dengan besaran yang sama untuk kedua ruas
atau
- Membagi dengan besaran yang sama untuk kedua ruas.

Untuk persamaan tersebut di atas apabila kedua ruas kita bagi 4 (atau dikalikan $\frac{1}{4}$), maka:

$$\frac{4 \cdot x}{4} = \frac{20}{4}$$

sehingga $x = 5$, adalah penyelesaiannya.

Dengan cara lain:

$4 \cdot x = 20$, bilangan 4 (perkalian terhadap x) dipindah ke ruas kanan menjadi pembagian terhadap 20, sehingga: $x = \frac{20}{4}$

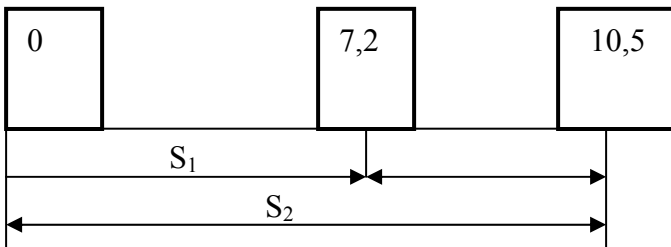
Contoh 1

Seorang pengendara sepeda menempuh perjalanan dari kilometer 7,2 sampai dengan kilometer 10,5. Berapa kilometer yang telah ditempuh?

Dicari: s

Diketahui $s_1 = 7,2$ km dan $s_2 = 10,5$ km

Solusi:



Gambar 2.9. Konsep jarak tempuh

$$S_2 = S_1 + S$$

$$S = S_2 - S_1$$

$$s = 10,5 - 7,2 = 3,3 \text{ km}$$

Contoh 2

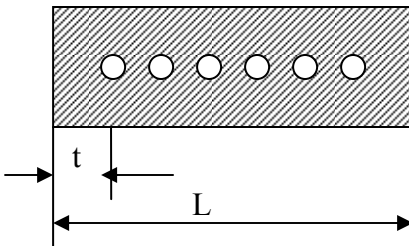
Suatu pelat baja panjang 385 mm harus dilubangi pada tengahnya berjumlah 6 buah, dengan jarak yang sama antara pinggir dan sumbu-sumbu lubangnya. Hitunglah berapa jarak lubang tersebut!

Jawab:

Dicari : t

Diketahui: L = 385 mm, dan n = 6 lubang

Solusi:



Gambar 2.10. Pelat baja

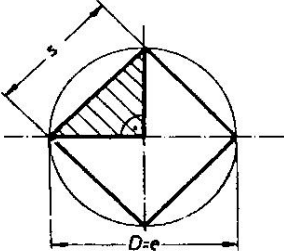
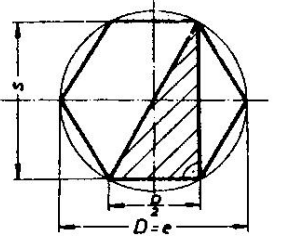
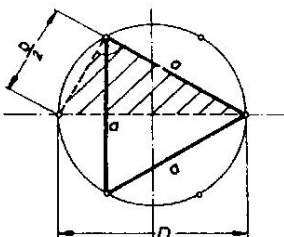
$$L = (n+1).t$$

$$t = \frac{L}{n+1} = \frac{385}{7} = 55 \text{ mm}$$

Jarak antarlubang 55 mm.

D. Sifat-sifat geometri untuk sudut, segitiga, dan lingkaran

Tabel 2.2. Sifat geometri untuk sudut, segitiga, dan lingkaran

<p>1. Square</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Lingkaran berdiameter D yang mengelilingi sebuah persegi. <p>Dengan menggunakan teorema Pythagoras diperoleh:</p> $s^2 = r^2 + r^2 = 2r^2$ $r = \sqrt{\frac{s^2}{2}} = \frac{s}{1,414}$ $\frac{D}{2} = \frac{s}{1,414}$
<p>2. Hexagon</p> 	<p>maka: $D = 1,414.s$</p> <ul style="list-style-type: none"> Lingkaran berdiameter D yang mengelilingi sebuah heksagonal $D^2 = s^2 + \left(\frac{D}{2}\right)^2$ $s^2 = D^2 - \frac{D^2}{4} = \frac{3}{4} D^2$ $D = \sqrt{\frac{4.s^2}{3}} = \frac{2.s}{1,732}$
<p>3. Triangle</p> 	$D = 1,155.s$ <p>Lingkaran berdiameter D yang mengelilingi sebuah segitiga</p> $D^2 = a^2 + \left(\frac{D}{2}\right)^2$ <p>$a \cong s$ pada heksagonal, sehingga</p> $D = 1,155.a$

Contoh:

Berapakah kemungkinan ukuran heksagonal terbesar yang dapat di-*frais* dari sebuah baja berdiameter 48 mm.

Dicari: s

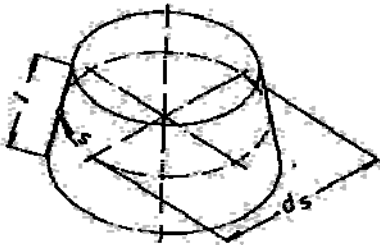
Diketahui $D = 48$ mm (lihat gambar di atas)

Solusi: $D = 1,155 \cdot s$

$$s = \frac{D}{1,155} = \frac{48}{1,155} = 41,56 \text{ mm}$$

**E. Bidang dan Volume Menurut Aturan Guldin
(Guldin's Rule)**

1. Curved-surface area



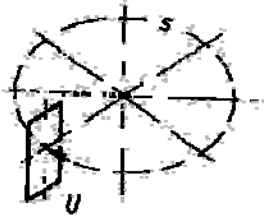
1. Garis mengelilingi suatu sumbu membentuk luas permukaan kurva (*curved-surface area*), sehingga:

Gambar 2.11. *Curve-surface area*

Luas permukaan kurva sama dengan putaran l dikalikan dengan jalur titik tengahnya atau:

$$M = l \cdot d_s \cdot \pi$$

2. Surface

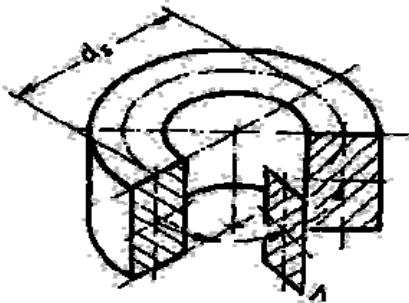


Gambar 2.12. Surface tengahnya:

2. Garis keliling mengelilingi suatu sumbu menghasilkan permukaan (*surface*), maka permukaan sama dengan putaran keliling kali jalur titik

$$O = U \cdot d_s \cdot \pi$$

3. Volume



Gambar 2.13. Volume

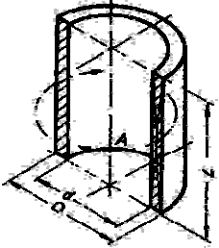
3. Luasan potongan melintang mengelilingi suatu sumbu menghasilkan volume, sehingga:

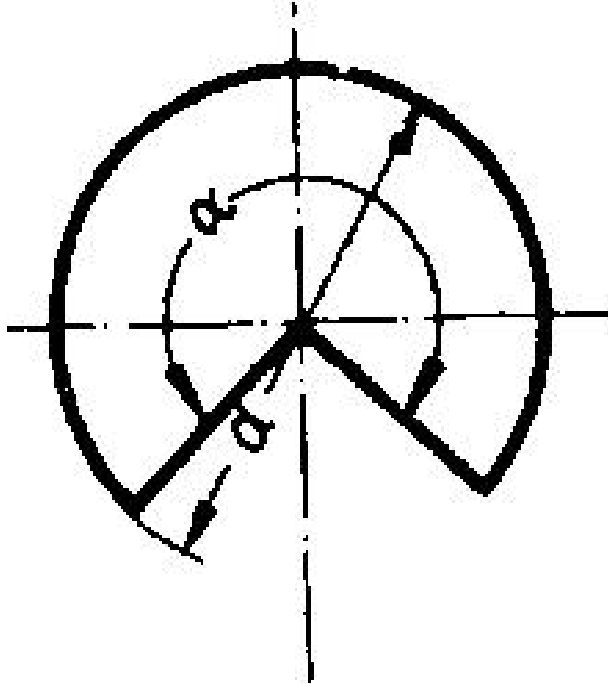
$$V = A \cdot d_s \cdot \pi$$

Contoh

Sebuah *bush* memiliki tinggi 70 mm, diameter dalam 30, dan diameter luar 50 mm. Hitunglah luas permukaan kurva dalam cm^2 dan volumenya dalam cm^3 .

Ditanyakan: M dalam cm^2 dan V dalam cm^3 .

 <p>Gambar 2.14. <i>Bush</i></p>	<p><i>Diketahui:</i> $l = 70 \text{ mm}$, $d = 30 \text{ mm}$, dan $D=50 \text{ mm}$ (lihat gambar)</p> <p><i>Solusi:</i></p> $M = l.d_s.\pi = 7 \text{ cm}.5\text{cm}.3,14 = 109,9 \text{ cm}^2$ $V = A.d_s.\pi =(7 \text{ cm}. 1 \text{ cm}).4 \text{ cm}.3,14=87,92 \text{ cm}^3$
---	--



BAB 3

PERHITUNGAN DASAR

A. Empat Aturan Dasar Kalkulasi

1. Penambahan

Lambang operasi penambahan adalah +

$$10 + 10 = 20$$

2. Pengurangan

Lambang operasi pengurangan adalah -

$$1000 - 800 = 200$$

3. Perkalian

Lambang operasi perkalian adalah . atau x

$$100 . 5 = 500$$

Konsep:

$100 . 5$ berarti penambahan berulang bilangan 100 sampai lima kali yaitu $100+100+100+100+100$

4. Pembagian

Lambang operasi pembagian adalah:

$$30 : 5 = 6$$

Konsep:

$30 : 5$ berarti bilangan 30 dikurangi berulang oleh bilangan 5 sampai jawabannya 0, yaitu $30-5-5-5-5-5 = 0$. Berarti 30 akan habis jika dikurangi 5 sampai 6 kali, sehingga jawabannya adalah 6.

Contoh 1

Hitunglah soal di bawah tanpa memperhatikan prioritas

$$12+3 \times 4-2 \times 6-8/4 = \dots$$

Setelah dihitung, kemudian hasilnya dibandingkan dengan siswa yang lain kemungkinan besar hasilnya berbeda (ada yang menjawab 85, atau -15 atau yang lain). Mengapa ?

Apabila kita menerapkan prioritas perhitungan, maka soal tersebut adalah:

$$12+(3 \times 4)+(2 \times 6)-(8/4) = 12+12+12-2 = \mathbf{34}$$

Empat aturan dasar kalkulasi ditambah pemangkatan dapat dilakukan dengan kalkulator. Lihat gambar kalkulator sederhana di bawah ini. Di kalkulator ada *keyboard* (tombol), dan *display*

Keyboard dibagi dalam 3 bagian yaitu:



Gambar 3.1. Kalkulator

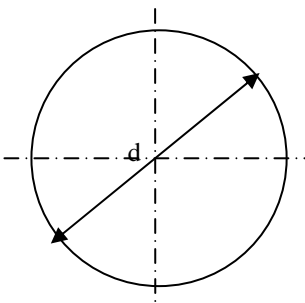
1. Bagian pertama tombol masukan, terdiri dari tombol angka **0, 1, ..., 9** dan tombol **.** sebagai tombol titik decimal.
2. Bagian kedua tombol operasi **+, -, x, dan ÷** (yaitu untuk operasi tambah, kurang, kali, dan bagi).
3. Bagian ke tiga yaitu untuk tombol fungsi **C, CE, sqrt (√), %, M, sin, cos, tan, log, ln**, dan lain sebagainya

B. Menghitung Keliling

- U = keliling
- d = diameter
- b = panjang busur
- α = sudut sektor

1. Keliling Lingkaran

Apabila kita melingkarkan tali melingkari sebuah lingkaran

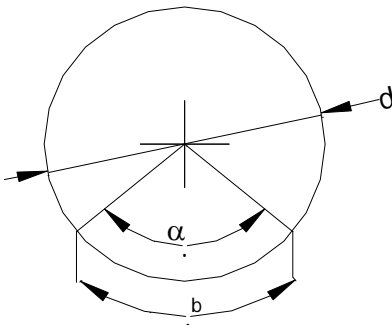


dengan beberapa variasi diameter, maka panjang tali dibagi dengan diameter akan diperoleh hubungan antara diameter dan keliling. Rasio antara keliling dan diameter tersebut adalah suatu angka sebesar 3,14, yang dinamakan π .

Gambar 3.2. Keliling lingkaran

$$\text{Sehingga : } U = d.\pi$$

2. Sektor

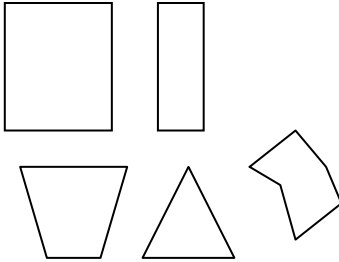


Pada kasus keliling total 360° , panjangnya adalah $d.\pi$. Untuk keliling parsial (sebagian) di mana α adalah sudut sektor, panjang b:

$$b = d.\pi.\frac{\alpha}{360^\circ}$$

Gambar 3.3. Sektor

3. Poligon



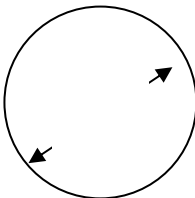
Gambar 3.4. Poligon

Untuk bentuk-bentuk segi banyak (poligon) jangan dibuat rumus khusus yang tidak perlu. Karena untuk poligon kelilingnya dapat ditemukan dengan cara menjumlahkan semua sisinya.

U = jumlah panjang semua sisi.

Contoh Soal

Sebuah alas tempat penampungan minyak yang berbentuk silinder berdiameter 65 mm, akan ditutup menggunakan pelat dengan diameter yang sama. Apabila proses penyambungannya menggunakan las, berapa panjang jalur las yang harus dibuat?



Ditanyakan : Panjang jalur las/keliling lingkaran

Diketahui : $d = 65$

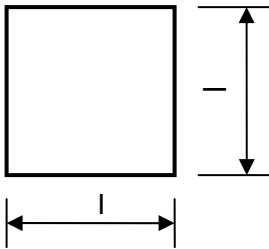
Jawab : $U = d \cdot \pi = 65 \cdot 3,14$
 $= 204,1 \text{ mm}$

Gambar 3.5. Tutup silinder

C. Perhitungan Luas

1. Perhitungan Luas 1 : Luas Suatu Segi Empat

- A = luas
- U = keliling
- l = panjang sisi
- h = tinggi suatu luasan

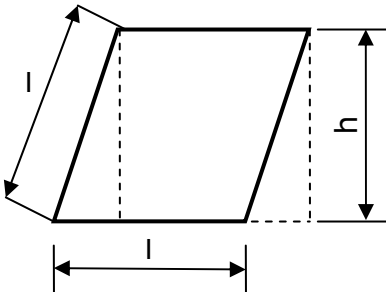


Persegi (Square)

Luas = panjang . tinggi
 $A = l \cdot l = l^2$

Gambar 3.6. Persegi

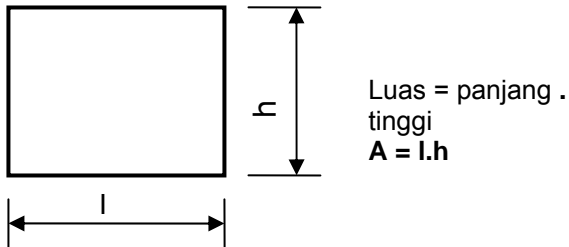
Belah ketupat (Rhombus)



Luas = panjang . tinggi
 $A = l \cdot h$

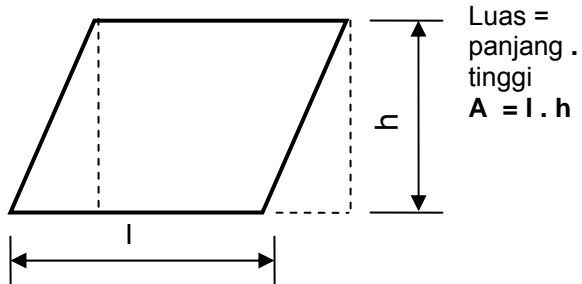
Gambar 3.7. Belah ketupat

Empat Persegi Panjang



Gambar 3.8. Empat persegi panjang

Jajaran genjang (*Parallelogram*)



Gambar 3.9. Jajaran genjang

Contoh soal :

Luas dari suatu *punch* kotak adalah 630 mm^2 .

Tingginya 18 mm. Hitunglah panjang sisi panjangnya.

Penyelesaian :

Dihitung l

Diketahui: $A = 630 \text{ mm}^2$

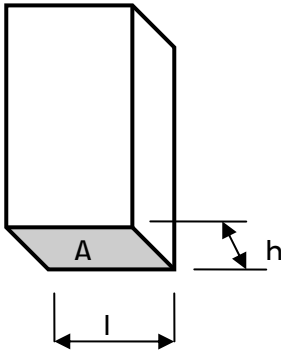
$h = 18 \text{ mm}$

Penyelesaian:

$$A = l \cdot h$$

$$l = A/h = 630 / 18$$

$$l = 35 \text{ mm}$$



Gambar 3.10. Kotak

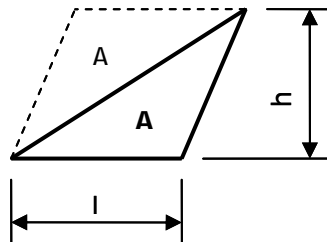
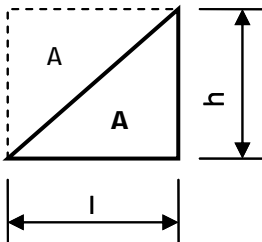
2. Perhitungan Luas 2 : Luas Segitiga dan Trapesium

A = luas

l = panjang sisi

h = tinggi suatu luasan

Segitiga



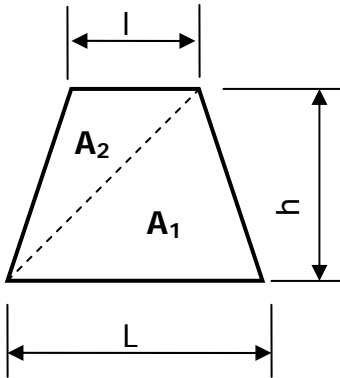
Gambar 3.11. Segitiga

Jika kita menambahkan luasan tambahan pada suatu segitiga untuk membentuk suatu persegi, maka akan diperoleh:

$$\text{Panjang. Lebar} = 2.A$$

$$\text{Sehingga, } A = \frac{l..h}{2} .$$

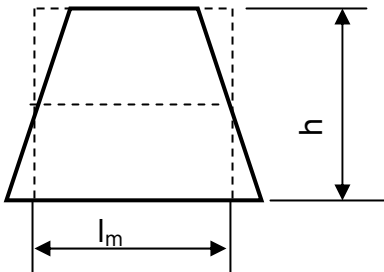
Trapesium



Setiap trapesium dapat dibagi menjadi dua buah segitiga. Sehingga:

$$A = \frac{L.h}{2} + \frac{l.h}{2}$$

$$A = \frac{L+l}{2}.h$$

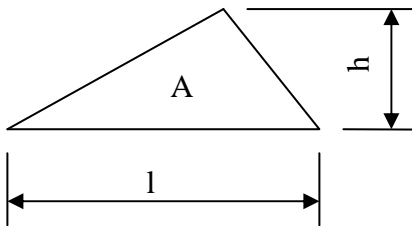


$$A = l_m .h$$

$\frac{L+l}{2}$ adalah panjang dari empat persegi panjang di gambar.

Gambar 3.12. Trapesium

Contoh soal



Gambar 3.13. Segitiga

Sebuah dies dengan potongan melintang berbentuk segitiga memiliki luas 1.015 mm^2 , dan tingginya 35 mm. Hitunglah panjang alasnya.

Jawab :

Hitung l

Diketahui : $A = 1015 \text{ mm}^2$

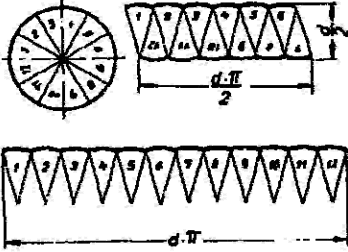
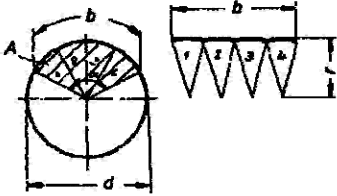
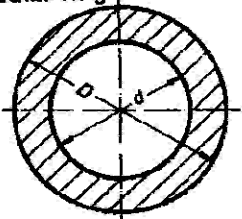
$h = 35 \text{ mm}$

Penyelesaian:

$$A = \frac{l \cdot h}{2} \quad , \quad l = \frac{2 \cdot A}{h} = \frac{2 \cdot 1015}{35} \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \quad , \quad l = 58 \text{ mm}$$

3. Perhitungan Luas 3 : Luas Lingkaran

Tabel 3.1. Perhitungan luas lingkaran

<p>1. Circle</p>  <p>2. Sector</p>  <p>3. Circular ring</p> 	<p>1. Lingkaran (Circle)</p> $A = \pi \cdot \frac{d^2}{4}$ <p>2. Sektor</p> $A = \pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot \frac{\alpha}{360^0}$ <p>3. Cincin (Ring)</p> $A = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$
---	---

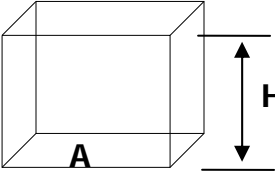
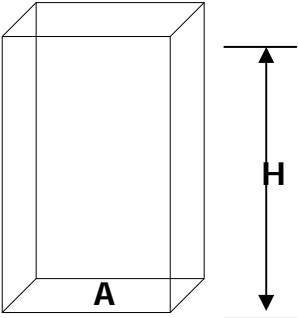
Contoh :

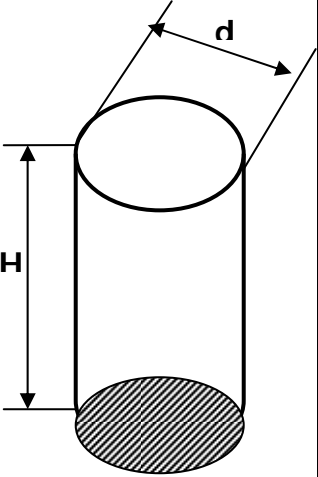
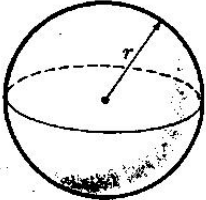
Sebuah poros memiliki diameter 2,5 cm. Berapakah luas potongan melintangnya dalam mm²?

Jawab : $\pi \cdot \frac{d^2}{4} = 3,14 \cdot \frac{25^2}{4} = 490,87 \text{ mm}^2$

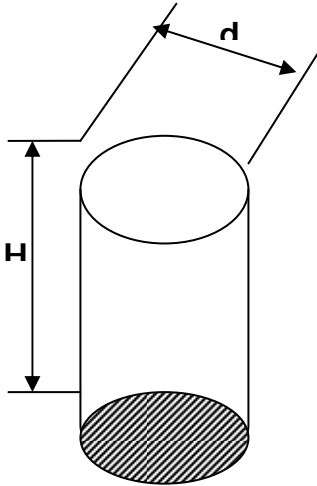
D. Perhitungan Volume Benda Tegak Lurus

Tabel 3.2. Perhitungan volume benda tegak lurus

	<p>Kubus</p> <p>Volume = luas alas . tinggi $V = A \cdot H$</p> <p>Untuk kubus luas alas lihat bagian yang membahas luas.</p>
	<p>Prisma</p> <p>Volume = luas alas . tinggi $V = A \cdot H$</p> <p>Catatan : untuk prisma bentuk alasnya bisa sembarang (segi tiga, segi lima, dsb)</p>

	<p>Silinder</p> <p>Volume = luas alas . tinggi</p> $V = A . H$
	<p>Bola</p> $V = \frac{4}{3} \pi r^3$

Contoh soal :



Sebuah tempat penampungan air berbentuk silinder memiliki diameter 350 mm dan tingginya 750 mm. Hitung kapasitasnya dalam liter.

Dicari : V dalam liter

Diketahui :

Silinder $d = 350 \text{ mm} = 3,5 \text{ dm}$

$H = 750 \text{ mm} = 7,5 \text{ dm}$

Gambar 3.14. Silinder

Penyelesaian :

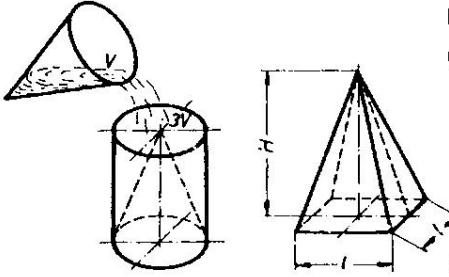
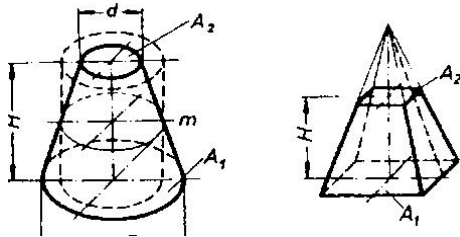
$$V = A \cdot H$$

$$A = 3,14 \cdot 3,5^2 / 4 = 9,67 \text{ dm}^2$$

$$V = 9,61625 \cdot 7,7 = 72,72 \text{ dm}^3$$

Catatan : 1 dm³ = 1 liter

Tabel 3.3. Perhitungan volume piramida

	<p>Volume konis/ piramida</p> <p>$V = \text{volume prisma} / 3$</p> <p>$V = \text{luas alas} \times \text{tinggi} / 3$</p> $V = \frac{A.H}{3}$
	<p>Untuk piramida atau konis terpotong, potongan tersebut sejajar dengan alasnya. Dengan menggunakan ukuran luas alas dan luas atas, maka diambil luas rata-rata (lihat gambar)</p> <p>Sehingga,</p> $d_m = \frac{D+d}{2} \text{ atau}$ $a_m = \frac{a_1 + a_2}{2}$ <p>maka,</p> <p>Volume = luas rata-rata x tinggi</p> $V = A_m . H$

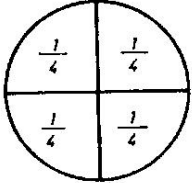
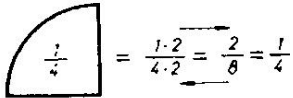
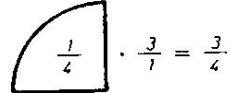
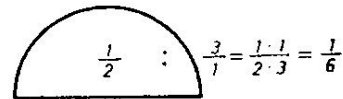
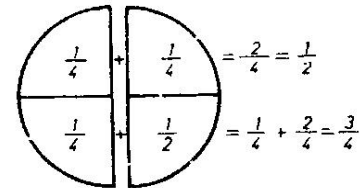
E. Perhitungan Pecahan

Pecahan = bagian dari keseluruhan

Pembilang = jumlah bagian

Penyebut = nama dari bagian

Tabel 3.4. Perhitungan pecahan

<p>1. Concept of a fraction</p>  <p>2. Value of a fraction</p>  <p>3. Multiplication</p>  <p>4. Division</p>  <p>5. Addition and subtraction</p> 	<p>Konsep dasar pecahan:</p> <ol style="list-style-type: none"> Pecahan terdiri dari pembilang (<i>numerator</i>) dan penyebut (<i>denominator</i>), misalnya: $\frac{1}{4}, \frac{3}{4}, \frac{5}{4}, \frac{\text{pembilang}}{\text{penyebut}}$ Nilai (<i>value</i>) dari pecahan tidak berubah jika kita memperlakukan pembilang dan penyebut dengan cara yang sama. Perkalian (<i>multiplication</i>) pecahan dilakukan dengan cara pembilang dikalikan
---	---

	<p>pembilang dan penyebut dikalikan penyebut.</p> <p>4. Pembagian (<i>division</i>) pecahan dilakukan dengan cara mengalikan pecahan pertama dengan kebalikan dari pecahan kedua.</p> <p>5. Penambahan dan pengurangan dilakukan hanya pada pecahan yang sama penyebutnya.</p>
--	--

Suatu bilangan campuran dapat disederhanakan menjadi suatu pecahan. Misalnya:

$$5\frac{3}{4} = \frac{5 \times 4 + 3}{4} = \frac{23}{4}$$

Semua bilangan bisa dituliskan sebagai sebuah pecahan,

misalnya $1\frac{1}{4} = \frac{5}{4}$, atau sebagai pecahan nyata, misalnya

$$4 = \frac{4}{1}$$

Contoh:

- Ekspansikan $\frac{3}{4}$ dengan 2!

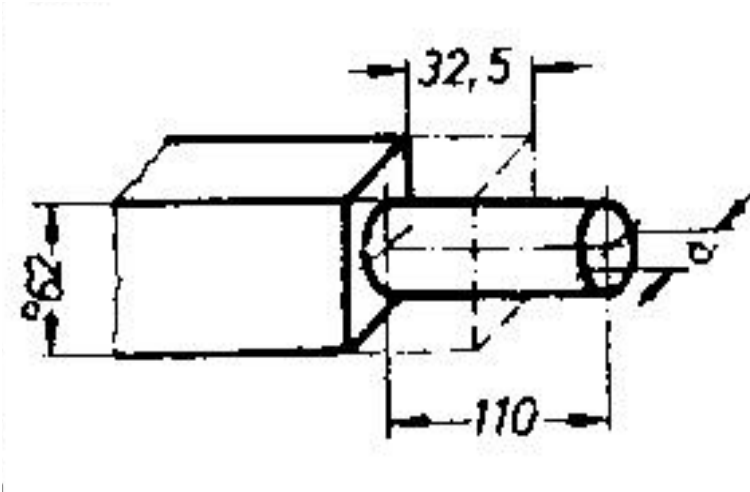
$$\text{Jawab : } \frac{3 \times 2}{4 \times 2} = \frac{6}{8}$$

- Kalikan $\frac{3}{4}$ dengan $\frac{2}{3}$.

$$\text{Jawab : } \frac{3}{4} \times \frac{2}{3} = \frac{6}{12} = \frac{1}{2}$$

- Tambahkan $\frac{3}{4}$ dan $\frac{2}{3}$.

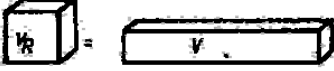
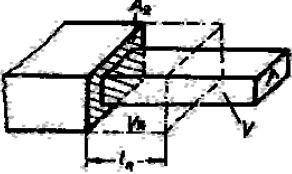
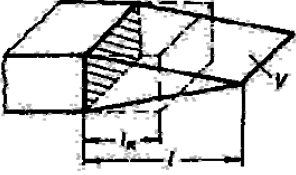
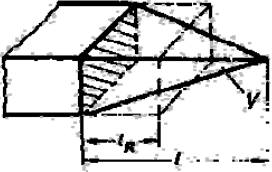
$$\text{Jawab : } \frac{3}{4} + \frac{2}{3} = \frac{9}{12} + \frac{8}{12} = \frac{17}{12} = 1 \frac{5}{12}$$



BAB 4

PERHITUNGAN LANJUT

A. Perhitungan Perkiraan Panjang

<p>Principle</p>  <p>1. Calculation of l_R</p>  <p>2. l_R for wedges</p>  <p>3. l_R for tips</p>  <p>Gambar 4.1. Contoh-contoh bangun</p>	<p>Notasi yang digunakan dalam menghitung:</p> <p>l = panjang hasil A = luas hasil V = volume hasil Z = sisa bahan l_R = panjang pendekatan (misal panjang yang harus dibentuk) A_R = luas pendekatan V_R = volume pendekatan</p> <p>Prinsip:</p> <p>a. Volume pendekatan = volume hasil</p> <p>$V_R = V$ (lihat gambar no. 1) $A_R \cdot l_R = A \cdot l$</p> $l_R = \frac{A \cdot l}{A_R}$ $l_R = \frac{V}{A_R}$ <p>$V_R = V$ (lihat gambar no. 2)</p> <p>2. Bentuk baji (wedges)</p> $: l_R = \frac{l}{2}$ <p>3. Bentuk ujung piramida atau kerucut</p> $l_R = \frac{l}{3}$
---	---

Hasil perhitungan di atas akan menghasilkan bilangan desimal yang relatif panjang. Ada kemungkinan jumlah angka di belakang koma tidak terhingga misalnya: 13,55544171... atau bila menggunakan bilangan *phi* (π) yaitu 3,141592654... Hasil kalkulasi haruslah realistis untuk alat ukur yang kita pergunakan, misalnya jangka sorong hanya bisa mencapai maksimal 2 angka di belakang koma dan mikrometer bisa mencapai tiga angka di belakang koma. Dengan demikian kita harus menetapkan jumlah angka di belakang desimal. Untuk perhitungan yang kurang teliti hasil kalkulasi kita batasi dua angka di belakang koma. Apabila hasil perhitungan diperlukan ketelitian yang tinggi (misalnya ada angka/kualitas toleransinya yang satuannya μm), maka hasil perhitungan kita tetapkan tiga angka di belakang koma. Penentuan jumlah angka di belakang desimal tersebut dengan ketentuan untuk hasil perhitungan, sedangkan proses perhitungan jumlah angka di belakang koma tidak usah dibatasi. Misal:

$$\sqrt{2} + \sqrt{3} = 1,414213562 + 1,732050808 = 3,14626437 \approx 3,146.$$

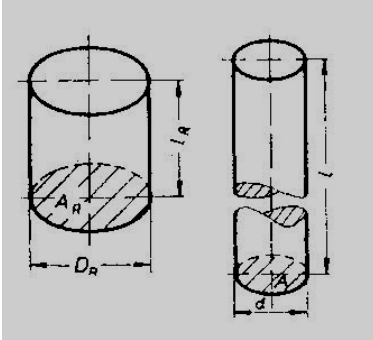
Hasil perhitungan tersebut apabila ditetapkan 3 angka di belakang koma adalah 3,146, sedang apabila ditetapkan dua angka di belakang koma hasilnya 3,15.

Bagaimanakah jika sejak dari proses awal perhitungan jumlah angka di belakang koma sudah dipotong? Apakah ada perbedaan hasil perhitungan?

Perhitungan Lanjut

Contoh :

Sebuah poros diameter 40 mm, panjang 125 mm ditempa dari bahan yang ukuran diameternya 90 mm. Hitunglah panjang awal pendekatan bahan yang digunakan.



Gambar 4.2. Poros

Dicari : l_R ?

Diketahui:

$$D_R = 90 \text{ mm}$$

$$d = 40 \text{ mm} \quad l = 125 \text{ mm}$$

Jawab:

Dengan prinsip volume pendekatan = volume hasil,

diperoleh : $l_R = \frac{A \cdot l}{A_R}$, maka

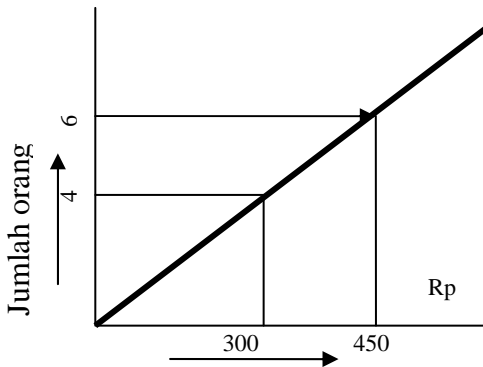
$$l_R = \frac{\pi \cdot 40 \cdot 125}{\pi \cdot 90} = 55,55555555 \approx 55,56 \text{ mm (didekati sampai$$

dua angka di belakang koma).

B. Melakukan Kalkulasi dengan Metode Tiga Langkah

1. Proporsi sebanding (berbanding lurus)

Proporsi ini terjadi jika satu variabel meningkat variabel yang lainnya juga meningkat.



Gambar 4.3. Grafik proporsi sebanding

Contoh :

Apabila empat orang bepergian memerlukan uang Rp300.000. Berapa uang diperlukan jika yang bepergian 6 orang?

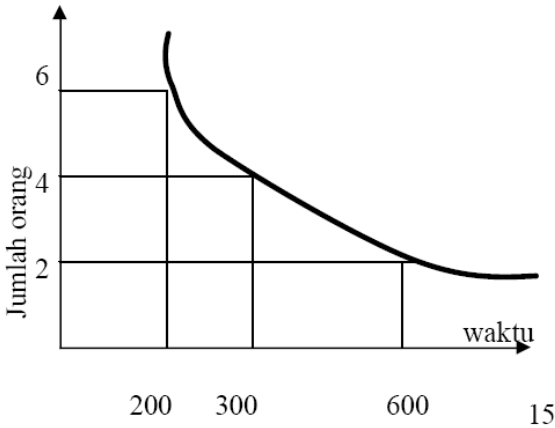
Prosedur penyelesaian dengan metode tiga langkah:

Pernyataan : 4 orang = 300.000

Tunggal : 1 orang = $\frac{300000}{4}$

Jamak : 6 orang = $\frac{300000 \cdot 6}{4} = 450.000$

2. Proporsi tidak sebanding (berbanding terbalik)



Gambar 4.4. Grafik proporsi tidak sebanding

Contoh 1

Empat orang menyelesaikan pembuatan mesin dalam waktu 300 jam. Berapa lama jika enam orang?

Pernyataan :

4 orang = 300 jam

Tunggal :

1 orang = $300 \cdot 4$

Jamak :

$$6 \text{ orang} = \frac{300 \cdot 4}{6} = 200 \text{ jam}$$

3. Kalkulasi ganda

Contoh 2.

Dua orang pekerja memerlukan waktu 3 hari untuk menyelesaikan 20 benda bubutan. Berapa lama yang diperlukan oleh enam pekerja untuk membuat 30 buah benda semacam?

Titik awal:

2 orang untuk 20 buah = 3 hari

6 orang untuk 30 buah = x hari

Langkah pertama:

Pernyataan : 2 orang untuk 20 buah = 3 hari

Tunggal : 1 orang untuk 20 buah = 3. 2 hari

Jamak : 6 orang untuk 20 buah = $\frac{3.2}{6}$ hari (catatan:

berbanding terbalik)

Langkah kedua:

Pernyataan : 6 orang untuk 20 buah = $\frac{3.2}{6}$ hari

Tunggal : 6 orang untuk 1 buah = $\frac{3.2}{6.20}$ hari

Jamak : 6 orang untuk 30 buah = $\frac{3.2.30}{6.20} = 1,5$ hari

(catatan: *berbanding lurus)*

C. Perhitungan Persentase

Pengertian

- 100% = total
- % adalah bagian dari total
- 1 % berarti 1/100 dari jumlah total, sehingga 100% sama dengan 1 (utuh atau total).

Perhitungan persentase adalah penyederhanaan dari metode tiga langkah. Semua harga didasarkan pada 100. Dua harga yang diketahui digunakan untuk menghitung harga ketiga.

Contoh 1:

Ukuran lembaran pelat baja yang dibutuhkan untuk membuat pintu adalah 3,6 m², bagian yang terbuang adalah 0,18 m². Hitunglah bagian yang terbuang dalam %.

Jawab :

Prosedur penyelesaian dengan metode tiga langkah:

Pernyataan : 3,6 m² = 100%

Unit : $1 \text{ m}^2 = \frac{100}{3,6}$

Jawaban : $0,18 \text{ m}^2 = \frac{100 \cdot 0,18}{3,6} = \frac{5}{100} = 5\%$

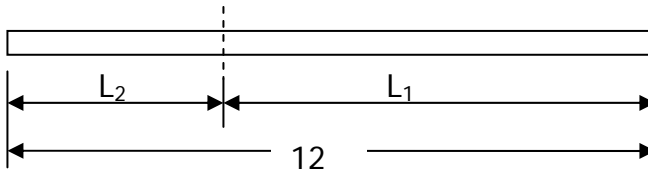
D. Perhitungan dengan Perbandingan (Rasio)

Perbandingan atau rasio biasanya digunakan untuk menghitung panjang bagian-bagian suatu benda. Rasio ini di dalam gambar ditulis dalam bentuk skala. Skala 1:2,

maksudnya gambar tersebut digambar lebih kecil, yaitu seperdua kali panjang sesungguhnya.

Contoh :

Sebuah pipa sepanjang 12 m akan dibagi dua dengan perbandingan 1:2. Berapakah panjang pipa masing-masing?



Gambar 4.5. Perbandingan (rasio)

Ditanyakan : Panjang L_1 dan L_2 .

Diketahui : Panjang total 12 m

Perbandingan $L_2 : L_1 = 1:2$

Jawab :

Jumlah bagian L_1 dan L_2 adalah $1 + 2 = 3$

Berarti 12 m panjang dibagi 3 bagian, sehingga 1 bagian = $12/3 = 4$ m

Maka $L_2 = 4$ m dan $L_1 = 8$ m.

Atau

$\frac{L_2}{L_1} = \frac{1}{2}$, sehingga $L_1 = 2 \cdot L_2$

Maka $L_1 + L_2 = 2 \cdot L_2 + L_2 = 3 \cdot L_2$

$3 \cdot L_2 = 12$ m

Perhitungan Lanjut

sehingga : $L_2 = 12 \text{ m} / 3 = 4 \text{ m}$

$$L_1 = 2 \cdot L_2 = 8 \text{ m}$$

E. Menginterpretasikan dan Membuat Diagram dan Grafik

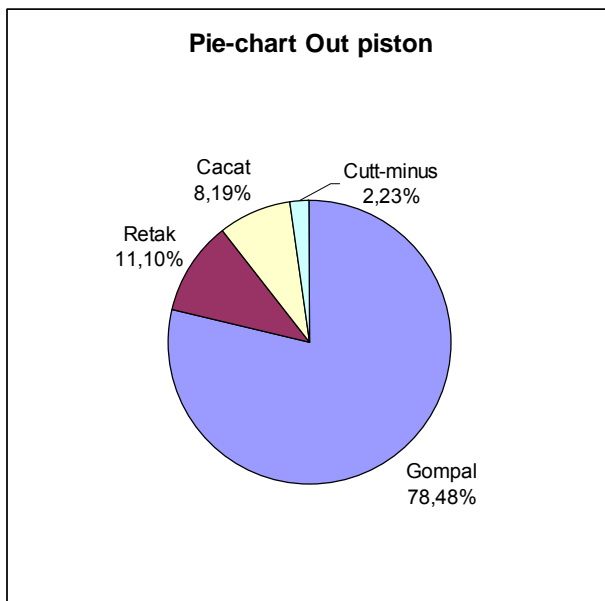
Penyajian data yang penting bisa dilakukan dengan menggunakan tabel apabila yang dipentingkan adalah harga bilangannya. Akan tetapi beberapa macam data lebih jelas apabila ditampilkan dalam bentuk gambar berupa diagram atau grafik.

Contoh: Pada Tahun 1992 sebuah perusahaan sepeda motor mengalami masalah tentang banyaknya *reject piston*, setelah dikumpulkan datanya diperoleh :

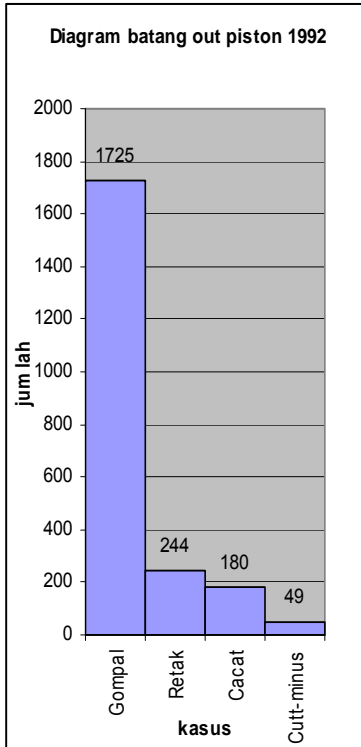
Tabel 4.1. Data *out* piston periode Agustus 1992- Oktober 1992

Kasus	Kasus	Jumlah kasus
Gompal	1	1.725
Retak	2	244
Cacat	3	180
Cutt-minus	4	49
	Total out	2.198

Kasus tersebut di atas bila ditampilkan dalam bentuk diagram kue (*pie-chart*) dan diagram batang adalah seperti gambar di bawah.



Gambar 4.6. *Pie-chart out piston*



Gambar 4.7. Diagram batang *out* piston

Interpretasi diagram tersebut adalah dilakukan dengan membandingkan harga setiap kasus yang digambarkan sebagai potongan kue pada diagram kue. Potongan kue terbesar berarti proporsi kejadian/datanya yang paling dominan/paling besar. Dari gambar di atas terlihat bahwa peristiwa gompal adalah kasus yang paling banyak terjadi, kemudian kasus retak, cacat, dan yang paling jarang terjadi kasus *cutt-minus*. Demikian juga untuk interpretasi diagram

batang dilakukan dengan cara melihat gambar ukuran batang yang ada, batang yang tertinggi adalah yang paling besar jumlahnya/proporsinya.

Selain kedua diagram tersebut di atas, diagram yang selalu digunakan oleh industri permesinan adalah diagram pareto.

Kegunaan diagram ini adalah:

- Menggambarkan perbandingan masing-masing jenis masalah terhadap keseluruhan
- Mempersempit daerah masalah karena selalu ada yang dominan
- Menggambarkan jenis persoalan sebelum dan sesudah perbaikan.

Diagram pareto untuk data tersebut dibuat dengan langkah-langkah sebagai berikut:

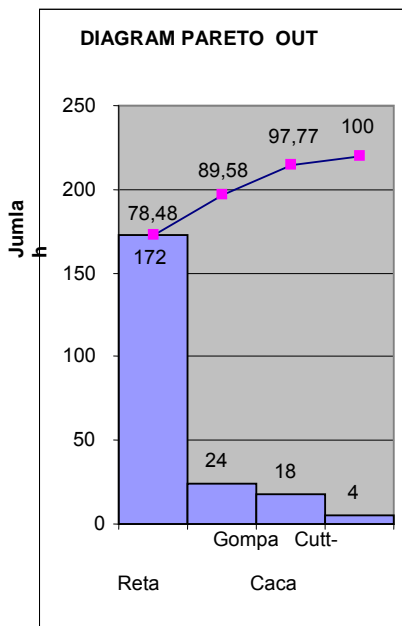
- Lengkapi tabel data tersebut di atas dengan menambah kolom dengan jumlah kasus dalam %, dengan rumus: $(\text{jumlah kasus}/\text{total kasus}) \times 100 \%$.
- Tambah kolom lagi untuk jumlah kasus kumulatif dalam %.
- Buat diagram batang untuk tiap kasus (jumlah tiap kasus terlihat).
- Buat diagram garis untuk kumulatif % pada diagram yang sama.

Hasil langkah tersebut adalah sbb:

Tabel 4.2. Data out piston

Kasus	Kasus	Jumlah kasus	%	% kumulatif
Gompal	1	1.725	78,48	78,48
Retak	2	244	11,10	89,58
Cacat	3	180	8,19	97,77
Cut-minus	4	49	2,23	100,00
	Total out	2.198		

Diagram pareto untuk kasus tersebut adalah:



Gambar 4.9. Diagram pareto

1. Membuat tabel distribusi frekuensi

Diagram batang yang telah dibahas di atas merupakan hubungan suatu kasus (bukan numerik) dengan data jumlahnya (numerik), sehingga absisnya bukan merupakan suatu tingkatan tetapi merupakan nama suatu kasus. Apabila data yang ingin diungkapkan berupa hubungan antara angka (numerik) dengan jumlah kejadiannya (numerik), maka dapat juga dibuat suatu grafik berupa histogram, diagram pencar, dan diagram garis.

Misal telah terkumpul data panjang sisa pemotongan bahan poros yang ada di gudang sebagai berikut:

Panjang sisa bahan poros (mm) : 123, 120, 121, 120, 123, 121, 134, 123, 124, 129, 140, 141, 143, 150, 151, 152, 156, 131, 132, 133.

Data tersebut belum terstruktur, sehingga sulit untuk diinterpretasikan, maka kemudian dikelompokkan setiap selang panjang tertentu (misalnya: 5 mm), sehingga yang panjangnya sampai dengan 120 dimasukkan dalam satu kelas interval. Kelas interval berikutnya 121 sampai dengan 125 dan seterusnya sehingga ukuran yang maksimal tercapai. Data di atas setelah dikelompokkan dan dihitung jumlah (frekuensi) setiap selang nilai diperoleh tabel distribusi frekuensi sebagai berikut:

Tabel 4.3. Distribusi frekuensi

Selang nilai	Frekuensi	Frekuensi kumulatif
0 -120	2	2
121 -125	6	8
126- 130	1	9
131- 135	4	13
136 -140	1	14
141 -145	2	16
146 -150	1	17
151 -155	2	19
156 -160	1	20
Σ	20	

- Frekuensi adalah jumlah data yang muncul.
- Frekuensi kumulatif adalah jumlah data yang muncul ditambah dengan jumlah data yang muncul pada kelas interval sebelumnya.

2. Pembuatan Histogram

Misalnya ada data tentang berat baut M12 (dalam gram) yang dibuat sebagai berikut:

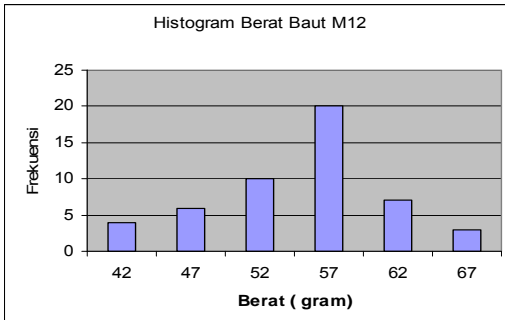
Tabel 4.4. Distribusi frekuensi berat baut M12

Selang nilai	Frekuensi
40-44	4
45-49	6
50-54	10
55-59	20
60-64	7
65-69	3
Σ	50

Dari data tersebut bisa dibuat histogram, dengan cara tabel tersebut dilengkapi dengan nilai harga tengah setiap selang nilai, sehingga mempermudah perhitungan selanjutnya. Perhitungan yang dapat diperoleh dari tabel distribusi frekuensi misalnya harga rata-rata dan harga simpangan baku (deviasi standar).

Tabel 4.5. Distribusi frekuensi berat baut M12

Selang nilai	Nilai tengah selang	Frekuensi
40-44	42	4
45-49	47	6
50-54	52	10
55-59	57	20
60-64	62	7
65-69	67	3
	Jumlah	50



Jika tabel distribusi frekuensi dibuat grafik dengan absis selang nilai (nilai tengah selang)

Gambar 4.10. Histogram berat baut dan ordinat frekuensinya, maka grafik tersebut dinamakan histogram.

3. Menghitung simpangan baku (S_d)

Simpangan baku (S_d) adalah ukuran yang menggambarkan penyebaran data secara absolut (mutlak). Rumus simpangan baku adalah:

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

x_i = harga data ke i

\bar{x} = harga rata-rata data

n = cacah data

Contoh:

Diketahui data penyimpangan ukuran poros (dalam μm) yang dibuat dengan mesin bubut CNC sebagai berikut: 4,3,5,6,4,5,7,6,8,3,8,9,10. Hitunglah simpangan baku data tersebut.

Jawab :

Pertama kali kita urutkan data tersebut di atas yaitu: 3,3,4,4,5,5,6,6,7,8,8, 9,10. Jumlah seluruh data tersebut adalah 78.

Cacah data adalah 13, sehingga harga rata-rata adalah: $78/13 = 6$.

Kemudian dibuat tabel yang berisi data (x_i), selisih nilai data dengan harga rata-rata ($x_i - \bar{x}$) dan $(x_i - \bar{x})^2$.

Tabel 4.6. Selisih nilai data dengan rata-rata

x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
3	-3	9
3	-3	9
4	-2	4
4	-2	4
5	-1	1
5	-1	1
6	0	0
6	0	0
7	1	1
8	2	4
8	2	4
9	3	9
10	4	16
		62

Dari rumus simpangan baku di atas, dapat dihitung:

$$S_d = \frac{62}{13} = \sqrt{4,7692} = 2,18 \text{ } \mu\text{m}$$

4. Pembuatan diagram garis

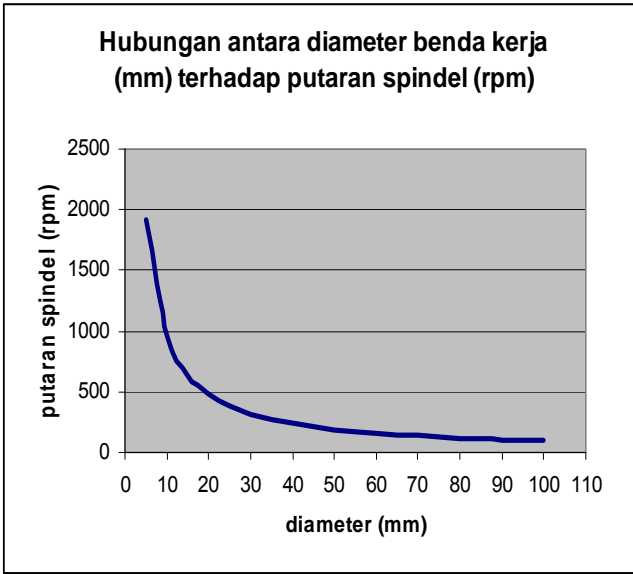
Pembahasan di atas adalah cara mendeskripsikan data dengan variabel tunggal. Apabila variabel yang ada dua buah, misalnya menggambarkan hubungan antara diameter dan putaran spindel mesin bubut, maka kita menggunakan diagram garis/grafik garis.

Misalnya akan dibuat grafik garis untuk data antara diameter benda kerja dan putaran spindel sebagai berikut:

Tabel 4.7. Diamater dan putaran

Diameter (mm)	n (rpm)
5	1911
10	955
15	637
20	478
25	382
30	318
35	273
40	239
45	212
50	191
55	174
60	159
65	147
70	136
75	127
80	119
85	112
90	106
95	101
100	96

Grafik garis untuk data tersebut adalah



Gambar 4.11. Hubungan diameter benda kerja dan putaran spindel

Gambar grafik garis tersebut masih agak sulit diinterpretasikan karena garis yang terbentuk melengkung. Untuk mempermudah pembacaan biasanya garis dibuat lurus dengan konsekuensi jarak skala absis dan ordinatnya tidak konsisten.



BAB 5

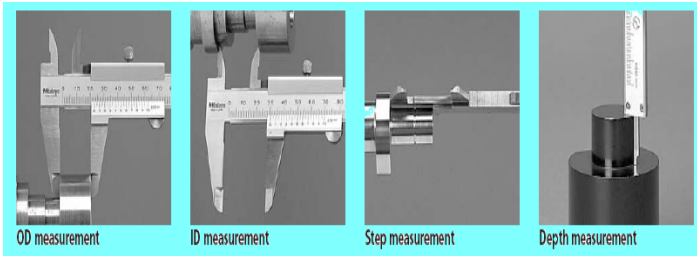
PENGUKURAN DAN TOLERANSI

A. Alat Ukur

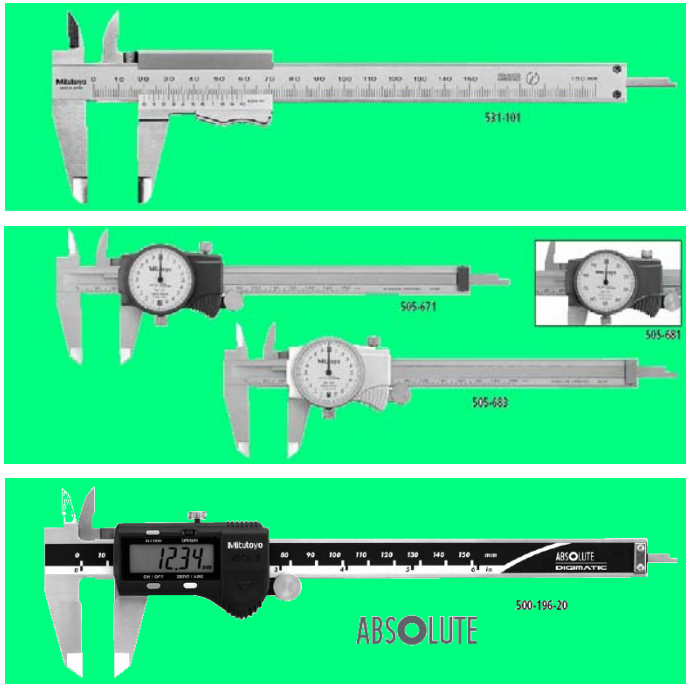
Mengukur adalah proses membandingkan ukuran (dimensi) yang tidak diketahui terhadap standar ukuran tertentu. Alat ukur yang baik merupakan kunci dari proses produksi massal. Tanpa alat ukur, elemen mesin tidak dapat dibuat cukup akurat untuk menjadi mampu tukar (*interchangeable*). Pada waktu merakit, komponen yang dirakit harus sesuai satu sama lain. Pada saat ini, alat ukur merupakan alat penting dalam proses pemesinan dari awal pembuatan sampai dengan kontrol kualitas di akhir produksi.

1. Jangka Sorong

Jangka sorong adalah alat ukur yang sering digunakan di bengkel mesin. Jangka sorong berfungsi sebagai alat ukur yang biasa dipakai operator mesin yang dapat mengukur panjang sampai dengan 200 mm, ketelitian 0,05 mm. Gambar 5.1. berikut adalah gambar jangka sorong yang dapat mengukur panjang dengan rahangnya, kedalaman dengan ekornya, lebar celah dengan sensor bagian atas. Jangka sorong tersebut memiliki skala ukur (*vernier scale*) dengan cara pembacaan tertentu. Ada juga jangka sorong yang dilengkapi jam ukur, atau dilengkapi penunjuk ukuran digital. Pengukuran menggunakan jangka sorong dilakukan dengan cara menyentuh sensor ukur pada benda kerja yang akan diukur, (lihat Gambar 5.1.). Beberapa macam jangka sorong dengan skala penunjuk pembacaan dapat dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.1. Sensor jangka sorong yang dapat digunakan untuk mengukur berbagai posisi

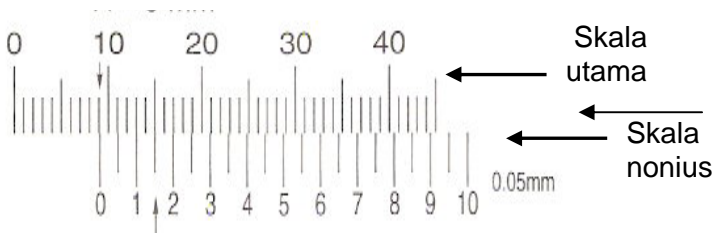


Gambar 5.2. Jangka sorong dengan penunjuk pembacaan nonius, jam ukur, dan digital

Pengukuran dan Toleransi

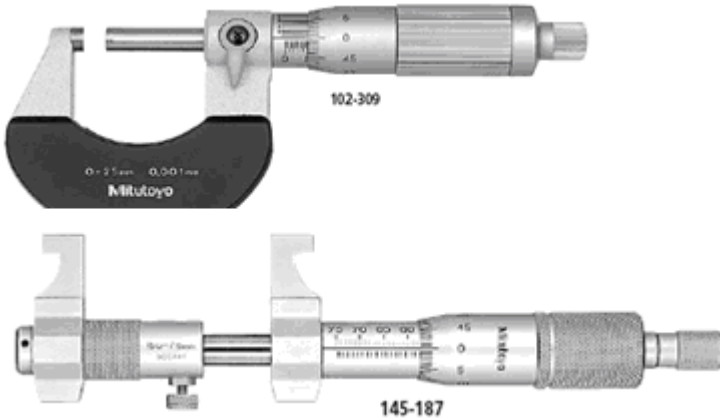
Pembacaan hasil pengukuran jangka sorong yang menggunakan jam ukur dilakukan dengan cara membaca skala utama ditambah jarak yang ditunjukkan oleh jam ukur. Untuk jangka sorong dengan penunjuk pembacaan digital, hasil pengukuran dapat langsung dibaca pada monitor digitalnya. Jangka sorong yang menggunakan skala nonius, cara pembacaan ukurannya secara singkat adalah sebagai berikut:

- Baca angka mm pada skala utama (pada Gambar 5.3. di bawah: 9 mm)
- Baca angka kelebihan ukuran dengan cara mencari garis skala utama yang segaris lurus dengan skala nonius (Gambar 5.3. di bawah: 0,15)
- Sehingga ukuran yang dimaksud 9,15 .



Gambar 5.3. Cara membaca skala jangka sorong ketelitian 0,05 mm.

2. Mikrometer

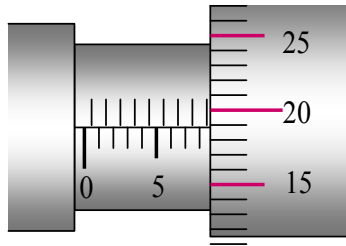


Gambar 5.4. Mikrometer luar dan mikrometer dalam

Hasil pengukuran dengan menggunakan mikrometer (Gambar 5.4.) biasanya lebih presisi daripada menggunakan jangka sorong. Akan tetapi jangkauan ukuran mikrometer lebih kecil, yaitu sekitar 25 mm. Mikrometer memiliki ketelitian sampai dengan 0,01 mm. Jangkauan ukur mikrometer adalah 0-25 mm, 25–50 mm, 50-75 mm, dan seterusnya dengan selang 25 mm. Cara membaca skala mikrometer secara singkat adalah sebagai berikut:

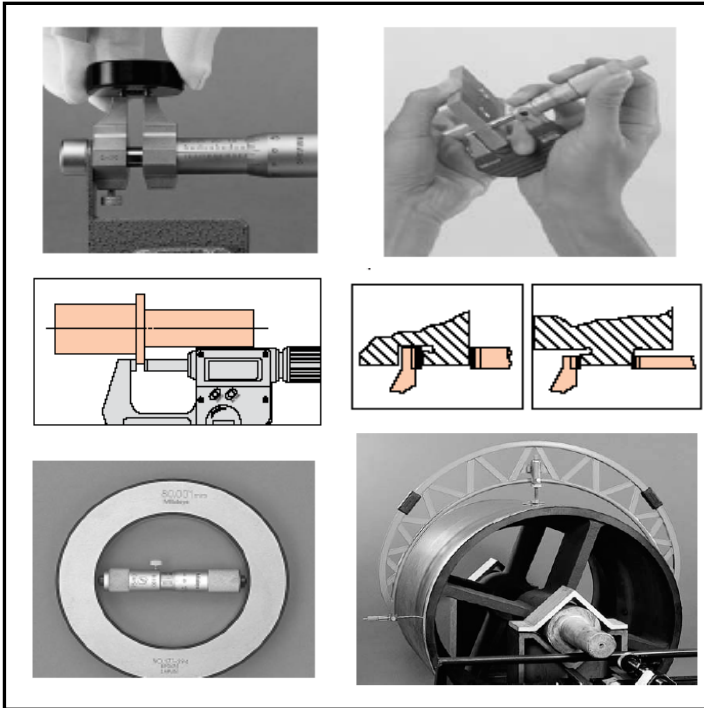
- Baca angka skala pada skala utama/*barrel scale* (pada Gambar 5.5. adalah 8,5 mm)
- Baca angka skala pada *thimble* (pada posisi 0,19 mm)

- Jumlahkan ukuran yang diperoleh (pada Gambar 5.5. adalah 8,69 mm).



Gambar 5.5. Cara membaca skala mikrometer

Beberapa contoh penggunaan mikrometer untuk mengukur benda kerja dapat dilihat pada Gambar 51.6. Mikrometer dapat mengukur tebal, panjang, diameter dalam, hampir sama dengan jangka sorong. Untuk keperluan khusus mikrometer juga dibuat berbagai macam variasi, akan tetapi kepala mikrometer sebagai alat pengukur dan pembacaan hasil pengukuran tetap selalu digunakan. Beberapa mikrometer juga dilengkapi penunjuk pembacaan digital, untuk mengurangi kesalahan pembacaan hasil pengukuran.



Gambar 5.6. Berbagai macam pengukuran yang bisa dilakukan dengan mikrometer: pengukuran jarak celah, tebal, diameter dalam, dan diameter luar

3. Jam Ukur (*Dial Indicator*)

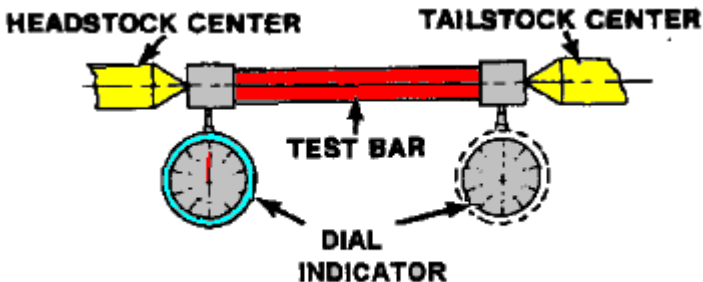
Jam ukur (*dial indicator*) adalah alat ukur pembanding (komparator). Alat ukur pembanding ini (Gambar 5.7.), digunakan oleh operator mesin perkakas untuk melakukan penyetulan mesin perkakas yaitu: pengecekan posisi ragum,

Pengukuran dan Toleransi

posisi benda kerja, posisi senter/sumbu mesin perkakas (Gambar 5.8.), dan pengujian kualitas geometris mesin perkakas. Ketelitian ukur jam ukur yang biasa digunakan di bengkel adalah 0,01 mm.



Gambar 5.7. Jam ukur (*Dial Indicator*)



Gambar 5.8. Pengecekan sumbu mesin bubut dengan bantuan jam ukur

B. Sistem Satuan

Sistem satuan yang digunakan pada mesin perkakas adalah sistem metris (*metric system*) dan sistem imperial (*Imperial system/British system*). Buku terbitan USA dan England selalu menggunakan satuan imperial, dan beberapa data pada buku ini juga menggunakan satuan imperial, maka untuk memudahkan perhitungan, berikut ditampilkan konversi satuan Imperial menjadi metris (Tabel 5.1).

Tabel 5.1. Faktor konversi satuan imperial menjadi metris dan sebaliknya

Mengubah	Dikalikan	Mengubah	Dikalikan
Panjang			
inches to millimeters	25,4	millimeters to inches	0,0393701
feet to meters	0,3048	meters to feet	3,28084
yards to meters	0,9144	meters to yards	1,09361
furlongs to kilometers	0,201168	kilometers to furlongs	4,97097
miles to kilometers	1,609344	kilometers to miles	0,621371
Luas			
square inches to square centimeters	6,4516	square centimeters to square inches	0,1550
square feet to square meters	0,092903	square meters to square feet	10,7639
square yards to square meters	0,836127	square meters to square yards	1,19599
square miles to square kilometers	2,589988	square kilometers to square miles	0,386102
acres to square meters	4046,85642	square meters to acres	0,000247
acres to hectares	0,404866	hectares to acres	2,469955

Pengukuran dan Toleransi

Volume			
cubic inches to cubic centimeters	16,387064	cubic centimeters to cubic inches	0,061024
cubic feet to cubic meters	0,028317	cubic meters to cubic feet	35,3147
cubic yards to cubic meters	0,764555	cubic meters to cubic yards	1,30795
cubic miles to cubic kilometers	4,1682	cubic kilometers to cubic miles	0,239912
fluid ounces (U.S.) to milliliters	29,5735	milliliters to fluid ounces (U.S.)	0,033814
fluid ounces (imperial) to milliliters	28,413063	milliliters to fluid ounces (imperial)	0,035195
pints (U.S.) to liters	0,473176	liters to pints (U.S.)	2,113377
pints (imperial) to liters	0,568261	liters to pints (imperial)	1,759754
quarts (U.S.) to liters	0,946353	liters to quarts (U.S.)	1,056688
quarts (imperial) to liters	1,136523	liters to quarts (imperial)	0,879877
gallons (U.S.) to liters	3,785412	liters to gallons (U.S.)	0,264172
gallons (imperial) to liters	4,54609	liters to gallons (imperial)	0,219969
Massa/Berat			
ounces to grams	28,349523	grams to ounces	0,035274
pounds to kilograms	0,453592	kilograms to pounds	2,20462
stone (14 lb) to kilograms	6,350293	kilograms to stone (14 lb)	0,157473
tons (U.S.) to kilograms	907,18474	kilograms to tons (U.S.)	0,001102
tons (imperial) to kilograms	1016,046909	kilograms to tons (imperial)	0,000984
tons (U.S.) to metric tons	0,907185	metric tons to tons (U.S.)	1,10231
tons (imperial) to metric tons	1,016047	metric tons to tons (imperial)	0,984207
Kecepatan			
miles per hour to kilometers per hour	1,609344	kilometers per hour to miles per hour	0,621371
feet per second to meters per second	0,3048	meters per second to feet per second	3,28084

per second	feet per second		
Gaya			
pound-force to newton	4,44822	newton to pound-force	0,224809
kilogram-force to newton	9,80665	newton to kilogram-force	0,101972
Tekanan			
pound-force per square inch to kilopascals	6,89476	kilopascals to pound-force per square inch	0,145038
tons-force per square inch (imperial) to megapascals	15,4443	megapascals to tons-force per square inch (imperial)	0,064779
atmospheres to newtons per square centimeter	10,1325	newtons per square centimeter to atmospheres	0,098692
atmospheres to pound-force per square inch	14,695942	pound-force per square inch to atmospheres	0,068948
Energi			
calorie to joule	4,1868	joule to calorie	0,238846
watt-hour to joule	3.600	joule to watt-hour	0,000278
Usaha			
horsepower to kilowatts	0,7457	kilowatts to horsepower	1,34102
Konsumsi bahan bakar			
miles per gallon (U.S.) to kilometers per liter	0,4251	kilometers per liter to miles per gallon (U.S.)	2,3521
miles per gallon (imperial) to kilometers per liter	0,3540	kilometers per liter to miles per gallon (imperial)	2,824859
gallons per mile (U.S.) to liters per kilometer	2,3521	liters per kilometer to gallons per mile (U.S.)	0,4251
gallons per mile (imperial) to liters per kilometer	2,824859	liters per kilometer to gallons per mile (imperial)	0,3540

Microsoft ® Encarta ® Encyclopedia 2005. © 1993-2004 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C. Toleransi Ukuran dan Geometrik

Karakteristik geometrik (misalnya: besarnya kelonggaran antara komponen yang berpasangan) berhubungan dengan karakteristik fungsional. Karakteristik fungsional mesin tidak tergantung pada karakteristik geometrik saja, tetapi dipengaruhi juga oleh: kekuatan, kekerasan, struktur metalografi, dan sebagainya yang berhubungan dengan karakteristik material. Komponen mesin hasil proses pemesinan bercirikan karakteristik geometrik yang teliti dan utama. Karakteristik geometrik tersebut meliputi: ukuran, bentuk, dan kehalusan permukaan.

1. Penyimpangan Selama Proses Pembuatan

Karakteristik geometrik yang ideal: ukuran yang teliti, bentuk yang sempurna dan permukaan yang halus sekali dalam praktik tidak mungkin tercapai karena ada penyimpangan yang terjadi, yaitu: (1) Penyetelan mesin perkakas, (2) Pengukuran dimensi produk, (3) Gerakan mesin perkakas, (4) Keausan pahat, (5) Perubahan temperatur, (6) Besarnya gaya pemotongan.

Penyimpangan yang terjadi selama proses pembuatan memang diusahakan seminimal mungkin, akan tetapi tidak mungkin dihilangkan sama sekali. Untuk itu dalam proses pembuatan komponen mesin dengan menggunakan mesin perkakas diperbolehkan adanya penyimpangan ukuran maupun bentuk. Terjadinya penyimpangan tersebut misalnya terjadi

pada pasangan poros dan lubang. Agar poros dan lubang yang berpasangan nantinya bisa dirakit, maka ditempuh cara sebagai berikut:

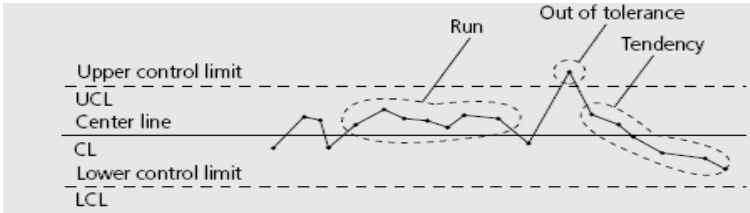
- 1) Membiarkan adanya penyimpangan ukuran poros dan lubang. Pengontrolan ukuran sewaktu proses pembuatan poros dan lubang berlangsung tidak diutamakan. Untuk pemasangannya dilakukan dengan coba-coba.
- 2) Membiarkan adanya penyimpangan kecil yang telah ditentukan terlebih dahulu. Pengontrolan ukuran sangat dipentingkan sewaktu proses produksi berlangsung. Untuk perakitanya semua poros pasti bisa dipasangkan pada lubangnya.

Cara kedua ini yang dinamakan cara produksi dengan sifat ketertukaran. Keuntungan cara kedua adalah proses produksi bisa berlangsung dengan cepat, dengan cara mengerjakannya secara paralel, yaitu lubang dan poros dikerjakan di mesin yang berbeda dengan operator yang berbeda. Poros selalu bisa dirakit dengan lubang, karena ukuran dan penyimpangannya sudah ditentukan terlebih dahulu, sehingga variasi ukuran bisa diterima asal masih dalam batas ukuran yang telah disepakati. Selain dari itu suku cadang bisa dibuat dalam jumlah banyak, serta memudahkan mengatur proses pembuatan. Hal tersebut bisa terjadi karena komponen yang dibuat bersifat mampu tukar (*interchangeability*). Sifat mampu tukar inilah yang dianut pada proses produksi modern.

Variasi merupakan sifat umum bagi produk yang dihasilkan oleh suatu proses produksi, oleh karena itu perlu diberikan suatu toleransi. Memberikan toleransi berarti menentukan batas-batas maksimum dan minimum di mana penyimpangan karakteristik produk harus terletak. Bagian-bagian yang tidak utama dalam suatu komponen mesin tidak diberi toleransi, yang berarti menggunakan toleransi bebas/terbuka (*open tolerance*). Toleransi diberikan pada bagian yang penting bila ditinjau dari aspek: Fungsi komponen, Perakitan, dan Pembuatan.

2. Toleransi

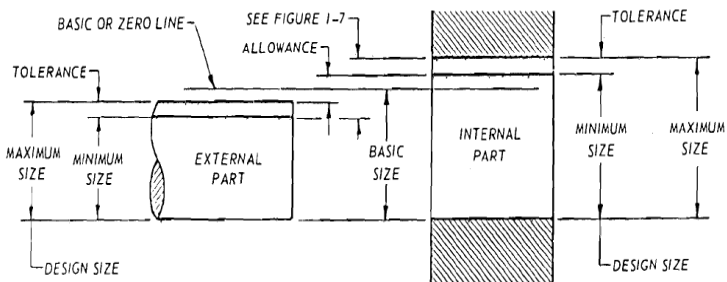
Standar ISO 286-1:1988 *Part 1: Bases of tolerances, deviations and fits*, serta ISO 286-2:1988 *Part 2: Tables of standard tolerance grades and limit* adalah merupakan dasar bagi penggunaan toleransi dan suaian yang diikuti banyak perusahaan dan perancang sampai saat ini. Toleransi ukuran adalah perbedaan ukuran antara kedua harga batas di mana ukuran atau jarak permukaan/batas geometri komponen harus terletak, (lihat Gambar 5.9).



Gambar 5.9. Gambar daerah toleransi yaitu antara harga batas atas (*Upper Control Limit /UCL*) dan batas bawah (*Lower Control Limit/LCL*).

Beberapa istilah perlu dipahami untuk penerapan standar ISO tersebut di atas. Untuk setiap komponen perlu didefinisikan:

- 1) Ukuran dasar (*basic size*)
- 2) Daerah toleransi (*tolerance zone*)
- 3) Penyimpangan (*deviation*).



Gambar 5.10. Pasangan poros dan lubang, ukuran dasar, daerah tolerans

Ukuran dasar adalah ukuran/dimensi benda yang dituliskan dalam bilangan bulat. Daerah toleransi adalah daerah antara harga batas atas dan harga batas bawah. Penyimpangan adalah jarak antara ukuran dasar dan ukuran sebenarnya.

3. Suaian

Apabila dua buah komponen akan dirakit maka hubungan yang terjadi yang ditimbulkan oleh karena adanya perbedaan ukuran sebelum mereka disatukan, disebut dengan suaian (*fit*). Suaian ada tiga kategori, yaitu:

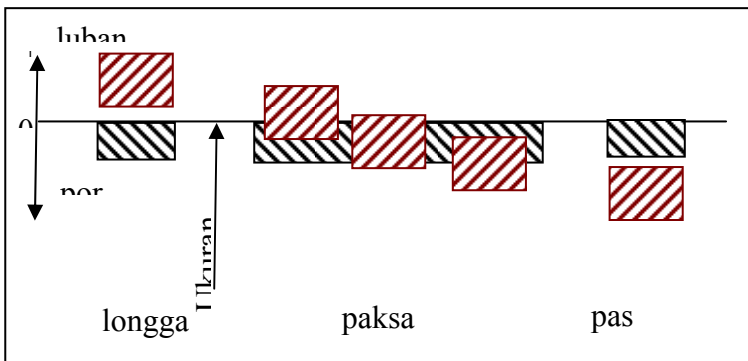
- 1) **Suaian Longgar (*Clearance Fit*):** selalu menghasilkan kelonggaran), daerah toleransi lubang selalu terletak di atas daerah toleransi poros.
- 2) **Suaian paksa (*Interference Fit*):** suaian yang akan menghasilkan kerapatan, daerah toleransi lubang selalu terletak di bawah toleransi poros.
- 3) **Suaian pas (*Transition Fit*):** suaian yang dapat menghasilkan kelonggaran ataupun kerapatan, daerah toleransi lubang dan daerah toleransi poros saling menutupi.

Tiga jenis suaian tersebut dijelaskan pada Gambar 5.11. dan Gambar 5.12. Untuk mengurangi banyaknya kombinasi yang mungkin dapat dipilih maka ISO telah menetapkan dua buah sistem suaian yang dapat dipilih, yaitu:

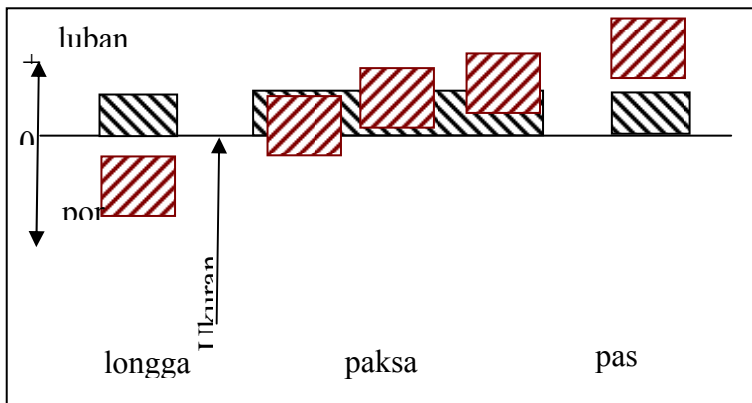
- 1) Sistem suaian berbasis poros (*shaft basic system*), dan

2) Sistem suaian berbasis lubang (*hole basic system*)

Apabila sistem suaian berbasis poros yang dipakai, maka penyimpangan atas toleransi poros selalu berharga nol ($es=0$). Sebaliknya, untuk sistem suaian berbasis lubang maka penyimpangan bawah toleransi lubang yang bersangkutan selalu bernilai nol ($Ei=0$).



Gambar 5.11. Sistem suaian dengan berbasis poros ($es=0$)



Gambar 5.12. Sistem suaian berbasis lubang ($Ei=0$)

Beberapa suaian yang terjadi di luar suaian tersebut di atas bisa terjadi, terutama di daerah suaian paksa dan longgar yang mungkin masih terjadi beberapa pasangan dari longgar (*loose running*) sampai paksa (*force*). Beberapa contoh suaian menggunakan basis lubang yang terjadi dapat dilihat pada Tabel 5.2.

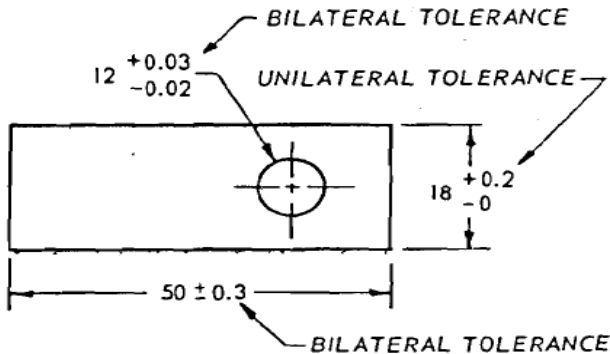
Tabel 5.2. Suaian (*limits and fits*) menggunakan basis lubang

Deskripsi (<i>Description</i>)	Lubang	Poros
Loose Running	H11	c11
Free Running	H9	d9
Loose Running	H11	c11
Easy Running - Good quality easy to do-	H8	f8
Sliding	H7	g6
Close Clearance - Spigots and locations	H8	f7
Location/Clearance	H7	h6
Location- slight interference	H7	k6
Location/Transition	H7	n6
Location/Interference- Press fit which can be separated	H7	p6
Medium Drive	H7	s6
Force	H7	u6

4. Cara Penulisan Toleransi Ukuran/Dimensi

Toleransi dituliskan di gambar kerja dengan cara tertentu sesuai dengan standar yang diikuti (ASME atau ISO). Toleransi bisa dituliskan dengan beberapa cara:

- 1) Ditulis menggunakan ukuran dasar dan penyimpangan yang diizinkan



Gambar 5.13. Penulisan ukuran dan toleransi pada gambar kerja

- 2) Menggunakan ukuran dasar dan simbol huruf dan angka sesuai dengan standar ISO, misalnya: 45H7, 45h7, 30H7/k6.

Toleransi yang ditetapkan bisa dua macam toleransi (Gambar 5.13), yaitu toleransi bilateral dan toleransi unilateral. Kedua cara penulisan toleransi tersebut yaitu (1) dan (2) sampai saat ini masih diterapkan. Akan tetapi cara (2) lebih komunikatif karena:

- ✚ Memperlancar komunikasi sebab dibakukan secara internasional
- ✚ Mempermudah perancangan (*design*) karena dikaitkan dengan fungsi
- ✚ Mempermudah perencanaan proses kualitas

Pada penulisan toleransi ada dua hal yang harus ditetapkan, yaitu :

- a. Posisi daerah toleransi terhadap garis nol ditetapkan sebagai suatu *fungsi ukuran dasar*. Penyimpangan ini dinyatakan dengan simbol satu huruf (untuk beberapa hal bisa dua huruf). Huruf kapital untuk lubang dan huruf kecil untuk poros.
- b. Toleransi, harganya/besarnya ditetapkan sebagai suatu fungsi ukuran dasar. Simbol yang dipakai untuk menyatakan besarnya toleransi adalah suatu angka (sering disebut angka kualitas).

Contoh: 45 g7 artinya suatu poros dengan ukuran dasar 45 mm posisi daerah toleransi (penyimpangan) mengikuti aturan kode g serta besar/harga toleransinya menuruti aturan kode angka 7.

Catatan: Kode g7 ini mempunyai makna lebih jauh, yaitu:

- ❑ Jika lubang pasangannya dirancang menuruti sistem suaian berbasis lubang akan terjadi suaian longgar. Bisa diputar/digeser tetapi tidak bisa dengan kecepatan putaran tinggi.
- ❑ Poros tersebut cukup dibubut tetapi perlu dilakukan secara saksama.
- ❑ Dimensinya perlu dikontrol dengan komparator sebab untuk ukuran dasar 45 mm dengan kualitas 7 toleransinya hanya 25 μm .

Apabila komponen dirakit, penulisan suatu suaian dilakukan dengan menyatakan ukuran dasarnya yang kemudian diikuti dengan penulisan simbol toleransi dari masing-masing komponen yang bersangkutan. Simbol lubang dituliskan terlebih dahulu:

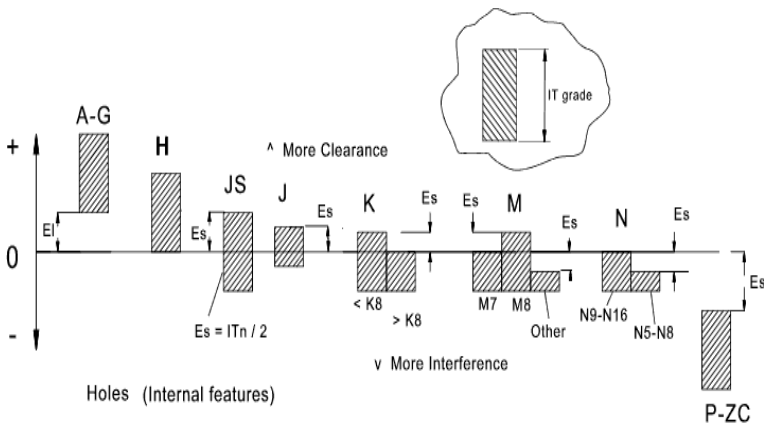
45 H8/g7 atau 45 H8-g7 atau

$$45 \frac{H8}{g7}$$

Artinya untuk ukuran dasar 45 mm, lubang dengan penyimpangan H berkualitas toleransi 8, berpasangan dengan poros dengan penyimpangan berkualitas toleransi 7.

Untuk simbol huruf (simbol penyimpangan) digunakan semua huruf abjad kecuali I, l, o, q dan w (I, L, O, Q, dan W), huruf ini menyatakan penyimpangan minimum absolut terhadap garis nol. Hal tersebut dapat dilihat di Gambar 1.14. Besarnya penyimpangan dapat dilihat pada tabel di Lampiran.

- Huruf a sampai h (A sampai H) menunjukkan *minimum material condition (smallest shaft largest hole)*.
- Huruf Js menunjukkan toleransi yang pada prinsipnya adalah simetris terhadap garis nol.
- Huruf k sampai z (K sampai Z) menunjukkan *maximum material condition (largest shaft smallest hole)*



Gambar 5.14. Penyimpangan yang dinyatakan dalam simbol huruf

5. Toleransi Standar dan Penyimpangan Fundamental

- 1) Toleransi standar (untuk diameter nominal sampai dengan 500 mm)

Dalam sistem ISO telah ditetapkan 20 kelas toleransi (*grades of tolerance*) yang dinamakan toleransi standar yaitu mulai dari IT 01, IT 0, IT 1 sampai dengan IT 18. Untuk kualitas 5 sampai 16 harga dari toleransi standar dapat dihitung dengan menggunakan satuan toleransi i (*tolerance unit*), yaitu:

$$i = 0,45\sqrt[3]{D + 0,001D}$$

Di mana i = satuan toleransi (dalam μm)
 D = diameter nominal (dalam mm)

Catatan :

- ❑ Rumus dibuat berdasarkan kenyataan bahwa untuk suatu kondisi pemesinan yang tertentu maka hubungan antara kesalahan pembuatan dengan diameter benda kerja dapat dianggap merupakan suatu fungsi parabolis.
- ❑ Harga D merupakan rata-rata geometris dari diameter minimum D_1 dan diameter maksimum D_2 pada setiap tingkat diameter ($D = \sqrt{D_1 D_2}$)

Selanjutnya berdasarkan harga satuan toleransi i , maka besarnya toleransi standar dapat dihitung sesuai dengan kualitasnya mulai dari 5 sampai 16 sebagai berikut:

Kualitas	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16
Harga	7i	10i	16i	25i	40i	64i	100i	160i	250i	400i	640i	1000i

Sedangkan untuk kualitas 01 sampai 1 dihitung dengan rumus sebagai berikut:

Kualitas	IT01	IT0	IT1
Harga dalam um, sedang D dalam mm	0,3+0,008D	0,5+0,012D	0,8+0,020D

Untuk kualitas 2, 3, dan 4 dicari dengan rumus sebagai berikut:

$$IT2 = \sqrt{IT1 \times IT3}$$

$$IT3 = \sqrt{IT1 \times IT5}$$

$$IT4 = \sqrt{IT3 \times IT5}$$

ISO 286 mengimplementasikan 20 tingkatan ketelitian untuk memenuhi keperluan industri yang berbeda yaitu:

- IT01, IT0, IT1, IT2, IT3, IT4, IT5, IT6: untuk pembuatan gauges and alat-alat ukur.
- IT 5, IT6, IT7, IT8, I9, IT10, IT11, IT12: untuk industri yang membuat komponen presisi dan umum.
- IT11, IT14, IT15, IT16: untuk produk setengah jadi (*semi finished products*).
- IT16, IT17, IT18: untuk teknik struktur.

Pengukuran dan Toleransi

2) Penyimpangan fundamental (untuk diameter nominal sampai dengan 3.150 mm).

- Penyimpangan fundamental adalah batas dari daerah toleransi yang paling dekat dengan garis nol.
- Penyimpangan fundamental ini diberi simbol huruf dihitug menggunakan rumus-rumus dengan harga D sebagai variabel utamanya.

Tabel 5.3. Penyimpangan fundamental sampai dengan ukuran
315

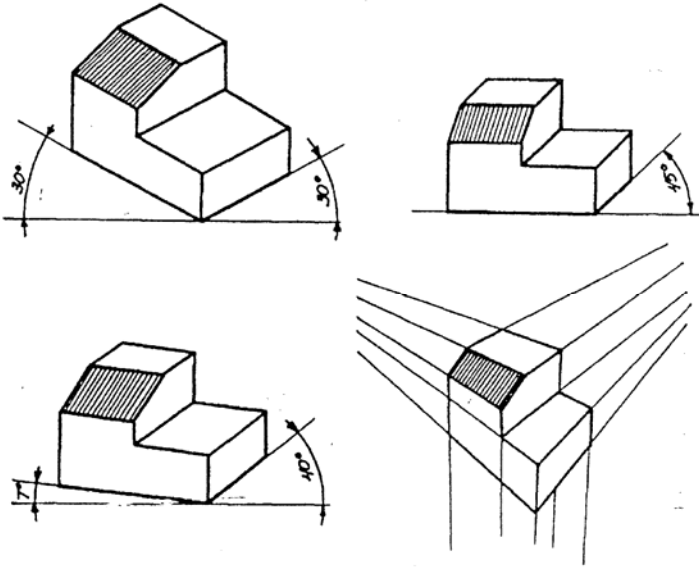
	Ukuran Nominal (mm)/D										
Dari	1	3	6	10	18	30	50	80	120	180	250
sampai	3	6	10	18	30	50	80	120	180	250	315
Tingkatan IT	Penyimpangan (dalam μm)										
1	0.8	1	1	1.2	1.5	1.5	2	2.5	3.5	4.5	6
2	1.2	1.5	1.5	2	2.5	2.5	3	4	5	7	8
3	2	2.5	2.5	3	4	4	5	6	8	10	12
4	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16
5	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23
6	6	8	9	11	13	16	19	22	25	29	32
7	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52
8	14	18	22	27	33	39	46	54	63	72	81

9	25	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130
10	40	48	58	70	84	100	120	140	160	185	210
11	60	75	90	110	130	160	190	220	250	290	320
12	100	120	150	180	210	250	300	350	400	460	520
13	140	180	220	270	330	390	460	540	630	720	810
14	250	300	360	430	520	620	740	870	1000	1150	1300

Proses pemesinan yang dilakukan ada hubungannya dengan tingkatan toleransi, sehingga dalam menetapkan besarnya angka kualitas bisa disesuaikan dengan proses pemesinannya. Tingkatan IT yang mungkin bisa dicapai untuk beberapa macam proses dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4. Hubungan proses pemesinan dengan tingkatan IT yang bisa dicapai

Tingkatan IT	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Lapping																
Honing																
Superfinishing																
Cylindrical grinding																
Diamond turning																
Plan grinding																
Broaching																
Reaming																
Boring, Turning																
Sawing																
Milling																
Planing, Shaping																
Extruding																
Cold Rolling, Drawing																
Drilling																
Die Casting																
Forging																
Sand Casting																
Hot rolling, Flame cutting																



BAB 6

GAMBAR TEKNIK

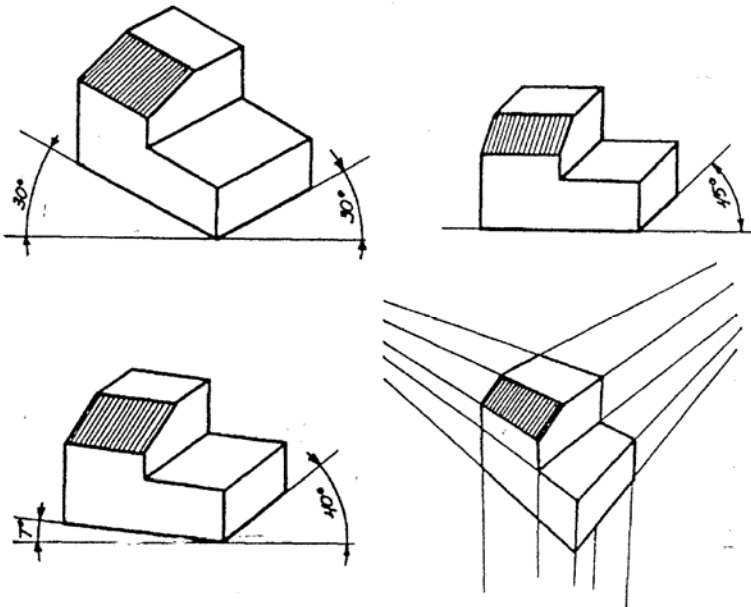
A. Membaca Gambar Teknik

1. Proyeksi Piktorial

Ada beberapa macam cara proyeksi, antara lain:

- Proyeksi piktorial dimensi
- Proyeksi piktorial miring
- Proyeksi piktorial isometri
- Perspektif

Untuk membedakan masing-masing proyeksi tersebut, dapat kita lihat pada Gambar 6.1.



Gambar 6.1. Proyeksi piktorial

2. Proyeksi Isometris

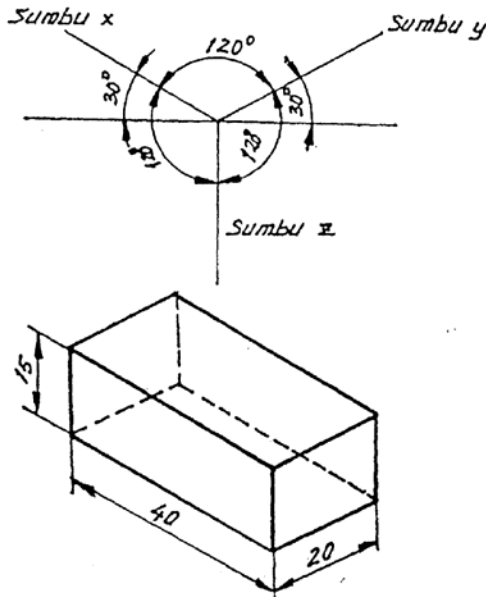
Ciri Proyeksi Isometris

Adapun ciri-ciri gambar dengan proyeksi isometris tersebut adalah:

- a. Ciri pada sumbu
 - Sumbu x dan sumbu y mempunyai sudut 30° terhadap garis mendatar.
 - Sudut antara sumbu satu terhadap sumbu lainnya 120° .

Untuk lebih jelasnya perhatikan Gambar 6.2.

- b. Ciri pada ukuran
Panjang gambar pada masing-masing sumbu sama dengan panjang benda yang digambarkan (lihat Gambar 6.2)

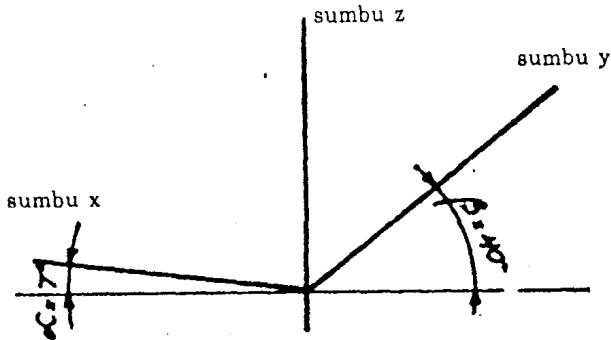


Gambar 6.2. Proyeksi isometris

3. Proyeksi Dimetris

Proyeksi dimetris mempunyai ketentuan:

- Sumbu utama mempunyai sudut: $\alpha=7^\circ$ dan $\beta=40^\circ$ (lihat Gambar 6.3.)
- Perbandingan skala ukuran pada sumbu x = 1 : 1, pada sumbu y = 1 : 2, dan pada sumbu z 1 : 1.

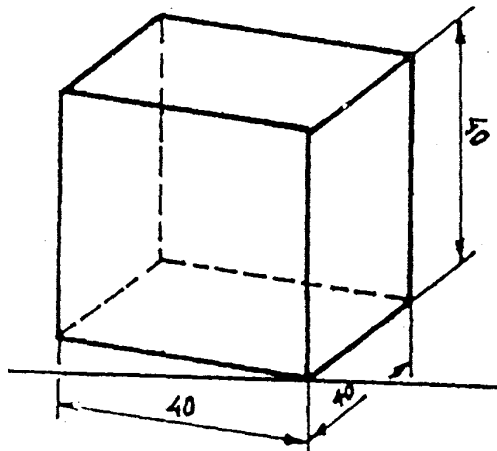


Gambar 3.3. Proyeksi dimetris

Gambar kubus yang digambarkan dengan proyeksi dimetris di bawah ini, mempunyai sisi-sisi 40 mm.

Keterangan:

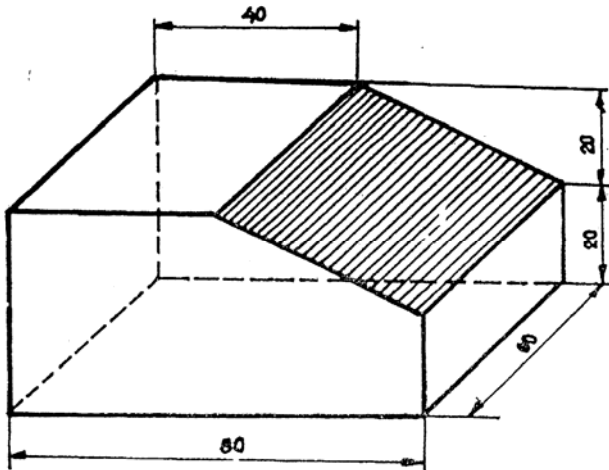
- Ukuran pada sumbu x digambar 40 mm.
- Ukuran gambar pada sumbu y digambar 1/2 nya, yaitu 20 mm.
- Ukuran pada sumbu z digambar 40 mm.



Gambar 6.4. Kubus dengan proyeksi dimetris

4. Proyeksi Miring (sejajar)

Pada proyeksi miring, sumbu x berimpit dengan garis horizontal/mendatar dan sumbu y mempunyai sudut 45° dengan garis mendatar. Skala ukuran untuk proyeksi miring ini sama dengan skala pada proyeksi dimetris, yaitu skala pada sumbu x 1:1, pada sumbu y = 1 : 2, dan skala pada sumbu z = 1: 1 (lihat gambar di bawah ini)



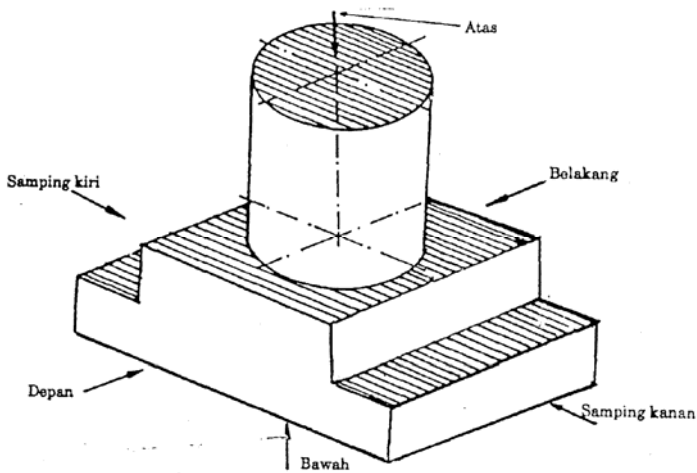
Gambar 6.5. Proyeksi miring

5. Macam-Macam Pandangan

Untuk memberikan informasi lengkap suatu benda tiga dimensi dengan gambar proyeksi ortogonal, biasanya memerlukan lebih dari satu bidang proyeksi.

- Gambar proyeksi pada bidang proyeksi di depan benda disebut pandangan depan.
- Gambar proyeksi pada bidang proyeksi di atas benda disebut pandangan atas.
- Gambar proyeksi pada bidang proyeksi di sebelah kanan benda disebut pandangan samping kanan.

Demikian seterusnya.

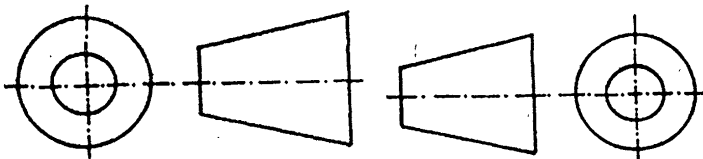


Gambar 6.6. Macam-macam pandangan

6. Simbol Proyeksi dan Anak Panah

a. Simbol Proyeksi

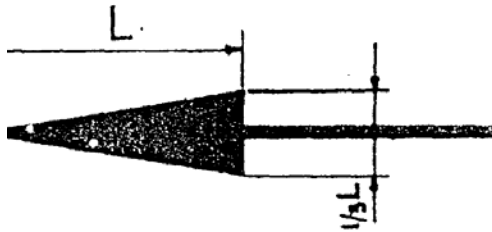
Dalam satu buah gambar tidak diperkenankan terdapat gambar dengan menggunakan kedua gambar proyeksi secara bersamaan. Simbol proyeksi ditempatkan di sisi kanan bawah kertas gambar. Simbol/lambang proyeksi tersebut adalah sebuah kerucut terpancung (lihat gambar).



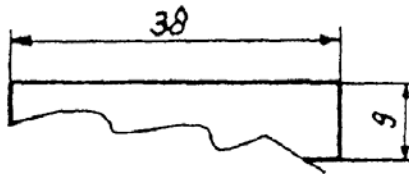
Gambar 6.7. Proyeksi Amerika Gambar 6.8. Proyeksi Eropa

b. Anak Panah

Anak panah digunakan untuk menunjukkan batas ukuran dan tempat/posisi atau arah pemotongan sedangkan angka ukuran ditempatkan di atas garis ukur atau di sisi kiri garis ukur (lihat Gambar 6.9.).



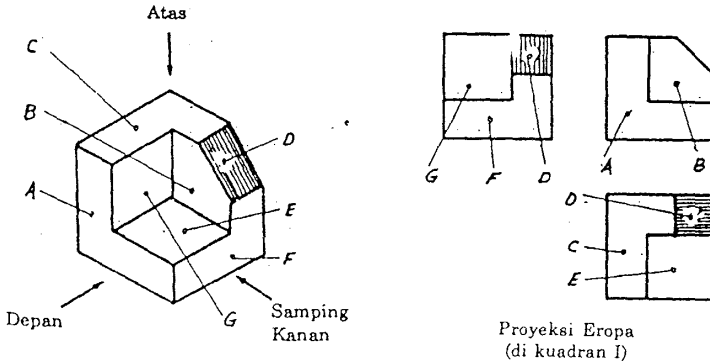
Gambar 6.9. Anak panah



Gambar 6.10. Contoh penggambaran anak panah

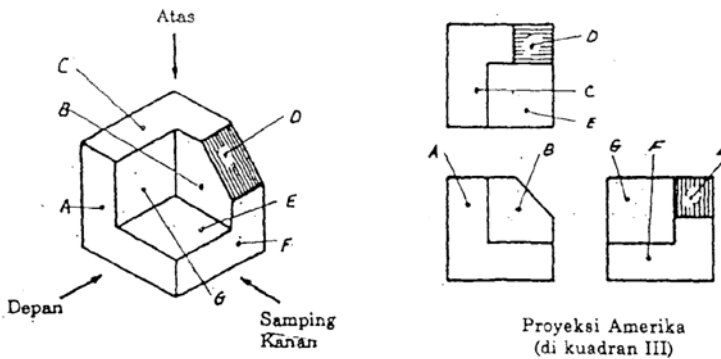
7. Penentuan Pandangan

- a. Menempatkan Pandangan Depan, Menurut Proyeksi di Kuadran I (Eropa) Atas dan Samping Kanan



Gambar 6.11. Penerapan Proyeksi Eropa

- b. Menentukan Pandangan Depan, Atas, dan Samping Kanan Menurut Proyeksi di Kuadran III (Amerika)



Gambar 6.12. Penerapan proyeksi Amerika

8. Gambar Potongan

a. Fungsi Gambar Potongan/Irisan

Gambar potongan atau irisan fungsinya untuk menjelaskan bagian-bagian gambar benda yang tidak kelihatan, misalnya dari benda yang dibor (baik yang dibor tembus maupun dibor tidak tembus) lubang-lubang pada *flens* atau pipa-pipa, rongga-rongga pada rumah katup, dan rongga-rongga pada blok mesin. Bentuk rongga tersebut perlu dilengkapi dengan penjelasan gambar potongan agar dapat memberikan ukuran atau informasi yang jelas dan tegas, sehingga terhindar dari kesalahpahaman membaca gambar.

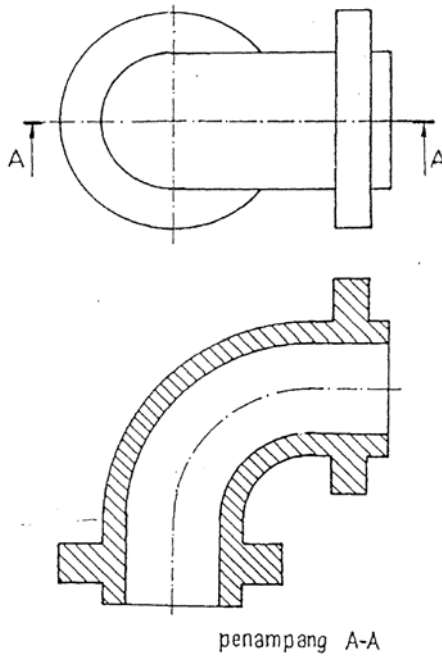
b. Jenis-jenis Gambar Potongan

Jenis-jenis gambar potongan/irisan terdiri atas:

- Gambar potongan penuh
- Gambar potongan separuh
- Gambar potongan sebagian/setempat atau lokal
- Gambar potongan putar
- Gambar potongan bercabang atau meloncat

1) Gambar Potongan Penuh

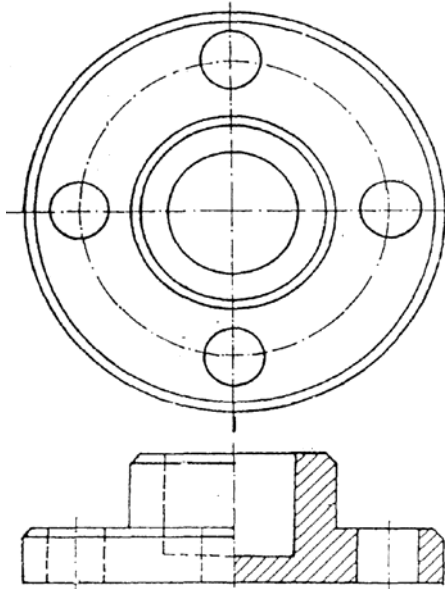
Perhatikan contoh gambar potongan penuh pada Gambar 6.13. berikut:



Gambar 6.13 Potongan penuh

2) Gambar Potongan Separuh

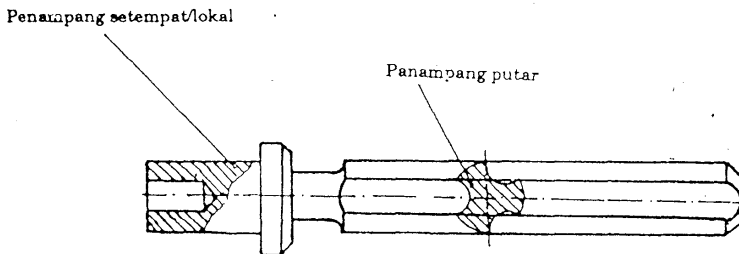
Perhatikan contoh gambar potongan pada Gambar 6.14. berikut :



Gambar 6.14. Potongan separuh

3) Gambar Potongan Sebagian

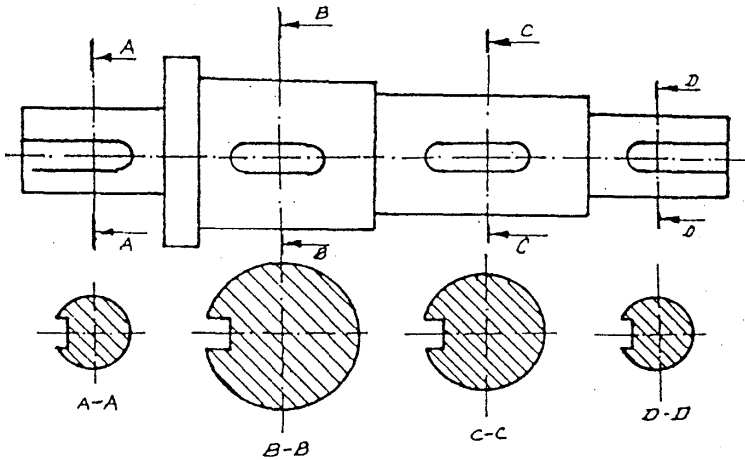
Gambar potongan sebagian disebut juga potongan lokal atau potongan setempat (lihat contoh Gambar 6.15.).



Gambar 6.15. Potongan sebagian

4) Gambar Potongan Putar

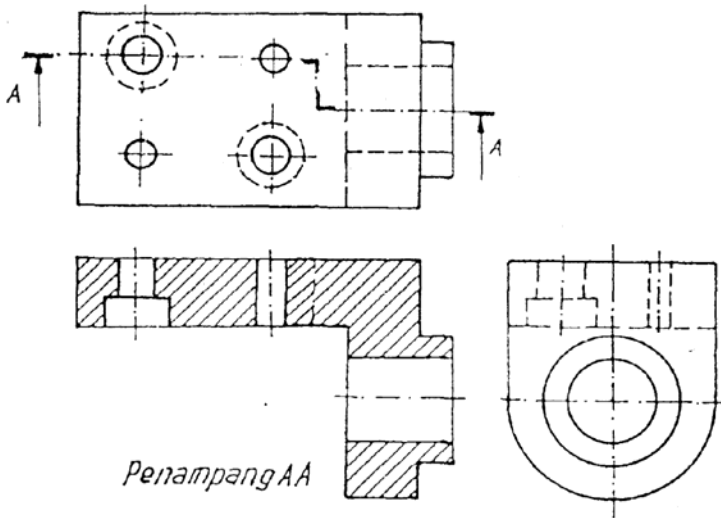
Gambar potongan putar dapat diputar setempat seperti tampak pada Gambar 6.16a atau dapat juga penempatan potongannya seperti pada Gambar 6.16b.



Gambar 6.16. Potongan putar

5) Gambar Potongan Bercabang atau Meloncat

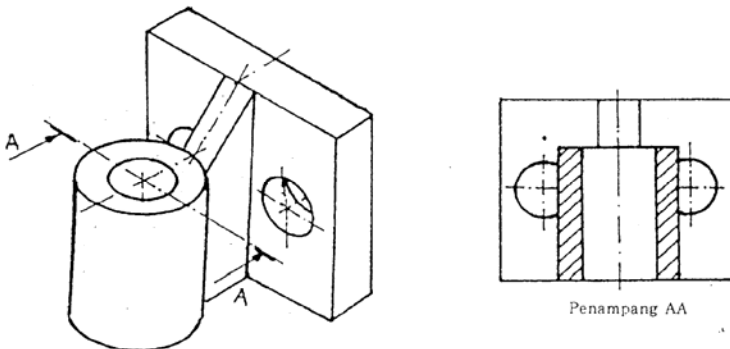
Perhatikan contoh Gambar 6.17 berikut.



Gambar 6.17. Potongan bercabang atau meloncat

9. Garis Arsiran

Untuk membedakan gambar proyeksi yang dipotong dengan gambar pandangan, maka gambar potongan/irisan perlu diarsir. Arsir yaitu garis-garis miring tipis yang dibatasi oleh garis-garis batas pemotongan. Lihat Gambar 6.18. di bawah.



Gambar 6.18. Contoh penggunaan arsiran

a. Macam-macam arsiran

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada gambar yang diarsir antara lain:

- 1) sudut dan ketebalan garis arsiran
- 2) bidang atau pengarsiran pada bidang yang luas
- 3) pengarsiran bidang yang berdampingan
- 4) pengarsiran benda-benda tipis
- 5) peletakan angka ukuran pada gambar yang diarsir
- 6) macam-macam garis arsiran yang disesuaikan dengan bendanya.

1) Sudut dan Ketebalan Garis Arsiran

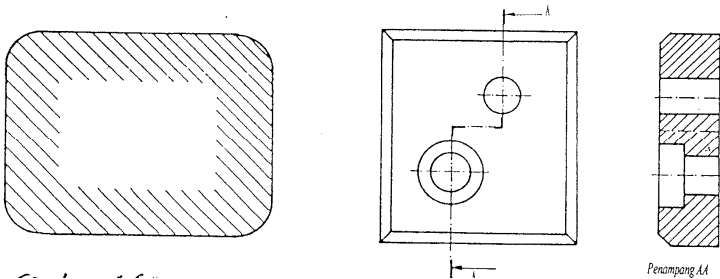
Sudut arsiran yang dibuat adalah 45° terhadap garis sumbu utamanya, atau 45° terhadap garis batas gambar, sedangkan ketebalan arsiran digunakan garis tipis dengan perbandingan ketebalan sebagai berikut (lihat Tabel 6.1).

Tabel 6.1. Macam-macam ketebalan garis

Macam Garis	Ketebalan Garis (dalam mm)		
Garis gambar/tepi	1,0	0,7	0,5
Garis ukur/bantu	0,7	0,5	0,35
Garis tipis (arsir)	0,5	0,35	0,25

2) Penggarisan Pada Bidang yang Luas dan Bidang Berdampingan

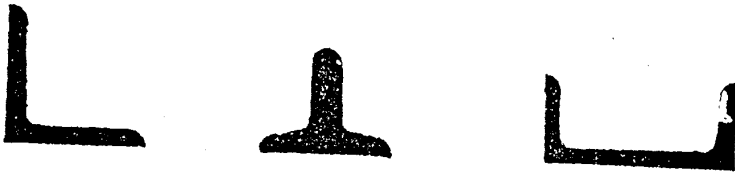
Untuk potongan benda yang luas, arsiran pada bidang potongnya dilaksanakan pada garis tepi garis-garis batasnya (lihat Gambar 6.19).



Gambar 6.19. Arsiran pada bidang luas dan bidang berdampingan

3) Pengarsiran Benda-benda Tipis

Untuk gambar potongan benda-benda tipis atau profil-profil tipis maka pengarsirannya dibuat dengan cara dilabur (lihat Gambar 6.20).



Gambar 6.20. Arsiran benda tipis

4) Angka Ukuran dan Arsiran

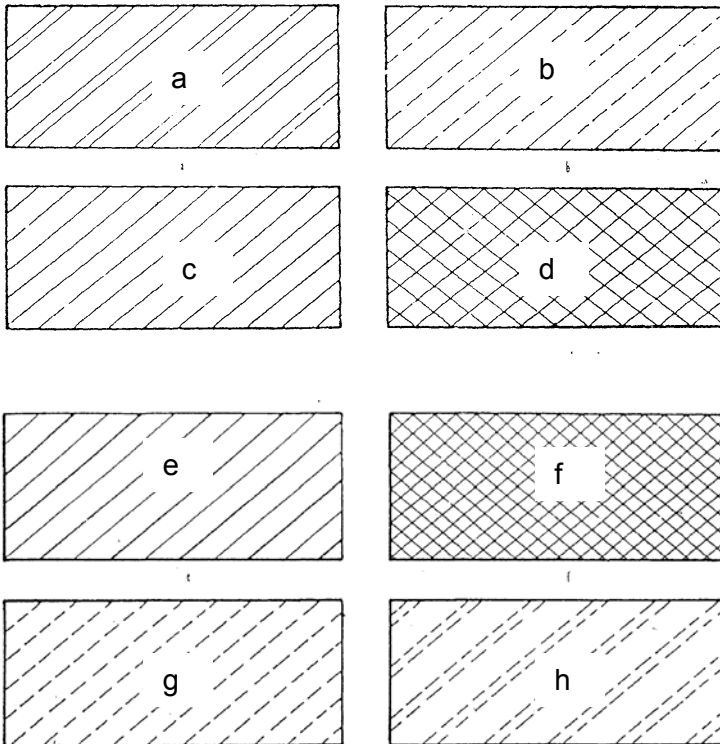
Jika angka ukuran terletak pada arsiran (karena tidak dapat dihindari), maka angka ukurannya jangan diarsir (lihat Gambar 6.21).



Gambar 6.21. Angka ukuran dan arsiran

5) Macam-macam Arsiran

Perhatikan Gambar 6.22. berikut ini.



Gambar 6.22. Macam-macam arsiran

Keterangan:

a = Besi tuang

b = Aluminium dan panduannya

c = Baja dan baja istimewa

d = Besi tuang yang dapat ditempa

e = Baja cair

f = Logam putih

g = Paduan tembaga tuang

h = Seng, air raksa

10. Ukuran Pada Gambar Kerja

Gambar kerja harus memberikan informasi bentuk benda secara lengkap. Oleh karena itu, ukuran pada gambar kerja harus dicantumkan secara lengkap.

Ketentuan-ketentuan dasar pencatuman ukuran:

- Menarik garis ukur dan garis bantu
- Menggambar anak panah
- Menetapkan jarak antara garis ukur
- Menetapkan angka ukuran

a. Menarik Garis Ukur dan Garis Bantu

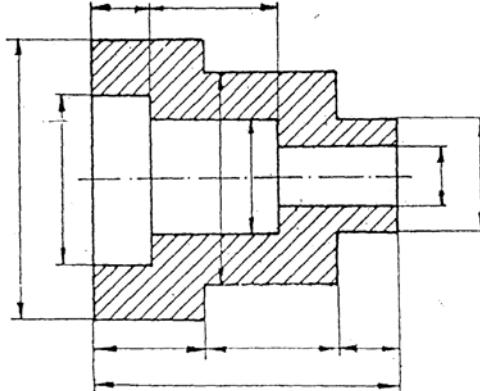
Garis ukur dan garis bantu dibuat dengan garis tipis perbandingan ketebalan antara garis gambar dan garis ukur/bantu lihat Tabel 6.2.

Tabel 6.2. Perbandingan ketebalan garis bantu dengan garis gambar

Macam Garis	Ukuran (mm)		
	Garis gambar/tepi	1	0,7
Garis ukur/bantu	0,5	0,35	0,25

Contoh:

Perhatikan Gambar 6.23. berikut.



Gambar 6.23. Cara penarikan garis dan ketebalannya

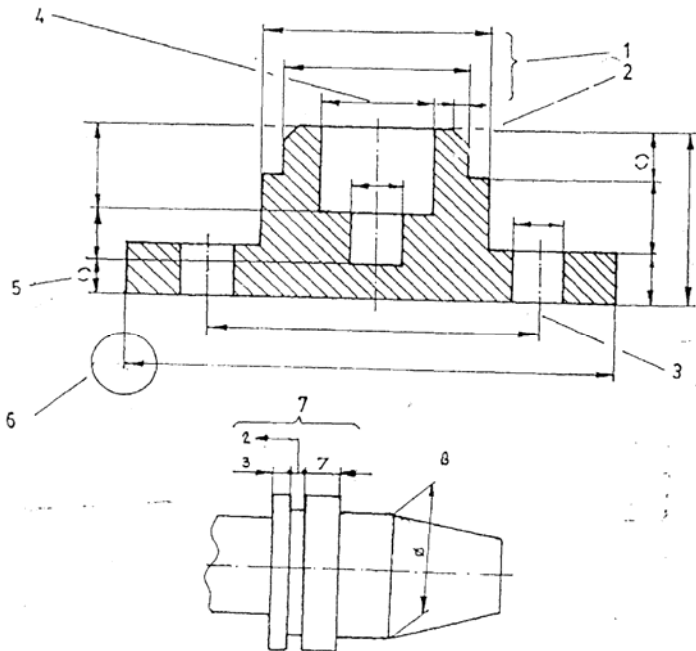
b. Menetapkan Jarak antara Garis Ukur

Jika garis ukur terdiri atas garis-garis ukur yang sejajar, maka jarak antara garis ukur yang satu dengan garis ukur lainnya harus sama. Selain itu garis ukur jangan sampai berpotongan dengan garis bantu, kecuali terpaksa. Garis gambar tidak boleh digunakan sebagai garis ukur. Garis sumbu boleh digunakan sebagai garis bantu, tetapi tidak boleh digunakan langsung sebagai garis ukur.

Untuk menempatkan garis ukur yang sejajar, ukuran terkecil ditempatkan pada bagian dalam dan ukuran besar ditempatkan di bagian luar. Hal ini untuk menghindari perpotongan antara garis ukur dan garis bantu. Jika

terdapat perpotongan garis bantu dengan garis ukur, garis bantuanya diperpanjang 1 mm dari ujung anak panahnya.

Garis ukur pada umumnya tegak lurus terhadap garis bantuanya, tetapi pada keadaan tertentu garis bantu boleh dibuat miring sejajar/paralel. Sebagai contoh, dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 6.24. Jarak antara garis ukur

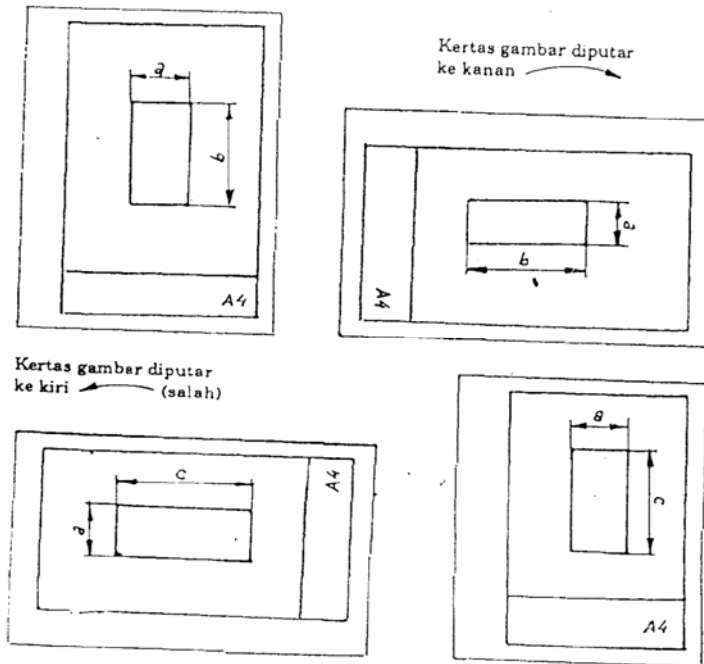
Keterangan:

1. Garis ukur yang sejajar
2. Garis bantu yang berpotongan (tidak dapat dihindarkan)

3. Garis sumbu yang digunakan secara tidak langsung sebagai garis bantu
4. Garis ukur yang terkecil (ditempatkan di dalam)
5. Garis ukur tambahan (pelengkap)
6. Perpanjangan garis bantu dilebihkan ± 1 mm dan garis ukurnya/ujung anak panahnya
7. Penempatan garis ukur yang sempit
8. Garis bantu yang paralel (jika diperlukan)

11. Penulisan Angka Ukuran

Penulisan angka ukuran ditempatkan di tengah-tengah bagian atas garis ukurnya, atau di tengah-tengah sebelah kiri garis ukurnya. Untuk kertas gambar berukuran kecil maka penulisan angka ukuran pada garis ukur harus tegak, kertas gambarnya dapat diputar ke kanan, sehingga penulisan dan pembacaannya tidak terbalik. Angka ukuran harus dapat dibaca dari bawah atau dari sisi kanan garis ukurnya. (lihat Gambar 6.25).



Gambar 6.25. Penulisan angka ukuran

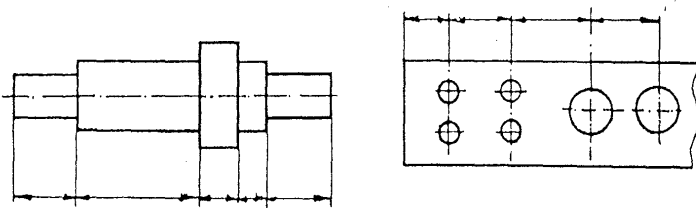
a. Jenis-Jenis Penulisan Ukuran

Penulisan ukuran pada gambar kerja, menurut jenisnya terdiri atas:

- Ukuran berantai
- Ukuran paralel (sejajar)
- Ukuran kombinasi
- Ukuran berimpit
- Ukuran koordinat
- Ukuran yang berjarak sama
- Ukuran terhadap bidang referensi

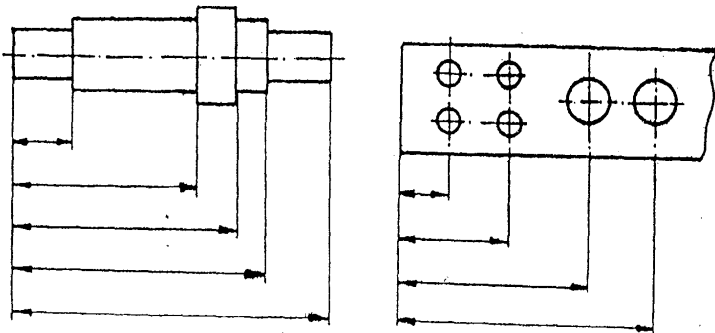
1) Ukuran berantai

Kelebihannya adalah mempercepat pembuatan gambar kerja, sedangkan kekurangannya adalah dapat mengumpulkan toleransi yang semakin besar, sehingga pekerjaan tidak teliti. Lihat Gambar 6.26.



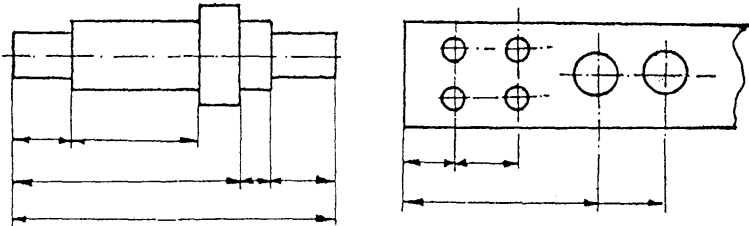
Gambar 6.26. Ukuran berantai

2) Ukuran paralel (sejajar)



Gambar 6.27. Ukuran sejajar

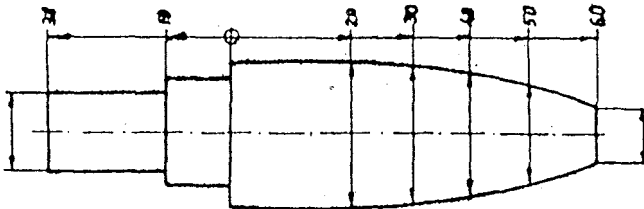
3) Ukuran kombinasi



Gambar 6.28. Ukuran kombinasi

4) Ukuran berimpit

Ukuran berimpit yaitu pengukuran dengan garis-garis ukur yang ditumpangkan (berimpit) satu sama lain. Ukuran berimpit ini dapat dibuat jika tidak menimbulkan kesalahpahaman dalam membaca gambarnya (lihat Gambar 6.29).



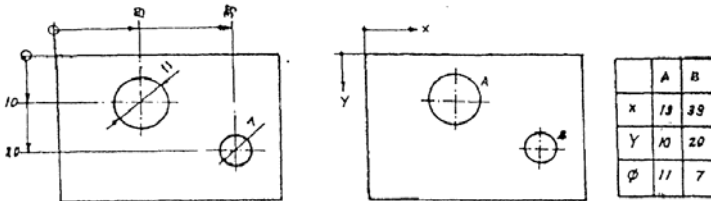
Gambar 6.29. Ukuran berimpit

Pada pengukuran berimpit ini, titik pangkal sebagai batas ukuran/patokan ukuran (bidang referensi)-nya harus

dibuat lingkaran, dan angka ukurannya harus diletakkan dekat anak panah sesuai dengan penunjukan ukurannya.

5) Pengukuran koordinat

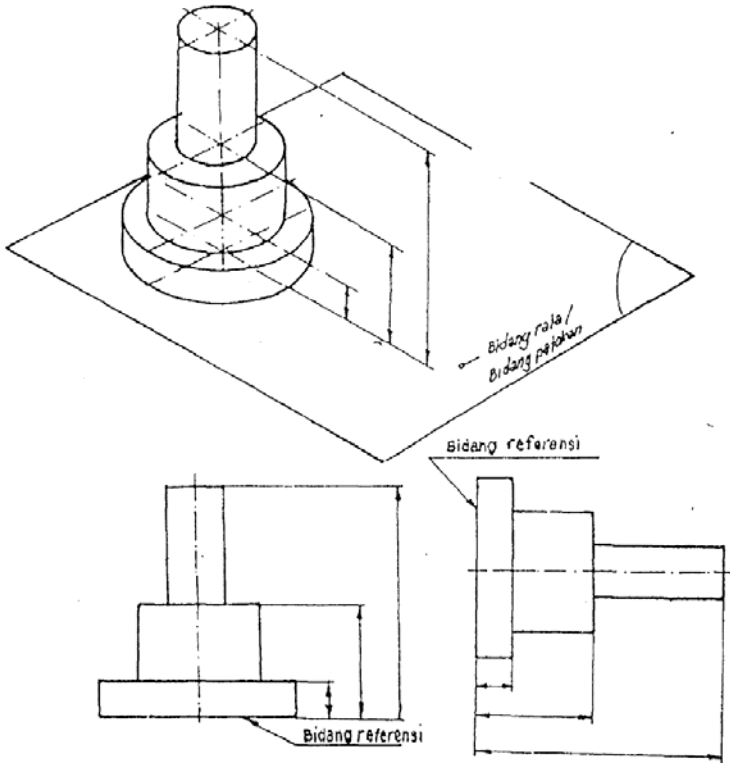
Jika pengukuran berimpit dilakukan dengan dua arah, yaitu penunjukan ukuran ke arah sumbu x dan penunjukan ukuran ke arah sumbu y dengan bidang referensinya di 0, maka akan didapat pengukuran “koordinat” (lihat Gambar 6.30).



Gambar 6.30. Pengukuran koordinat

6) Pengukuran terhadap bidang referensi

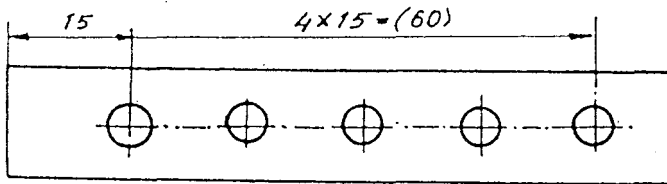
Bidang referensi adalah bidang batas ukuran yang digunakan sebagai jatokan pengukur. Contoh: pengukuran benda kerja bubutan terhadap bidang datar/rata (lihat Gambar 6.31).



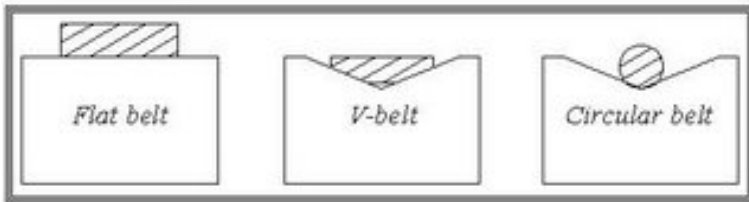
Gambar 6.31. Pengukuran berimpit

7) Pengukuran yang berjarak sama

Untuk memberikan ukuran pada bagian yang berjarak sama, penunjukan ukurannya dapat dilaksanakan sebagai berikut (lihat Gambar 6.32).



Gambar 6.32. Pengukuran berjarak sama



BAB 7

ELEMEN MESIN

A. POROS

Poros adalah suatu bagian stasioner yang berputar, biasanya berpenampang bulat di mana terpasang elemen-elemen seperti roda gigi (*gear*), *pulley*, *flywheel*, engkol, *sprocket*, dan elemen pemindah lainnya. Poros bisa menerima beban lenturan, beban tarikan, beban tekan, atau beban puntiran yang bekerja sendiri-sendiri atau berupa gabungan satu dengan lainnya. (Josep Edward Shigley, 1983)

1. Jenis-Jenis Poros

a. Berdasarkan pembebanannya

1) Poros transmisi (*transmission shafts*)

Poros transmisi lebih dikenal dengan sebutan *shaft*. *Shaft* akan mengalami beban puntir berulang, beban lentur berganti ataupun kedua-duanya. Pada *shaft*, daya dapat ditransmisikan melalui *gear*, *belt pulley*, *sprocket* rantai, dll.

2) Gandar

Poros gandar merupakan poros yang dipasang di antara roda-roda kereta barang. Poros gandar tidak menerima beban puntir dan hanya mendapat beban lentur.

3) Poros spindle

Poros spindle merupakan poros transmisi yang relatif pendek, misalnya pada poros utama mesin perkakas di mana beban utamanya berupa beban puntiran. Selain beban puntiran, poros *spindle* juga

menerima beban lentur (*axial load*). Poros *spindle* dapat digunakan secara efektif apabila deformasi yang terjadi pada poros tersebut kecil.

- b. Berdasar bentuknya
 - 1) Poros lurus
 - 2) Poros engkol sebagai penggerak utama pada silinder mesin

Ditinjau dari segi besarnya transmisi daya yang mampu ditransmisikan, poros merupakan elemen mesin yang cocok untuk mentransmisikan daya yang kecil. Hal ini dimaksudkan agar terdapat kebebasan bagi perubahan arah (arah momen putar).

2. Hal-hal yang harus diperhatikan

- a. Kekuatan poros

Poros transmisi akan menerima beban puntir (*twisting moment*), beban lentur (*bending moment*) ataupun gabungan antara beban puntir dan lentur.

Dalam perancangan poros perlu memperhatikan beberapa faktor, misalnya: kelelahan, tumbukan, dan pengaruh konsentrasi tegangan bila menggunakan poros bertangga ataupun penggunaan alur pasak pada poros tersebut. Poros yang dirancang tersebut harus cukup aman untuk menahan beban-beban tersebut.

b. Kekakuan poros

Meskipun sebuah poros mempunyai kekuatan yang cukup aman dalam menahan pembebanan tetapi adanya lenturan atau defleksi yang terlalu besar akan mengakibatkan ketidaktepatan (pada mesin perkakas), getaran mesin (*vibration*), dan suara (*noise*). Oleh karena itu di samping memperhatikan kekuatan poros, kekakuan poros juga harus diperhatikan dan disesuaikan dengan jenis mesin yang akan ditransmisikan dayanya dengan poros tersebut.

c. Putaran kritis

Bila putaran mesin dinaikkan maka akan menimbulkan getaran (*vibration*) pada mesin tersebut. Batas antara putaran mesin yang mempunyai jumlah putaran normal dengan putaran mesin yang menimbulkan getaran yang tinggi disebut putaran kritis. Hal ini dapat terjadi pada turbin, motor bakar, motor listrik, dll. Selain itu, timbulnya getaran yang tinggi dapat mengakibatkan kerusakan pada poros dan bagian-bagian lainnya. Jadi dalam perancangan poros perlu mempertimbangkan putaran kerja dari poros tersebut agar lebih rendah dari putaran kritisnya,

d. Korosi

Apabila terjadi kontak langsung antara poros dengan fluida korosif maka dapat mengakibatkan korosi pada poros tersebut, misalnya propeller shaft pada pompa air. Oleh karena itu pemilihan bahan-bahan poros

(plastik) dari bahan yang tahan korosi perlu mendapat prioritas utama.

e. Material poros

Poros yang biasa digunakan untuk putaran tinggi dan beban yang berat pada umumnya dibuat dari baja paduan (*alloy steel*) dengan proses pengerasan kulit (*case hardening*) sehingga tahan terhadap keausan. Beberapa di antaranya adalah baja khrom nikel, baja khrom nikel molebdenum, baja khrom, baja khrom molibden, dll. Sekalipun demikian, baja paduan khusus tidak selalu dianjurkan jika alasannya hanya karena putaran tinggi dan pembebanan yang berat saja. Dengan demikian perlu dipertimbangkan dalam pemilihan jenis proses *heat treatment* yang tepat sehingga akan diperoleh kekuatan yang sesuai.

3. Perhitungan diameter poros

a. Pembebanan tetap (*constant loads*)

1) Poros yang hanya terdapat momen puntir saja.

Untuk menghitung diameter poros yang hanya terdapat momen puntir saja (*twisting moment only*), dapat diperoleh dari persamaan berikut:

$$\frac{T}{J} = \frac{\tau}{r} \quad (7.3)$$

Di mana T = Momen puntir pada poros

J = Momen inersia polar

τ = *Torsional shear stress*

r = Jari-jari poros

Untuk poros yang berbentuk bulat padat (*round solid shaft*), besarnya momen inersia polar dirumuskan:

$$J = \frac{\pi}{32} x d^4 \quad (7.4)$$

Dengan demikian momen puntir pada poros sebesar:

$$\frac{T}{\frac{\pi}{32} x d^4} = \frac{\tau}{\frac{d}{2}} \quad \text{atau} \quad T = \frac{\pi}{16} x \tau x d^3 \quad (7.5)$$

Untuk poros yang berlubang, besarnya momen inersia polar dirumuskan:

$$J = \frac{\pi}{32} x [(d_0)^4 - (d_i)^4] \quad (7.6)$$

Di mana d_0 = Diameter luar

d_i = Diameter dalam

Dengan mensubstitusikan persamaan (7.6) maka momen puntir pada poros sebesar:

$$\frac{T}{\frac{\pi}{32} [(d_0)^4 - (d_i)^4]} = \frac{\tau}{\frac{d_0}{2}} \quad \text{atau} \quad T = \frac{\pi}{16} x \tau \left[\frac{(d_0)^4 - (d_i)^4}{d_0} \right] \quad (7.7)$$

Selain dengan persamaan diatas, besarnya momen puntir pada poros (*twisting moment*) juga dapat diperoleh dari hubungan persamaan dengan variabel-variabel lainnya, misalnya:

1. Daya yang ditransmisikan

$$T = \frac{P \times 60}{2 \times \pi \times n} \quad (7.8)$$

2. Sabuk penggerak (*belt drive*)

$$T = (T_1 - T_2) \times R \quad (7.9)$$

Di mana T_1 = Tarikan yang terjadi pada sisi kancang (*tight side*)

T_2 = Tarikan yang terjadi pada sisi kendur (*slack side*)

R = Jari-jari *pulley*

2) Poros yang hanya terdapat momen lentur saja.

Untuk menghitung diameter poros yang hanya terdapat momen lentur saja (*bending moment only*), dapat diperoleh dari persamaan berikut:

$$\frac{M}{I} = \frac{\sigma_b}{y} \quad (7.10)$$

Di mana M = Momen lentur pada poros

I = Momen inersia

σ_b = *Bending stress*

y = Jari-jari poros

Untuk poros yang berbentuk bulat padat (*round solid shaft*), besarnya momen inersia dirumuskan:

$$I = \frac{\pi}{64} x d^4 \quad (7.11)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (7.11) ke persamaan (7.10) maka:

$$\frac{M}{\frac{\pi}{64} x d^4} = \frac{\sigma_b}{\frac{d}{2}} \text{ atau } M = \frac{\pi}{32} x \sigma_b x d^3 \quad (7.12)$$

Untuk poros yang berlubang, momen inersia dirumuskan:

$$I = \frac{\pi}{64} [(d_0)^4 - (d_i)^4] \quad (7.13)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (7.13) ke persamaan (7.10) maka:

$$\frac{M}{\frac{\pi}{64} [(d_0)^4 - (d_i)^4]} = \frac{\tau}{\frac{d_0}{2}} \text{ atau } M = \frac{\pi}{32} x \sigma_b \left[\frac{(d_0)^4 - (d_i)^4}{d_0} \right] \quad (7.14)$$

- 3) Poros dengan kombinasi momen lentur dan momen puntir.

Jika pada poros tersebut terdapat kombinasi antara momen lentur dan momen puntir maka perancangan poros harus didasarkan pada kedua momen tersebut. Banyak teori telah diterapkan untuk menghitung elastic failure dari material ketika dikenai momen lentur dan momen puntir, misalnya:

(1). *Maximum shear stress theory* atau *Guest's theory*

Teori ini digunakan untuk material yang dapat diregangkan (*ductile*), misalnya baja lunak (*mild steel*).

(2) *Maximum normal stress theory* atau *Rankine's theory*

Teori ini digunakan untuk material yang keras dan getas (*brittle*), misalnya besi cor (*cast iron*).

Pada pembahasan selanjutnya, cakupan pembahasan akan lebih terfokus pada pembahasan baja lunak (*mild steel*) karena menggunakan material S45C sebagai material poros. Terkait dengan *maximum shear stress theory* atau *Guest's theory* bahwa besarnya *maximum shear stress* pada poros dirumuskan:

$$\tau_{max} = \frac{\sqrt{\sigma_b^2 + 4 \tau^2}}{2} \quad (7.15)$$

Dengan mensubstitusikan ke persamaan (7.5) dan (7.12) akan diperoleh:

$$\tau_{max} = \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{M}{W_1}\right)^2 + 4\left(\frac{T}{W_2}\right)^2}$$

$$\tau_{max} = \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{32xM}{\pi x d^3}\right)^2 + 4\left(\frac{16xT}{\pi x d^3}\right)^2} = \frac{16}{\pi x d^3} (\sqrt{M^2 + T^2})$$

Atau $\frac{\pi}{16} x \tau_{max} x d^3 = \sqrt{M^2 + T^2}$

Pernyataan $\sqrt{M^2 + T^2}$ dikenal sebagai *equivalent twisting moment* yang disimbolkan dengan (T_e). *Equivalent twisting moment* dapat didefinisikan sebagai tegangan geser atau *shear stress* (τ) sebagai akibat adanya momen puntir pada suatu poros, mempunyai besar yang sama dengan momen puntir yang sebenarnya. Dengan demikian besarnya τ_{max} sebanding dengan tegangan geser yang diizinkan (τ_a). Dan secara matematis hubungan tersebut dirumuskan:

$$T_e = \sqrt{M^2 + T^2} = \frac{\pi}{16} x \tau_a x d^3 \quad (7.16)$$

Besarnya tegangan geser yang diizinkan (τ_a) dirumuskan:

$$\tau_a = \frac{\sigma_{max}}{sf_1 x sf_2} \quad (7.17)$$

Tegangan geser yang diizinkan untuk pemakaian umum pada poros dapat diperoleh dari berbagai cara, salah satu cara di antaranya dengan menggunakan perhitungan berdasarkan kelelahan puntir yang besarnya diambil 40% dari batas kelelahan tarik yang besarnya kira-kira 45% dari kekuatan tarik. Jadi batas kelelahan puntir adalah 18% dari kekuatan tarik, sesuai dengan standar ASME. Untuk harga 18% ini faktor keamanan diambil sebesar. Harga 5,6 ini diambil untuk bahan SF dengan kekuatan yang dijamin dan 6,0 untuk bahan S-C dengan pengaruh massa dan baja paduan. Selanjutnya perlu ditinjau apakah poros tersebut akan diberi alur pasak atau dibuat bertangga karena pengaruh konsentrasi tegangan cukup besar. Pengaruh kekasaran permukaan juga harus diperhatikan. Untuk memasukkan pengaruh ini ke dalam perhitungan perlu diambil faktor yang dinyatakan dalam yang besarnya 1,3 sampai 3,0 (Sularso dan Kiyokatsu suga, 1994).

b. Pembebanan berubah-ubah (*fluctuating loads*)

Pada pembahasan sebelumnya telah dijelaskan mengenai pembebanan tetap (*constant loads*) yang terjadi pada poros. Dan pada kenyataannya bahwa poros justru akan mengalami pembebanan puntir dan pembebanan lentur yang berubah-ubah. Dengan mempertimbangkan jenis beban, sifat beban, dll. yang terjadi pada poros maka ASME (*American Society of Mechanical Engineers*) menganjurkan dalam perhitungan untuk menentukan diameter poros yang

dapat diterima (aman) perlu memperhitungkan pengaruh kelelahan karena beban berulang.

Dalam hal ini untuk momen puntir digunakan faktor koreksi K_t dan untuk momen lentur digunakan faktor koreksi K_m .

Tabel 2.2. Faktor Koreksi yang Direkomendasikan

Jenis Pembebanan	K_m	K_t
1. Poros tetap		
a. Beban perlahan	1,0	1,0
b. Beban tiba-tiba	1,5 - 2,0	1,5 - 2,0
2. Poros yang berputar		
a. Beban perlahan ataupun tetap	1,5	1,0
b. Beban tiba-tiba – kejutan ringan	1,5 - 2,0	1,5 - 2,0
c. Beban tiba-tiba – kejutan berat	2,0 - 3,0	1,5 - 2,0

Besarnya *equivalent twisting moment* pada pembebanan yang berubah-ubah (*fluctuating loads*) dirumuskan:

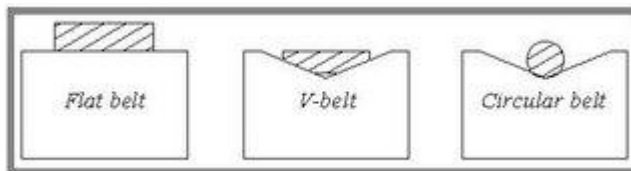
$$T_e = \sqrt{(K_m + M)^2 + (K_t + T)^2} \tag{7.18}$$

B. Sabuk (*Belt*)

Biasanya sabuk dipakai untuk memindahkan daya antara 2 buah poros yang sejajar dan dengan jarak minimum antarporos yang tertentu.

Secara umum, sabuk dapat diklasifikasikan menjadi 3 jenis:

1. *Flat belt*
2. *V-belt*
3. *Circular belt*



Gambar 7.1. Macam-macam sabuk

Dalam pembahasan selanjutnya penulis hanya akan membahas mengenai *flat belt* (sabuk datar) saja karena pemolesan permukaan *kick-starter* pada mesin *buffing* menggunakan sistem transmisi sabuk datar. Perputaran *pulley* yang terjadi terus-menerus akan menimbulkan gaya sentrifugal (*centrifugal force*) sehingga mengakibatkan peningkatan kekencangan pada sisi kencang/*tight side* (T1) dan sisi kendur/*slack side* (T2). Perbandingan antara *tight side* (T1) dengan *slack side* (T2) ditunjukkan dengan persamaan:

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{\mu\theta} \text{ atau } 2,3 \log \left[\frac{T_1}{T_2} \right] = \mu x \theta \quad (7.19)$$

Adanya tarikan yang menimbulkan gaya sentrifugal ini disebut dengan *centrifugal tension* (T_1) yang dirumuskan:

$$T_1 = m x v^2 \quad (7.20)$$

Dengan demikian besarnya tarikan total (*total tension*) pada kedua sisi sabuk dirumuskan:

1. Untuk sisi kancang (*tight side*), $T_a = T_1 + T_2$
2. Untuk sisi kendur (*slack side*), $T_a = T_2 + T_1$

Besarnya *total tension* pada kedua sisi sabuk yang digunakan sebanding dengan tarikan maksimum pada *belt* (T_{max}). Secara matematis korelasi kedua variabel tersebut dirumuskan:

$$T_{max} = T_1 + T_2 \quad (7.23)$$

Sedang besarnya tarikan maksimum pada *belt* (T_{max}) dirumuskan:

$$T_{max} = \sigma x b x t \quad (7.24)$$

Di mana $\sigma = \text{Maximum safe stress}$

$b = \text{Lebar belt yang digunakan}$

$t = \text{Ketebalan belt yang digunakan.}$

Besarnya daya yang mampu ditransmisikan oleh sabuk (P) dirumuskan:

$$P = (T_1 - T_2) x v \quad (7.25)$$

Perubahan tegangan tarik yang terjadi pada sabuk datar yang disebabkan oleh gesekan antara sabuk dengan *pulley* akan menyebabkan sabuk memanjang atau mengerut dan bergerak relatif terhadap permukaan *pulley*, gerakan ini disebut dengan *elastic creep*. Sehingga bila jarak sumbu yang telah ditentukan (y) dalam persamaan :

$$(\textit{open belt drive})L = \frac{\pi}{2}(D_1 + D_2) + 2y + \frac{(D_1 - D_2)^2}{4y} \quad (7.26)$$

$$(\textit{cross belt drive})L = \frac{\pi}{2}(D_1 + D_2) + 2y + \frac{(D_1 + D_2)^2}{4y} \quad (7.27)$$

dengan panjang sabuk yang digunakan seakan-akan tidak dapat digunakan sebagai pendekatan matematis dalam mengatur ketegangan sabuk jika kekencangan sabuk hanya ditinjau dari segi jarak sumbu saja. Oleh karena itu pada sabuk tersebut perlu digunakan idler pulley ataupun ulir pengatur jarak sumbu sehingga ketegangan sabuk dapat diatur dan jarak sumbu yang diperoleh melalui pendekatan empiris di atas merupakan jarak sumbu minimal yang sebaiknya dipenuhi dalam perancangan sabuk.

C. Pulley

Pulley dapat digunakan untuk mentransmisikan daya dari poros satu ke poros yang lain melalui sistem transmisi penggerak berupa *flat belt*, *V-belt*, atau *circular belt*. Perbandingan kecepatan (*velocity ratio*) pada *pulley* berbanding

terbalik dengan diameter *pulley* dan secara matematis ditunjukkan dengan persamaan: $D1/D2 = N2/N1$

Berdasar material yang digunakan, *pulley* dapat diklasifikasikan dalam :

1. Cast iron pulley
2. Steel pulley
3. Wooden pulley
4. Paper pulley

Dasar perancangan.

1. Diameter *pulley*

Bila *centrifugal stress* (σ_1) dirumuskan:

$$\sigma_1 = \rho \times v^2 \quad (7.28)$$

Di mana ρ = Massa jenis material *pulley*
 v = Kecepatan *linier belt*

$$\text{dan } v = \frac{\pi \times D \times n}{60} \quad (7.29)$$

Dengan demikian diameter dari *pulley* dapat diketahui.

2. Lebar *pulley*

Jika lebar *belt* yang akan digunakan (b) sudah diketahui maka lebar *pulley* (B) dirumuskan:

$$B = 1,25 \times b \quad (7.30)$$

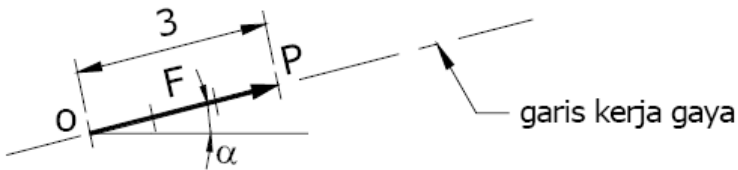


BAB 8

MEKANIKA TEKNIK

A. Gaya

Gaya adalah sesuatu yang menyebabkan deformasi pada suatu struktur. Gaya mempunyai besaran dan arah, digambarkan dalam bentuk vektor yang arahnya ditunjukkan dengan anak-panah, sedangkan panjang vektor digunakan untuk menunjukkan besarnya (Gambar 8.1).



Gambar 8.1. Vektor gaya

Garis di sepanjang gaya tersebut bekerja dinamakan garis kerja gaya. Titik tangkap gaya yang bekerja pada suatu benda yang sempurna padatnya, dapat dipindahkan di sepanjang garis kerja gaya tersebut tanpa memengaruhi kinerja dari gaya tersebut.

Apabila terdapat bermacam-macam gaya bekerja pada suatu benda, maka gaya-gaya tersebut dapat digantikan oleh satu gaya yang memberi pengaruh sama seperti yang dihasilkan dari bermacam-macam gaya tersebut, yang disebut sebagai resultan gaya.

1. Vektor Resultan

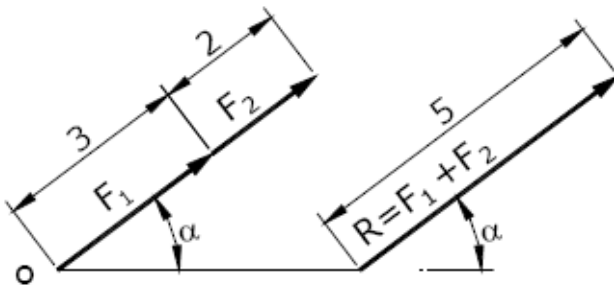
Sejumlah gaya yang bekerja pada suatu struktur dapat direduksi menjadi satu resultan gaya, maka konsep ini dapat membantu di dalam menyederhanakan permasalahan. Menghitung resultan gaya tergantung dari jumlah dan arah dari gaya-gaya tersebut.

Beberapa cara/metode untuk menghitung/mencari resultan gaya, yaitu antara lain:

- Metode penjumlahan dan pengurangan vektor gaya.
- Metode segitiga dan segi-banyak vektor gaya.
- Metode proyeksi vektor gaya.

a. Metode penjumlahan dan pengurangan vektor gaya

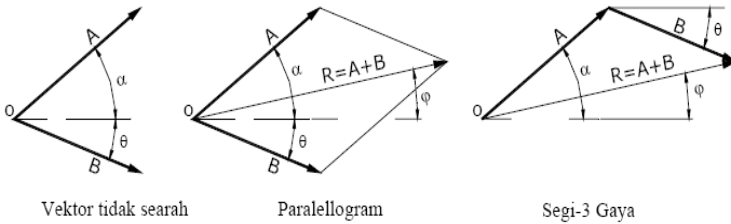
Metode ini menggunakan konsep bahwa dua gaya atau lebih yang terdapat pada garis kerja gaya yang sama (segaris) dapat langsung dijumlahkan (jika arah sama/searah) atau dikurangkan (jika arahnya berlawanan).



Gambar 8.2. Penjumlahan vektor searah dan segaris menjadi resultan gaya R

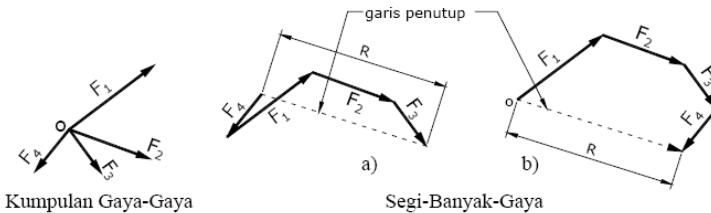
b. Metode segitiga dan segi-banyak vektor gaya

Metode ini menggunakan konsep, jika gaya-gaya yang bekerja tidak segaris, maka dapat digunakan cara paralelogram dan segitiga gaya. Metode tersebut cocok jika gaya-gayanya tidak banyak.



Gambar 8.3. Resultan dua vektor gaya yang tidak segaris.

Namun jika terdapat lebih dari dua gaya, maka harus disusun suatu segi-banyak (poligon) gaya. Gaya-gaya kemudian disusun secara berurutan, mengikuti arah jarum jam.

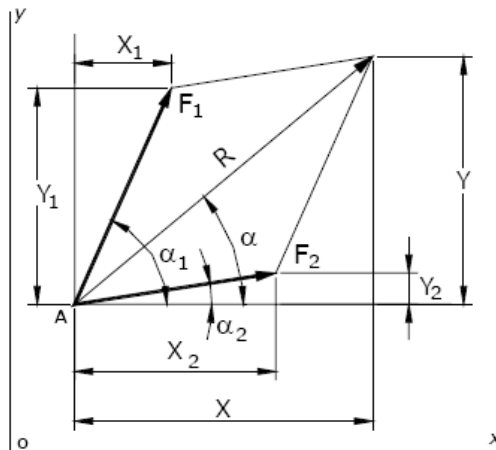


Gambar 8.4. Resultan dari beberapa vektor gaya yang tidak searah

Jika telah terbentuk segi-banyak tertutup, maka penyelesaiannya adalah tidak ada resultan gaya atau resultan gaya sama dengan nol. Namun jika terbentuk segi-banyak tidak tertutup, maka garis penutupnya adalah resultan gaya.

c. Metode proyeksi vektor gaya

Metode proyeksi menggunakan konsep bahwa proyeksi resultan dari dua buah vektor gaya pada setiap sumbu adalah sama dengan jumlah aljabar proyeksi masing-masing komponennya pada sumbu yang sama. Sebagai contoh dapat dilihat pada Gambar 8.5.



Gambar 8.5. Proyeksi sumbu

X_1 dan X_2 adalah masing-masing proyeksi gaya F_1 dan F_2 terhadap sumbu x . Sedangkan Y_1 dan Y_2 adalah masing-

masing proyeksi gaya F_i dan R terhadap sumbu y . Di mana:

$$X_i = F_i \times \cos \alpha; X = R \times \cos \alpha; \text{ maka } X = \sum X_i$$
$$Y = F \times \sin \alpha; Y = R \times \sin \alpha; \text{ maka } Y = \sum Y_i$$

Dengan demikian metode tersebut sebenarnya tidak terbatas untuk dua buah vektor gaya, tetapi bisa lebih. Jika hanya diketahui vektor-vektor gaya dan akan dicari resultan gaya, maka dengan mengetahui jumlah kumulatif dari komponen proyeksi sumbu, yaitu X dan Y , maka dengan rumus pitagoras dapat dicari nilai resultan gaya (R).

Di mana:

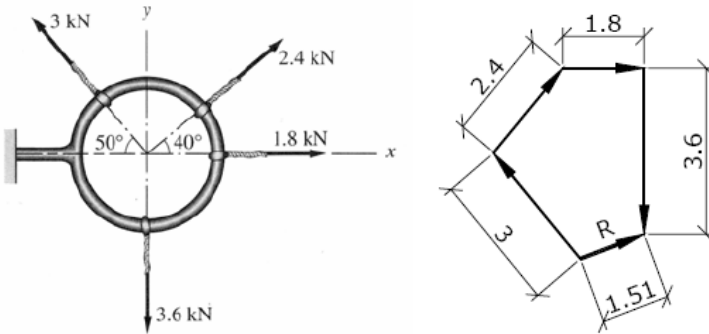
$$R = \sqrt{X^2 + Y^2} \text{ dan } \alpha = \arctan \frac{X}{Y}$$

Sebagai penjelasan lebih lanjut, dapat dilihat beberapa contoh soal dengan disertai ilustrasi Gambar 3.6.

Contoh pertama, diketahui suatu benda dengan gaya-gaya seperti terlihat pada Gambar 3.6 sebagai berikut.

Ditanyakan : Tentukan besar dan arah resultan gaya dari empat gaya tarik pada besi ring.

Penyelesaian :

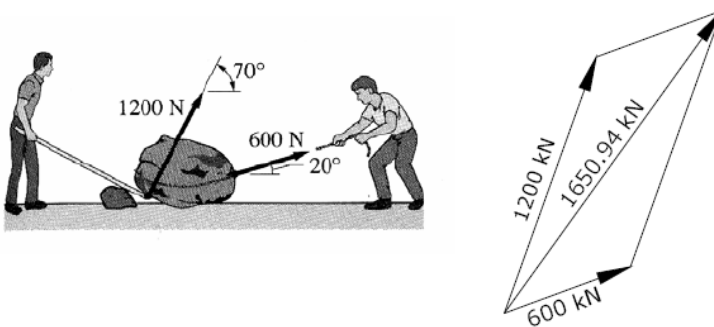


Gambar 8.6. Contoh soal pertama

Contoh kedua, diketahui dua orang seperti terlihat pada Gambar 8.7., sedang berusaha memindahkan bongkahan batu besar dengan cara tarik dan unkit.

Ditanyakan: tentukan besar dan arah gaya resultan yang bekerja pada titik bongkah batu akibat kerja dua orang tersebut.

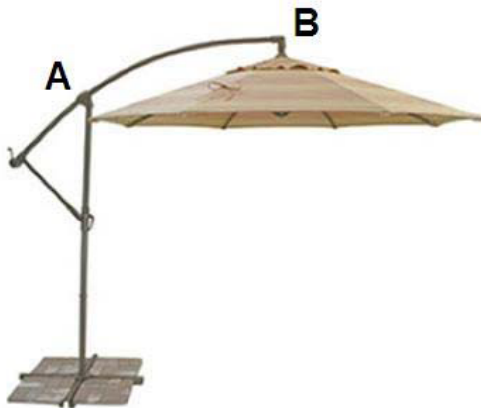
Penyelesaian :



Gambar 8.7. Contoh soal kedua

B. Momen

Gaya yang beraksi pada suatu massa kaku, secara umum selain menyebabkan deformasi, ternyata juga menyebabkan rotasi (massa tersebut berputar terhadap suatu titik sumbu tertentu). Posisi vektor gaya yang menyebabkan perputaran terhadap suatu titik sumbu tertentu tersebut disebut sebagai momen.

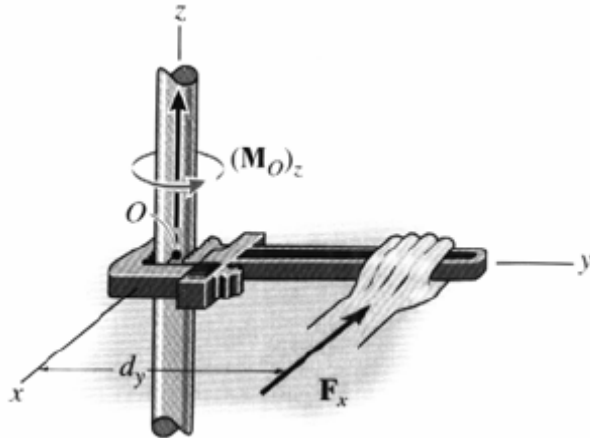


Gambar 8.8. Model struktur kantilever

Pada gambar 8.8. dapat kita lihat bahwa akibat beban terpusat (lampu gantung dan penutup) yang bekerja pada titik B, maka akan timbul momen pada titik A.

Pada kasus tertentu, akibat adanya momen untuk suatu beban yang memiliki eksentrisitas, akan menimbulkan suatu putaran yang disebut dengan torsi atau puntir.

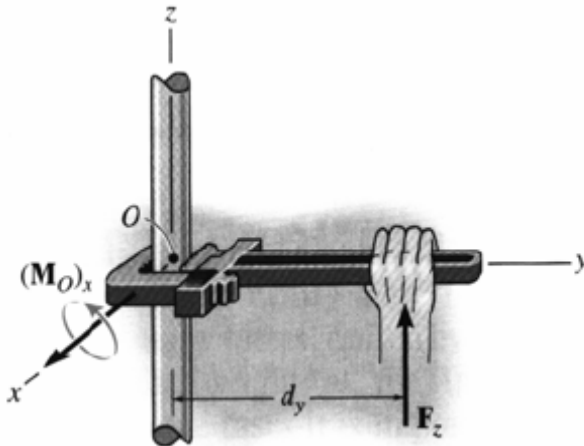
Ilustrasi mengenai torsi atau puntir sebagai contoh adalah pada sebuah pipa, seperti terlihat pada Gambar 8.9., Gambar 8.10., dan Gambar 8.11. Jika momen tersebut berputar pada sumbu aksial dari suatu batang (misal pipa) maka namanya adalah torsi atau puntir.



Gambar 8.9. Torsi terhadap sumbu Z

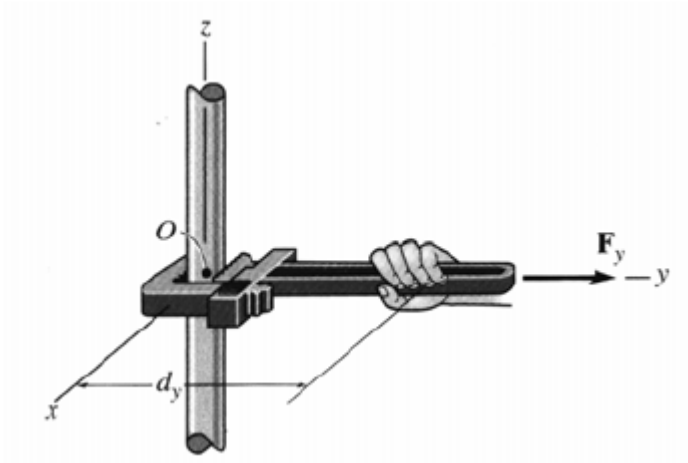
Dari ilustrasi seperti terlihat pada Gambar 8.9. dapat dilihat bahwa torsi terhadap sumbu-z akan menyebabkan puntir pada pipa.

Besarnya momen ditentukan oleh besarnya gaya F dan lengan momen (jarak tegak lurus gaya terhadap titik putar yang ditinjau).



Gambar 8.10. Momen terhadap sumbu X

Dari ilustrasi seperti terlihat pada Gambar 8.10. dapat dilihat bahwa momen terhadap sumbu-z akan menyebabkan *bending* pada pipa.



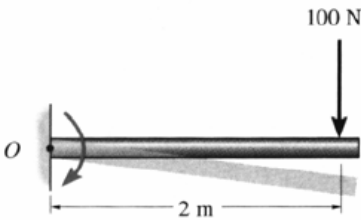
Gambar 8.11. Gaya menuju sumbu (konkuren)

Gaya yang menuju suatu sumbu disebut sebagai konkuren, tidak akan menimbulkan momen pada sumbu-z. Perilaku momen pada batang kantilever dapat terjadi dalam beberapa konfigurasi.

Soal latihan dan pembahasan

Berikut ini terdapat tiga contoh soal latihan beserta pembahasan untuk menghitung momen.

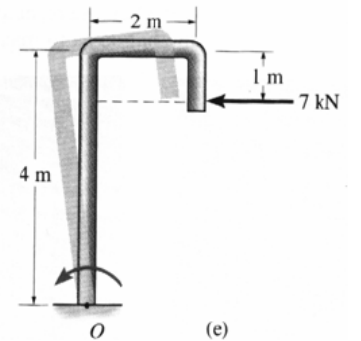
1



100 N

$M = 100 \cdot 2 = 200 \text{ N}\cdot\text{m}$
Momen searah jarum jam.

2



2 m

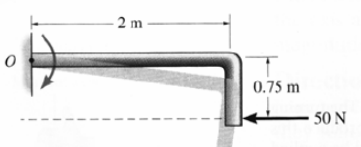
1 m

7 kN

4 m

$M = 7 \cdot (4 - 1) = 21 \text{ kN}\cdot\text{m}$
Momen berlawanan arah jarum jam.

3



2 m

0.75 m

50 N

$M = 50 \cdot 0,75 = 37,5 \text{ N}\cdot\text{m}$
Momen searah jarum jam.

Gambar 8.12. Menghitung momen

C. Keseimbangan Benda Tegar

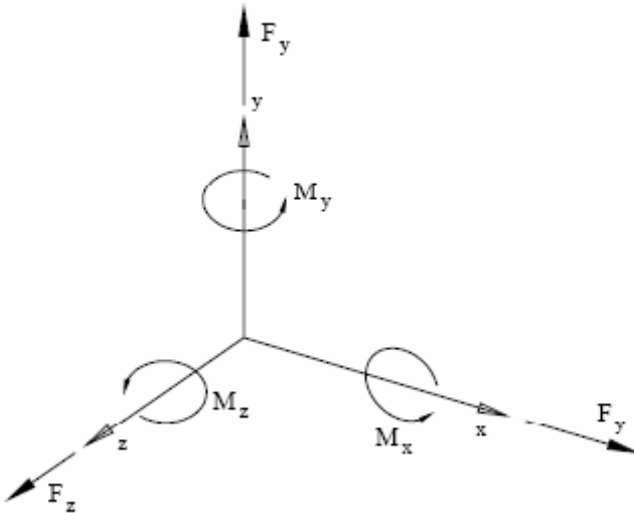
Suatu benda berada dalam keseimbangan apabila sistem gaya-gaya yang bekerja pada benda tersebut tidak menyebabkan translasi maupun rotasi pada benda tersebut. Keseimbangan akan terjadi pada sistem gaya konkuren yang bekerja pada titik atau partikel, apabila resultan sistem gaya konkuren tersebut sama dengan nol.

Apabila sistem gaya tak konkuren bekerja pada suatu benda tegar, maka akan terjadi kemungkinan untuk mengalami translasi dan rotasi. Oleh karena itu, agar benda tegar mengalami keseimbangan, translasi dan rotasi tersebut harus dihilangkan. Untuk mencegah translasi, maka resultan sistem gaya-gaya yang bekerja haruslah sama dengan nol, dan untuk mencegah rotasi, maka jumlah momen yang dihasilkan oleh resultan oleh semua gaya yang bekerja haruslah sama dengan nol.

Sebagai ilustrasi, dapat dilihat Gambar 8.13. mengenai gaya dan momen pada sumbu-x, sumbu-y, dan sumbu-z.

$$\begin{array}{lll} \sum F_x = 0 & \sum F_y = 0 & \sum F_z = 0 \\ \sum M_x = 0 & \sum M_y = 0 & \sum M_z = 0 \end{array}$$

Di mana F adalah gaya dan M adalah momen.



Gambar 8.13. Gaya dan Momen pada tiga sumbu

D. Gaya dan Momen Eksternal dan Internal

Gaya dan momen yang bekerja pada suatu benda dapat berupa eksternal dan internal. Gaya dan momen eksternal, sebagai contoh adalah berat struktur sendiri.

Gaya dan momen internal adalah gaya dan momen yang timbul di dalam struktur sebagai respons terhadap gaya eksternal yang ada, sebagai contoh adalah gaya tarik yang timbul di dalam batang.

1. Gaya dan Momen Eksternal

Gaya dan momen yang bekerja pada suatu benda tegar dapat dibagi ke dalam dua jenis utama, yaitu gaya yang bekerja

langsung pada struktur dan gaya yang timbul akibat adanya aksi.

Sesuai dengan Hukum Ketiga Newton bahwa apabila ada suatu aksi maka akan ada reaksi yang besarnya sama dan arahnya berlawanan.

2. Gaya dan Momen Internal

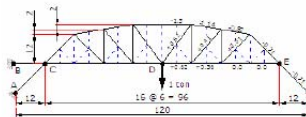
Gaya dan momen internal timbul di dalam struktur sebagai akibat adanya sistem gaya eksternal yang bekerja pada struktur dan berlaku bersama-sama secara umum mempertahankan keseimbangan struktur.

3. Idealisasi Struktur

Beberapa langkah penyelesaian struktur dengan gaya yang bekerja dapat dilakukan. Salah satu cara adalah dengan melakukan idealisasi.



(a). Aktual struktur



(b). Idealisasi struktur

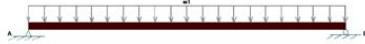
Gambar 8.14. Idealisasi struktur jembatan rangka batang

Gambar 8.14. (a) memperlihatkan suatu jembatan rangka batang. Idealisasi struktur dapat dilakukan dengan

memodelkan menjadi rangka batang dua dimensi seperti terlihat pada gambar 8.14. (b).



(a). Aktual struktur.



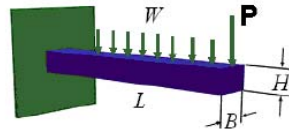
(b). Idealisasi struktur.

Gambar 8.15. Idealisasi struktur jembatan

Gambar 8.15. (a) memperlihatkan suatu jembatan, dan gambar 8.15. (b) merupakan idealisasi menjadi pemodelan balok di atas tumpuan sendi-rol di ujung-ujungnya, dengan beban merata bekerja di sepanjang balok.



(a). Aktual struktur



(b). Idealisasi struktur

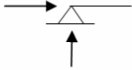

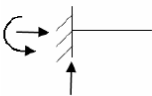

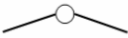
Gambar 8.16. Idealisasi balok kantilever

Gambar 8.16. (a) memperlihatkan suatu balok kantilever baja, dan gambar 8.16. (b) merupakan idealisasi pemodelan balok kantilever dengan tumpuan jepit-bebas pada ujung-ujungnya. Model beban adalah beban merata (W) di sepanjang bentang dan beban terpusat (P) di ujung bebas.

4. Kondisi Tumpuan

Sifat gaya-gaya reaksi yang timbul pada suatu benda yang dibebani bergantung pada bagaimana benda tersebut ditumpu atau dihubungkan dengan benda lain. Hubungan antarjenis kondisi tumpuan/perletakan yang ada dan jenis gaya-gaya reaksi yang timbul, dapat dilihat pada Tabel 8.1.

Tabel 8.1 Jenis kondisi tumpuan: model-model idealisasi

Jenis Tumpuan	Simbol / Gambar	Jenis Gaya dan Rotasi yang dapat timbul pada Tumpuan
Tumpuan Sendi		Tumpuan sendi mampu menahan dua gaya, yaitu gaya arah sejajar bidang perletakan dan gaya tegak lurus bidang perletakan.
Tumpuan Rol		Tumpuan rol mampu menahan satu gaya arah tegak lurus bidang perletakan.
Tumpuan Jepit		Tumpuan jepit mampu menahan dua gaya, yaitu gaya arah sejajar bidang perletakan dan gaya tegak lurus bidang perletakan, serta mampu menahan momen.
Tumpuan Bebas		Tidak terdapat gaya reaksi maupun momen.
Tumpuan Link		<i>Link</i> mampu menahan gaya axial yang searah dengan <i>link</i> . <i>Link</i> terdiri dari dua buah pin yang dihubungkan oleh satu buah batang.



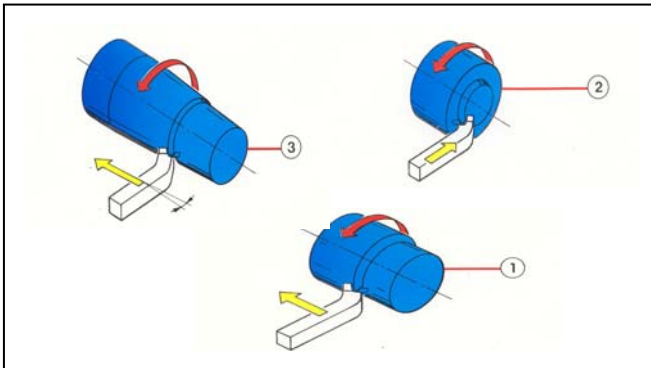
BAB 9

PROSES PEMESINAN

A. Proses Bubut (*Turning*)

Proses bubut adalah proses pemesinan untuk menghasilkan bagian-bagian mesin berbentuk silindris yang dikerjakan dengan menggunakan mesin bubut. Bentuk dasarnya dapat didefinisikan sebagai proses pemesinan permukaan luar benda silindris atau bubut rata:

- Dengan benda kerja yang berputar
- Dengan satu pahat bermata potong tunggal (*with a single-point cutting tool*)
- Dengan gerakan pahat sejajar terhadap sumbu benda kerja pada jarak tertentu sehingga akan membuang permukaan luar benda kerja (lihat Gambar 9.1. no. 1)

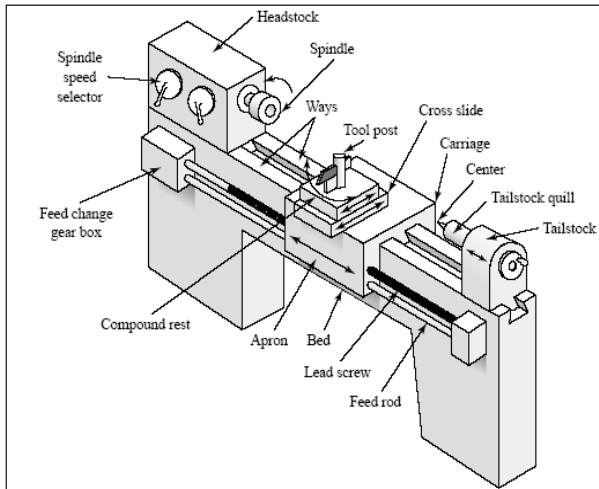


Gambar 9.1. Proses bubut rata, bubut permukaan, dan bubut tirus

Proses bubut permukaan/*surface turning* (Gambar 9.1. no. 2) adalah proses bubut yang identik dengan proses bubut rata, tetapi arah gerakan pemakanan tegak lurus terhadap

sumbu benda kerja. Proses bubut tirus/*taper turning* (Gambar 9.1. no. 3) sebenarnya identik dengan proses bubut rata di atas, hanya jalannya pahat membentuk sudut tertentu terhadap sumbu benda kerja. Demikian juga proses bubut kontur, dilakukan dengan cara memvariasi kedalaman potong sehingga menghasilkan bentuk yang diinginkan.

Walaupun proses bubut secara khusus menggunakan pahat bermata potong tunggal, tetapi proses bubut bermata potong jamak tetap termasuk proses bubut juga, karena pada dasarnya setiap pahat bekerja sendiri-sendiri. Selain itu proses pengaturannya (*setting*) pahatnya tetap dilakukan satu per satu. Gambar skematis mesin bubut dan bagian-bagiannya dijelaskan pada Gambar 9.2.

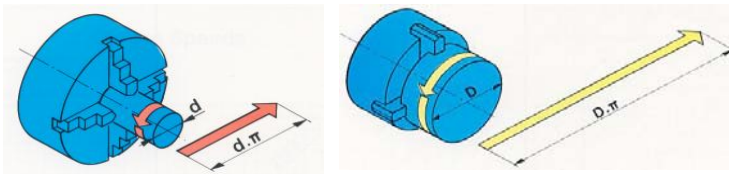


Gambar 9.2. Gambar skematis mesin bubut dan nama bagian-bagiannya

1. Parameter yang dapat diatur pada mesin bubut

Tiga parameter utama pada setiap proses bubut adalah kecepatan putar spindel (*speed*), gerak makan (*feed*), dan kedalaman potong (*depth of cut*). Faktor yang lain seperti bahan benda kerja dan jenis pahat sebenarnya juga memiliki pengaruh yang cukup besar, tetapi tiga parameter di atas adalah bagian yang bisa diatur oleh operator langsung pada mesin bubut.

Kecepatan putar, n (*speed*), selalu dihubungkan dengan spindel (sumbu utama) dan benda kerja. Karena kecepatan putar diekspresikan sebagai putaran per menit (*revolutions per minute*, rpm), hal ini menggambarkan kecepatan putarannya. Akan tetapi yang diutamakan dalam proses bubut adalah kecepatan potong (*cutting speed* atau v) atau kecepatan benda kerja dilalui oleh pahat/keliling benda kerja (lihat Gambar 9.3). Secara sederhana kecepatan potong dapat digambarkan sebagai keliling benda kerja dikalikan dengan kecepatan putar atau:



Gambar 9.3. Panjang permukaan benda kerja yang dilalui pahat setiap putaran

$$v = \frac{\pi dn}{1000} \dots\dots\dots(6.1)$$

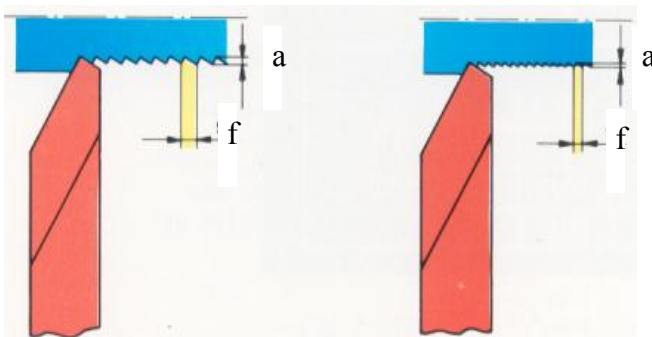
Di mana:

v = kecepatan potong; m/menit

d = diameter benda kerja; mm

n = putaran benda kerja; putaran/menit

Gerak makan, *f (feed)*, adalah jarak yang ditempuh oleh pahat setiap benda kerja berputar satu kali (Gambar 9.4), sehingga satuan *f* adalah mm/putaran. Gerak makan ditentukan berdasarkan kekuatan mesin, material benda kerja, material pahat, bentuk pahat, dan terutama kehalusan permukaan yang diinginkan.



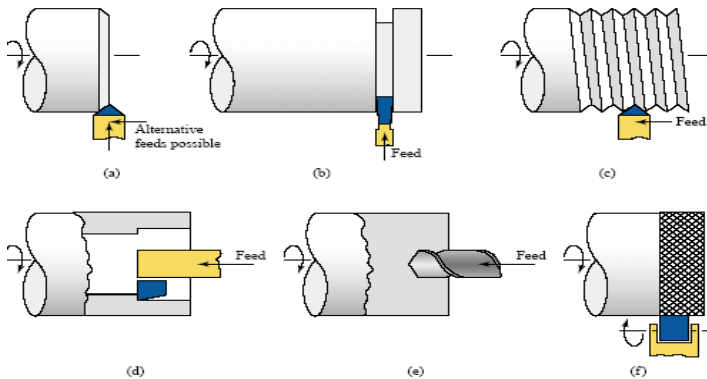
Gambar 9.4. Gerak makan (*f*) dan kedalaman potong

Kedalaman potong *a (depth of cut)*, adalah tebal bagian benda kerja yang dibuang dari benda kerja, atau jarak

Proses Pemesinan

antara permukaan yang dipotong terhadap permukaan yang belum terpotong (lihat Gambar 9.4). Ketika pahat memotong sedalam a , maka diameter benda kerja akan berkurang $2a$, karena bagian permukaan benda kerja yang dipotong ada di dua sisi, akibat dari benda kerja yang berputar.

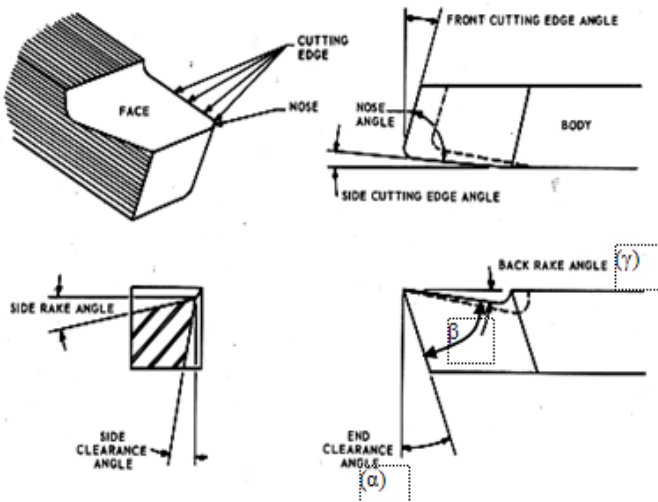
Beberapa proses pemesinan selain proses bubut pada Gambar 9.1. dapat dilakukan juga di mesin bubut proses pemesinan yang lain, yaitu bubut dalam (*internal turning*), proses pembuatan lubang dengan mata bor (*drilling*), proses memperbesar lubang (*boring*), pembuatan ulir (*thread cutting*), dan pembuatan alur (*grooving/parting-off*). Proses tersebut dilakukan di mesin bubut dengan bantuan peralatan bantu agar proses pemesinan bisa dilakukan (lihat Gambar 9.5).



Gambar 9.5. Proses pemesinan yang dapat dilakukan pada mesin bubut : (a) pembubutan pinggul (*chamfering*), (b) pembubutan alur (*parting-off*), (c) pembubutan ulir (*threading*), (d) pembubutan lubang (*boring*), (e) pembuatan lubang (*drilling*), (f) pembuatan kartel (*knurling*)

2. Geometri Pahat Bubut

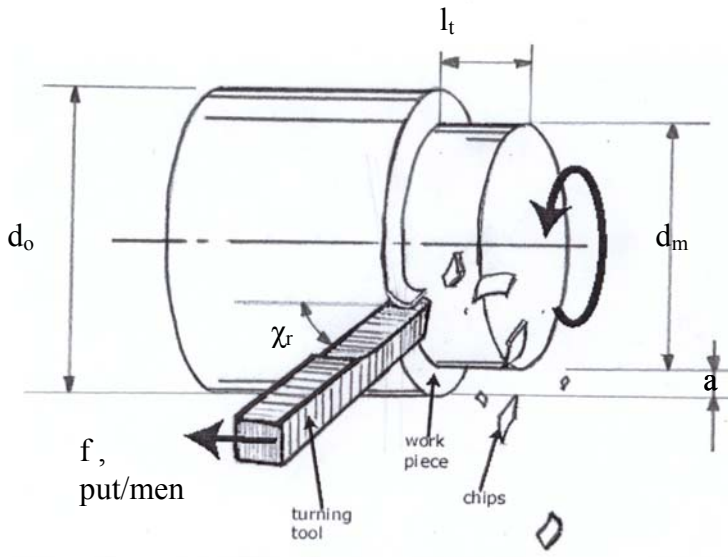
Geometri/bentuk pahat bubut terutama tergantung pada material benda kerja dan material pahat. Terminologi standar ditunjukkan pada Gambar 9.6. Untuk pahat bubut bermata potong tunggal, sudut pahat yang paling pokok adalah sudut beram (*rake angle*), sudut bebas (*clearance angle*), dan sudut sisi potong (*cutting edge angle*). Sudut-sudut pahat HSS dibentuk dengan cara diasah menggunakan mesin gerinda pahat (*tool grinder machine*).



Gambar 9.6. Geometri pahat bubut HSS (pahat diasah dengan mesin gerinda pahat)

3. Perencanaan dan perhitungan proses bubut

Elemen dasar proses bubut dapat dihitung/dianalisis dengan menggunakan rumus-rumus dan Gambar 9.7. berikut:



Gambar 9.7. Gambar skematis proses bubut

Keterangan:

Benda kerja:

d_o = diameter mula; mm

d_m = diameter akhir; mm

l_t = panjang pemotongan; mm

Pahat:

χ_r = sudut potong utama/sudut masuk

Mesin bubut :

- a = kedalaman potong, mm
- f = gerak makan; mm/putaran
- n = putaran poros utama; putaran/menit

1) Kecepatan potong:

$$v = \frac{\pi dn}{1000}; m / menit \dots\dots\dots(6.2)$$

- d = diameter rata-rata benda kerja $((d_o+d_m)/2)$; mm
- n = putaran poros utama; put/menit
- $\pi = 3,14$

2) Kecepatan makan

$$v_f = f.n; mm / menit \dots\dots\dots(6.3)$$

3) Waktu pemotongan

$$t_c = \frac{l_t}{v_f}; menit \dots\dots\dots(6.4)$$

4) Kecepatan penghasilan beram

$$Z = A.v; cm^3 / menit \dots\dots\dots(6.5)$$

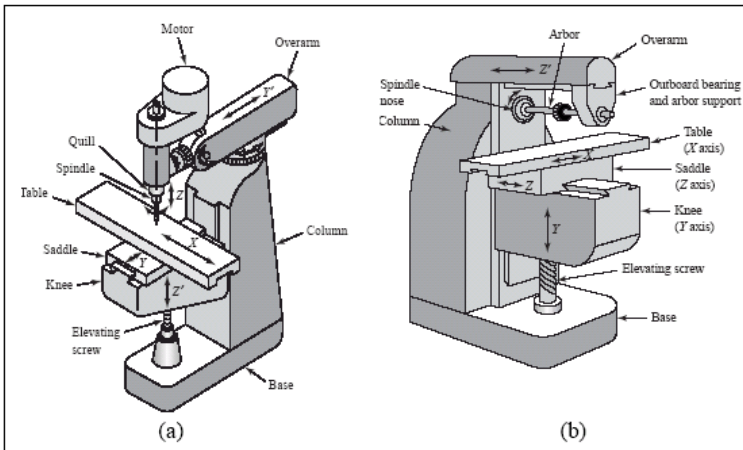
di mana: $A = a.f \text{ mm}^2$

Perencanaan proses bubut tidak hanya menghitung elemen dasar proses bubut, tetapi juga meliputi penentuan/pemilihan material pahat berdasarkan material benda kerja, pemilihan mesin, penentuan cara pengecaman,

penentuan langkah kerja/langkah penyayatan dari awal benda kerja sampai terbentuk benda kerja jadi, penentuan cara pengukuran dan alat ukur yang digunakan.

B. Proses Frais (*Milling*)

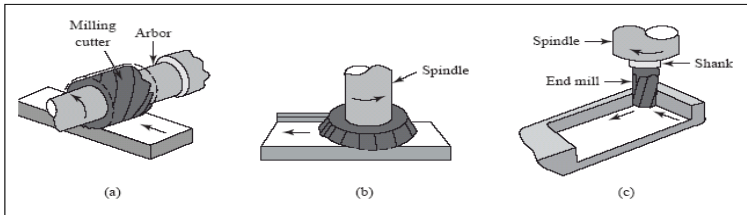
Proses pemesinan frais (*milling*) adalah proses penyayatan benda kerja menggunakan alat potong dengan mata potong jamak yang berputar. Permukaan yang disayat bisa berbentuk datar, menyudut, atau melengkung. Mesin (Gambar 9.8) yang digunakan untuk memegang benda kerja, memutar pahat, dan penyayatannya disebut mesin frais (*milling machine*).



Gambar 9.8. Gambar skematik dari gerakan-gerakan dan komponen-komponen dari (a) mesin frais vertikal tipe *column and knee* dan (b) mesin frais horisontal tipe *column and knee*

1. Klasifikasi proses frais

Proses frais dapat diklasifikasikan dalam tiga jenis. Klasifikasi ini berdasarkan jenis pahat, arah penyayatan, dan posisi relatif pahat terhadap benda kerja (Gambar 9.9).



Gambar 9.9. Tiga klasifikasi proses frais: (a) frais periperal/*slab milling*, (b) frais muka/*face milling*, (c) frais jari/*end milling*

a. Frais Periperal (*Peripheral Milling*)

Proses frais ini disebut juga *slab milling*, permukaan yang difrais dihasilkan oleh gigi pahat yang terletak pada permukaan luar badan alat potongnya. Sumbu dari putaran pahat biasanya pada bidang yang sejajar dengan permukaan benda kerja yang disayat.

b. Frais Muka (*Face Milling*)

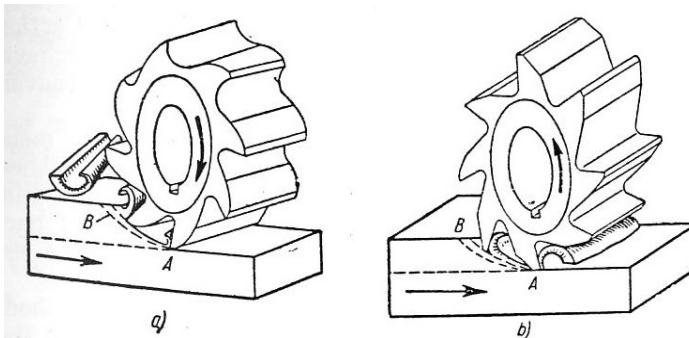
Pada frais muka, pahat dipasang pada spindel yang memiliki sumbu putar tegak lurus terhadap permukaan benda kerja. Permukaan hasil proses frais dihasilkan dari hasil penyayatan oleh ujung dan selubung pahat.

c. Frais jari (*End Milling*)

Pahat pada proses frais jari biasanya berputar pada sumbu yang tegak lurus permukaan benda kerja. Pahat dapat digerakkan menyudut untuk menghasilkan permukaan menyudut. Gigi potong pada pahat terletak pada selubung pahat dan ujung badan pahat.

2. Metode proses frais

Metode proses frais ditentukan berdasarkan arah relatif gerak makan meja mesin frais terhadap putaran pahat (Gambar 9.10). Metode proses frais ada dua yaitu frais naik dan frais turun.



Gambar 9.10. (a) frais naik (*up milling*) dan (b) frais turun (*down milling*)

a. Frais Naik (*Up Milling*)

Frais naik biasanya disebut frais konvensional (*conventional milling*). Gerak dari putaran pahat berlawanan

arah terhadap gerak makan meja mesin frais. Sebagai contoh, pada proses frais naik apabila pahat berputar searah jarum jam, benda kerja disayat ke arah kanan. Penampang melintang bentuk beram (*chips*) untuk proses frais naik adalah seperti koma diawali dengan ketebalan minimal kemudian menebal. Proses frais ini sesuai untuk mesin frais konvensional/manual, karena pada mesin konvensional *backlash* ulir transportirnya relatif besar dan tidak dilengkapi *backlash compensation*.

b. Frais Turun (*Down Milling*)

Proses frais turun dinamakan juga *climb milling*. Arah dari putaran pahat sama dengan arah gerak makan meja mesin frais. Sebagai contoh jika pahat berputar berlawanan arah jarum jam, benda kerja disayat ke kanan. Penampang melintang bentuk beram (*chips*) untuk proses frais naik adalah seperti koma diawali dengan ketebalan maksimal kemudian menipis. Proses frais ini sesuai untuk mesin frais CNC, karena pada mesin CNC gerakan meja dipandu oleh ulir dari bola baja, dan dilengkapi *backlash compensation*. Untuk mesin frais konvensional tidak direkomendasikan melaksanakan proses frais turun, karena meja mesin frais akan tertekan dan ditarik oleh pahat.

3. Parameter yang dapat diatur pada mesin frais

Seperti pada mesin bubut, maka parameter yang dimaksud adalah putaran spindle (n), gerak makan (f), dan kedalaman potong (a). Putaran spindle bisa langsung diatur

dengan cara mengubah posisi handel pengatur putaran mesin. Gerak makan bisa diatur dengan cara mengatur handel gerak makan sesuai dengan tabel f yang ada di mesin. Gerak makan (Gambar 6.10) ini pada proses frais ada dua macam yaitu gerak makan per gigi (mm/gigi), dan gerak makan per putaran (mm/putaran). Kedalaman potong diatur dengan cara menaikkan benda kerja, atau dengan cara menurunkan pahat.

Putaran spindel (n) ditentukan berdasarkan kecepatan potong. Kecepatan potong ditentukan oleh kombinasi material pahat dan material benda kerja. Kecepatan potong adalah jarak yang ditempuh oleh satu titik (dalam satuan meter) pada selubung pahat dalam waktu satu menit. Rumus kecepatan potong identik dengan rumus kecepatan potong pada mesin bubut. Pada proses frais besarnya diameter yang digunakan adalah diameter pahat. Rumus kecepatan potong:

$$v = \frac{\pi dn}{1000} \dots\dots\dots (6.6)$$

Di mana:

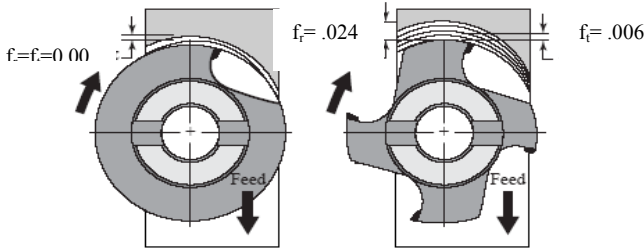
v = kecepatan potong; m/menit

d = diameter pahat; mm

n = putaran benda kerja; putaran/menit

Kedalaman potong (a) ditentukan berdasarkan selisih tebal benda kerja awal terhadap tebal benda kerja akhir. Untuk kedalaman potong yang relatif besar diperlukan perhitungan daya potong yang diperlukan untuk proses penyayatan. Apabila

daya potong yang diperlukan masih lebih rendah dari daya yang disediakan oleh mesin (terutama motor listrik), maka kedalaman potong yang telah ditentukan bisa digunakan.



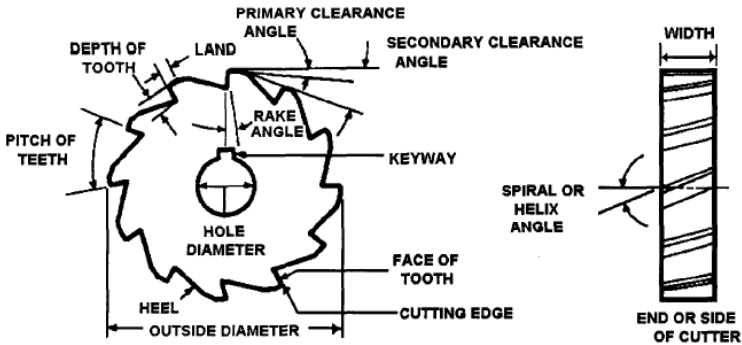
Gambar 9.11. Gambar jalur pahat dari pahat frais menunjukkan perbedaan antara gerak makan per gigi (f_t) dan gerak makan per putaran (f_r)

4. Geometri pahat frais

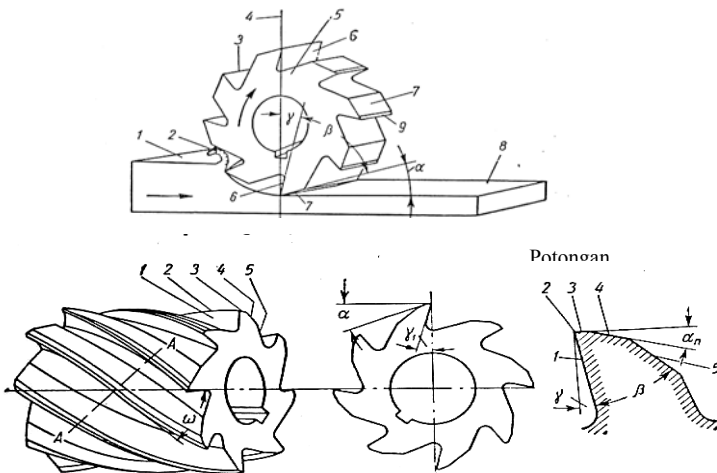
Pada dasarnya bentuk pahat frais adalah identik dengan pahat bubut. Dengan demikian nama sudut atau istilah yang digunakan juga sama dengan pahat bubut. Nama-nama bagian pahat frais rata dan geometri gigi pahat frais rata ditunjukkan pada Gambar 9.12. Pahat frais memiliki bentuk yang rumit karena terdiri dari banyak gigi potong, karena proses pemotongannya adalah proses pemotongan dengan mata potong majemuk (Gambar 9.13). Jumlah gigi minimal adalah dua buah pada pahat frais ujung (*end mill*).

Pahat untuk proses frais dibuat dari material HSS atau karbida. Material pahat untuk proses frais pada dasarnya sama dengan material pahat untuk pahat bubut. Untuk pahat karbida juga digolongkan dengan kode P, M, dan K. Pahat frais karbida

bentuk sisipan dipasang pada tempat pahat sesuai dengan bentuknya.



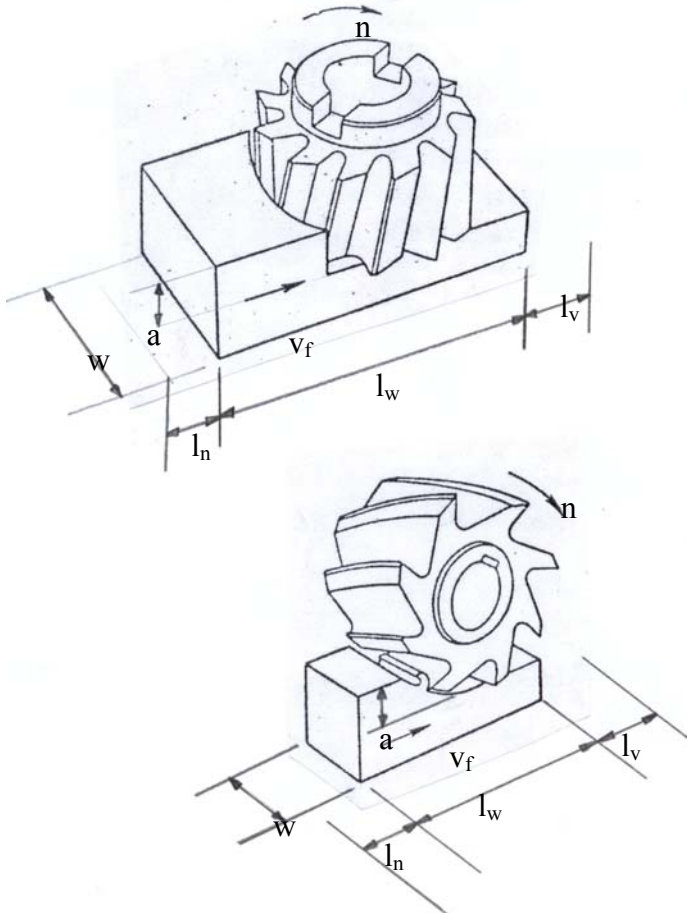
Gambar 9.12. Bentuk dan nama bagian pahat frais rata



Gambar 9.13. Geometri pahat frais selubung HSS

5. Elemen dasar proses frais

Elemen dasar proses frais hampir sama dengan elemen dasar proses bubut. Elemen diturunkan berdasarkan rumus dan Gambar 9.14. berikut:



Gambar 9.14. Gambar skematis proses frais vertikal dan frais horisontal

Keterangan:

Benda kerja:

- w = lebar pemotongan; mm
- l_w = panjang pemotongan; mm
- l_t = $l_v + l_w + l_n$; mm
- a = kedalaman potong, mm

Pahat Frais:

- d = diameter luar; mm
- z = jumlah gigi (mata potong)
- χ_r = sudut potong utama (90°) untuk pahat frais selubung

Mesin frais:

- n = putaran poros utama; rpm
- v_f = kecepatan makan; mm/putaran

5) Kecepatan potong:

$$V = \frac{\pi d n}{1000}; m / menit \dots\dots\dots (6.7)$$

6) Gerak makan per gigi

$$f_z = v_f / z.n; mm / menit \dots\dots\dots (6.8)$$

7) Waktu pemotongan

$$t_c = \frac{l_t}{v_f}; menit \dots\dots\dots (6.9)$$

8) Kecepatan penghasilan beram

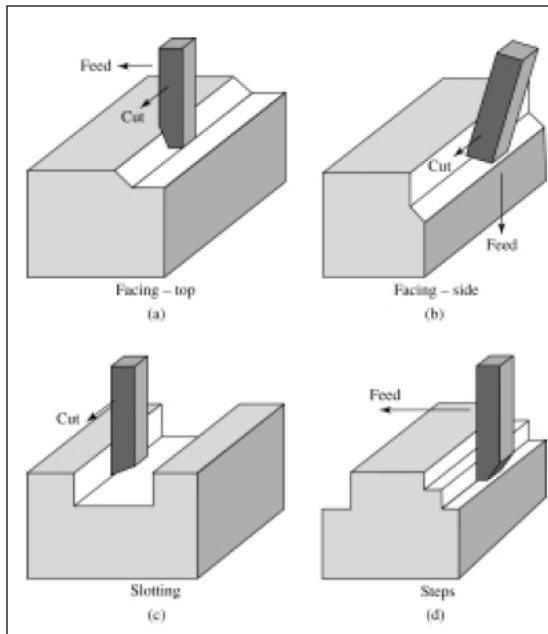
$$Z = v_f . a . w / 1000; cm^3 / menit \dots\dots\dots (6.10)$$

Proses frais bisa dilakukan dengan banyak cara menurut jenis pahat yang digunakan dan bentuk benda kerjanya. Selain itu jenis mesin frais yang bervariasi menyebabkan analisis proses frais menjadi rumit. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan bukan hanya kecepatan potong dan gerak makan saja, tetapi juga cara pencekaman, gaya potong, kehalusan produk, getaran mesin, dan getaran benda kerja. Dengan demikian hasil analisis/perencanaan merupakan pendekatan bukan merupakan hasil yang optimal.

C. Proses Sekrap (*Shaping*)

Proses sekrap pada dasarnya adalah proses pemesinan yang menggunakan pahat mata potong tunggal dan hanya melakukan penyayatan berbentuk garis lurus. Proses sekrap ada dua macam yaitu proses sekrap (*shaper*) dan *planer*. Proses sekrap dilakukan untuk benda kerja yang relatif kecil, sedang proses *planer* untuk benda kerja yang besar.

Jenis-jenis penyayatan yang bisa dilakukan untuk kedua jenis proses sekrap (Gambar 9.15) yaitu penyayatan permukaan (*facing*), alur (*slotting*) dan tangga (*steps*). Proses penyayatan tersebut bisa dilakukan dalam arah horizontal maupun vertikal.

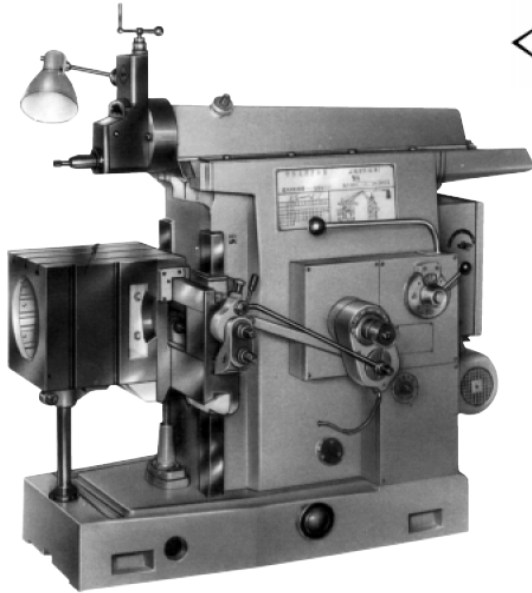


Gambar 9.15. Penyayatan yang biasa dilakukan pada proses sekrap

1. Mesin sekrap

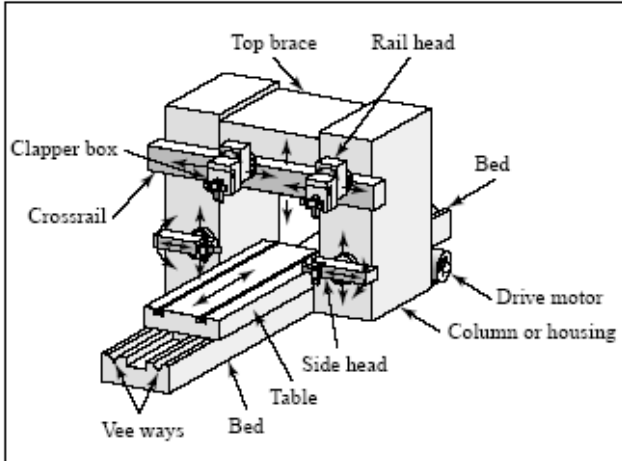
Mesin sekrap adalah mesin yang relatif sederhana. Biasanya digunakan dalam ruang alat atau mengerjakan pemesinan benda kerja yang jumlahnya satu atau dua buah untuk *prototype* (benda contoh). Pahat yang digunakan sama dengan pahat bubut. Proses sekrap tidak terlalu memerlukan perhatian/konsentrasi bagi operatornya ketika melakukan

penyayatan. Mesin sekrap yang sering digunakan adalah mesin sekrap horizontal (Gambar 9.16).



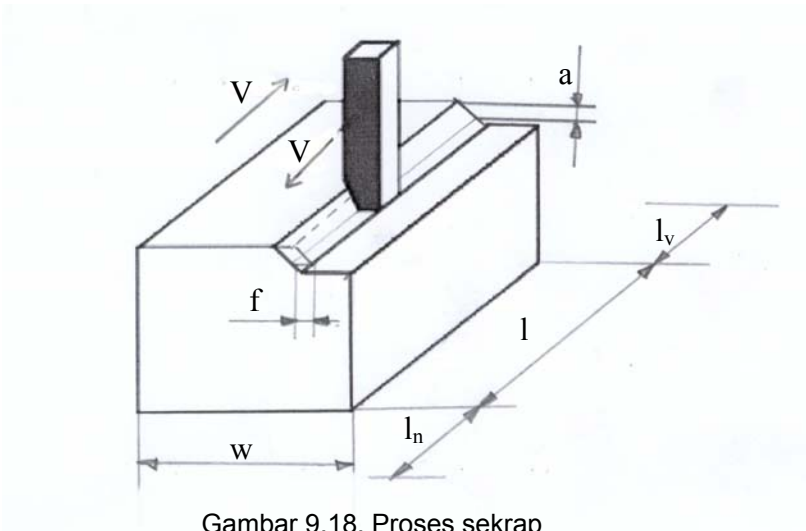
Gambar 6.16. Mesin sekrap horizontal (*shaper*)

Selain mesin tersebut di atas ada mesin yang identik dengan mesin sekrap yaitu mesin *planner* (Gambar 9.17). Mesin ini bagian yang melakukan pemakanan (*feeding*) adalah benda kerja yang dicekam di meja. Dengan konstruksi demikian maka benda kerja yang dikerjakan adalah benda kerja yang sangat besar.



Gambar 9. 17. Gambar skematik mesin sekrap meja (*planner*) dua kolom

2. Elemen dasar proses sekrap



Gambar 9.18. Proses sekrap

Elemen pemesinan dapat dihitung dengan rumus-rumus yang identik dengan elemen pemesinan proses pemesinan yang lain. Pada proses sekrap gerak makan (f) adalah gerakan pahat per langkah penyayat, kecepatan potong adalah kecepatan potong rata-rata untuk gerak maju dan gerak kembali dengan perbandingan kecepatan = V_m/V_r . Harga $R_s < 1$.

Elemen dasar tersebut adalah:

1. Kecepatan potong rata-rata:

$$v = \frac{n_p \cdot l_t \cdot (1 + R_s)}{2.1000}; mm / menit \dots\dots\dots(9.11)$$

$$l_t = l_v + l_w + l_n$$

n_p = jumlah langkah per menit

$$l_v \approx 20 \text{ mm}$$

$$l_n \approx 10 \text{ mm}$$

2. Kecepatan makan:

$$v_f = f \cdot n_p ; mm/menit \dots\dots\dots(9.12)$$

f = gerak makan; mm/langkah

3. Waktu pemotongan:

$$t_c = \frac{w}{v_f} ; menit \dots\dots\dots(9.13)$$

4. Kecepatan penghasilan beram:

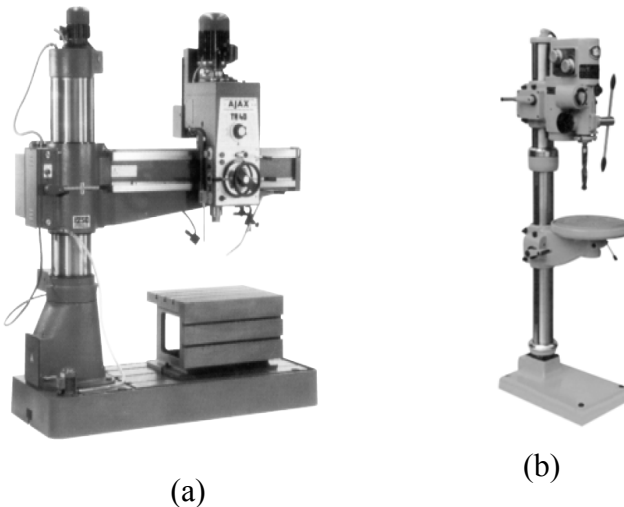
$$Z = a \cdot f \cdot v ; cm^3/menit. \dots\dots\dots(9.14)$$

D. Proses Gurdi (*Drilling*)

Proses gurdi adalah proses pemesinan yang paling sederhana di antara proses pemesinan yang lain. Biasanya di bengkel atau *workshop* proses ini dinamakan proses bor, walaupun istilah ini sebenarnya kurang tepat. Proses gurdi dimaksudkan sebagai proses pembuatan lubang bulat dengan menggunakan mata bor (*twist drill*).

1. Mesin Gurdi (*Drilling Machine*)

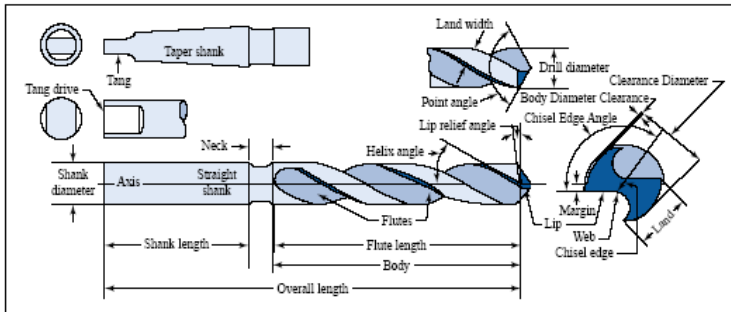
Mesin yang digunakan untuk melakukan proses gurdi adalah mesin gurdi/*drilling machine* (Gambar 9.19). Dalam proses produksi pemesinan sebagian besar lubang dihasilkan dengan menggunakan mesin gurdi.



Gambar 9.19. (a) Mesin gurdi radial (*radial drilling machine*), (b) mesin gurdi bangku

2. Geometri mata bor (*twist drill*)

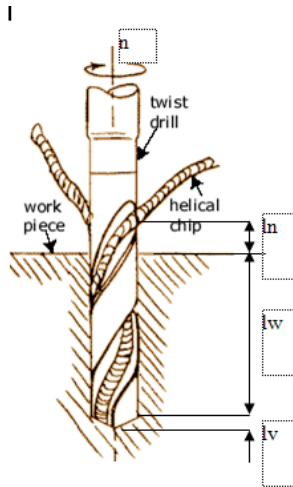
Nama-nama bagian mata bor ditunjukkan pada Gambar 9.20. Di antara bagian-bagian mata bor tersebut yang paling utama adalah sudut helik (*helix angle*), sudut ujung (*point angle/lip angle*, $2\chi_r$), dan sudut bebas (*clearance angle*, α).



Gambar 9.20. Nama-nama bagian mata bor dengan sarung tirusnya

3. Elemen dasar proses gurdi

Parameter proses gurdi dapat ditentukan berdasarkan gambar proses gurdi (Gambar 9.21) dan rumus-rumus kecepatan potong dan gerak makan. Parameter proses gurdi pada dasarnya sama dengan parameter proses pemesinan yang lain, akan tetapi dalam proses gurdi selain kecepatan potong, gerak makan, dan kedalaman potong perlu dipertimbangkan pula gaya aksial, dan momen puntir yang diperlukan pada proses gurdi. Parameter proses gurdi tersebut adalah:



Gambar 9.21. Gambar skematis proses gudi *drilling*

1) Kecepatan potong:

$$v = \frac{\pi dn}{1000}; m / menit \dots\dots\dots (6.15)$$

2) Gerak makan (*feed*)

a. Untuk baja

$$f = 0,084\sqrt[3]{d}; mm / put \dots\dots\dots (6.16)$$

b. Untuk besi tuang

$$f = 0,1\sqrt[3]{d}; mm / put \dots\dots\dots (6.17)$$

3) Kedalaman potong:

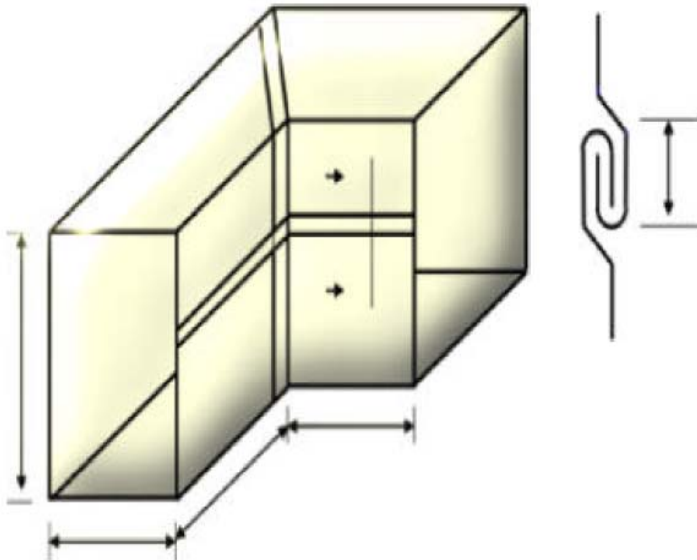
$$a = d / 2; mm \dots \dots \dots (6.18)$$

4) Waktu pemotongan

$$t_c = \frac{l_t}{2fn}; menit \dots \dots \dots (6.19)$$

5) Kecepatan penghasilan beram

$$Z = \frac{\pi d^2}{4} \frac{2fn}{1000}; cm^3 / menit \dots \dots \dots (6.20)$$



BAB 10

TEKNIK PEMBENTUKAN

A. Membaca dan Memahami Lembaran Kerja

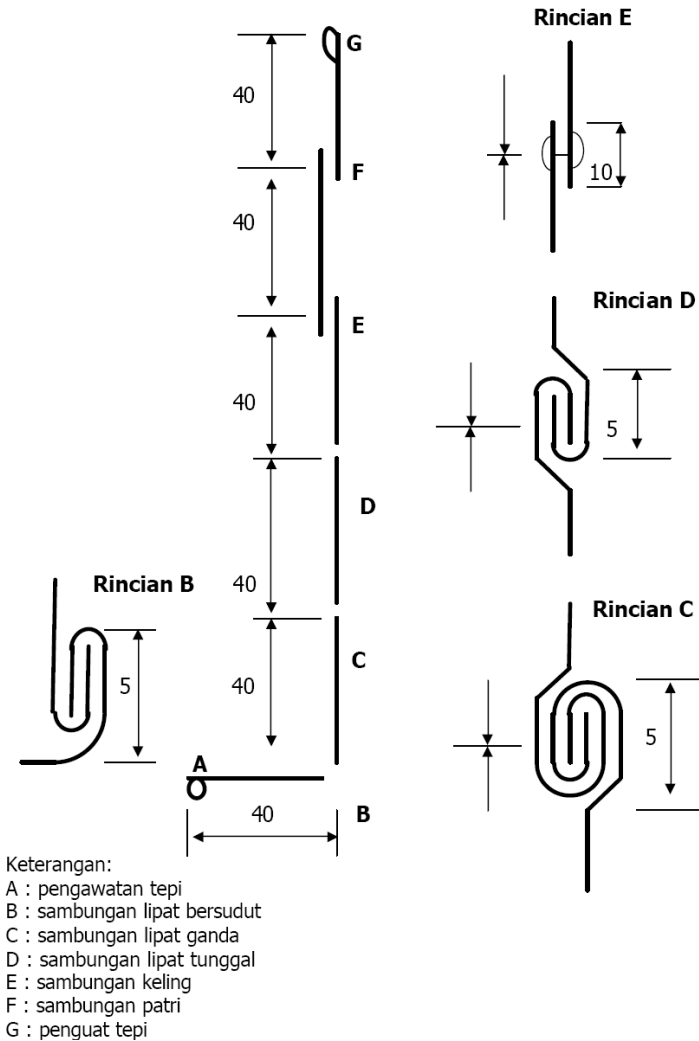
Jenis rakitan pada pekerjaan pelat dapat dibagi menjadi dua, yaitu rakitan tetap dan rakitan tidak tetap. Rakitan tetap adalah jenis rakitan yang tidak dapat dibongkar lagi. Jika salah satu komponen dari rakitan dibongkar maka rakitan akan mengalami kerusakan. Sedangkan rakitan tidak tetap adalah jenis rakitan yang dapat dibongkar pasang. Pada rakitan ini jika dikehendaki dibongkar tidak akan merusak komponen-komponen yang dirakit.

Rakitan tetap dapat dilakukan dengan cara menyambung pelat satu dengan pelat yang lain. Cara penyambungan yang dapat digunakan adalah dengan cara mengelas, mengeling, dan sambungan rapat atau sesak. Keuntungan rakitan tetap adalah sambungan cukup kuat dan jarang mengalami kerusakan dalam waktu dekat. Unjuk kerja rakitan lebih kuat dan mantap. Adapun kekurangannya adalah apabila salah satu komponen mengalami kerusakan tidak dapat diganti tanpa merusak yang lain, sehingga biaya perbaikan lebih mahal. Jenis sambungan yang dapat dimasukkan dalam sambungan las di antaranya adalah las busur listrik, las *brazing*, solder, dan sambungan adhesif. Las busur listrik yang digunakan adalah las listrik, las MIG, dan las TIG. Pada proses pengelasan dapat dilakukan dengan cara pengelasan panas atau pengelasan dingin. Ada berbagai macam cara pengelasan, misalnya: pengelasan tunggal, pengelasan ganda, dan sebagainya. Pada sambungan rapat maka dua buah benda kerja dapat disambung pada suhu yang tinggi, dan

pada waktu dingin benda yang satu akan menyusut sehingga dapat menyambung dengan sangat erat. Ada juga benda yang didinginkan sampai suhu minus setelah suhu biasa benda akan mengembang sehingga akan dipegang sangat erat oleh benda pasangannya.

Rakitan tidak tetap dapat dilakukan dengan cara menyambung benda yang akan dirakit dengan sambungan pasak, ulir, atau kunci. Pada rakitan ini benda kerja dapat dibongkar pasang tanpa merusak salah satu komponennya. Keuntungan sambungan ini adalah jika ada bagian yang rusak dapat diperbaiki. Selain itu sambungan seperti ini biayanya lebih murah. Adapun kekurangan dari rakitan tidak tetap adalah komponen-komponen mudah rusak sehingga perawatannya memerlukan biaya yang lebih mahal.

Macam-macam sambungan



Gambar 10.1. Macam-macam sambungan

B. Memilih dan Menggunakan Perlengkapan Perakitan Pelat dan Lembaran

Berbagai macam peralatan yang digunakan pada proses perakitan pelat terbagi dalam lima bagian yang penting yaitu: mesin-mesin yang berkaitan dengan pelat, pencekam atau ragum, peralatan kerja, peralatan pengukuran dan pelat pola.

Mesin-mesin yang ada pada pekerjaan perakitan pelat pada umumnya digunakan untuk memotong pelat. Ada mesin-mesin pemotong pelat yang digerakkan dengan motor listrik, tetapi ada juga yang digerakkan sistem tuas. Mesin yang digerakkan dengan motor listrik mempunyai kapasitas pemotongan tebal pelat yang lebih besar. Tebal pelat sampai dengan 6 mm yang terbuat dari bahan baja dapat dipotong dengan mesin ini. Sedangkan mesin dengan sistem tuas yang digerakkan dengan kekuatan tangan kapasitasnya hanya mencapai 2 mm. Mesin yang lain digunakan untuk mengerol pelat dan ada yang digunakan untuk menekuk pelat. Untuk menyambung dengan rakitan tetap biasanya menggunakan mesin bor. Selain itu bisa menggunakan sambungan las.

Pencekam atau ragum yang digunakan pada perakitan pelat ada beberapa macam misalnya: pencekam yang dipasang pada meja, pencekam yang dipasang pada mesin dan pencekam dengan nok. Pada umumnya pencekam memiliki jarak pencekaman tertentu, kadang-kadang mencapai ukuran lebar 200 mm dan panjang pencekaman 300 mm.

Pencekam digunakan memegang benda kerja agar mudah dikerjakan.

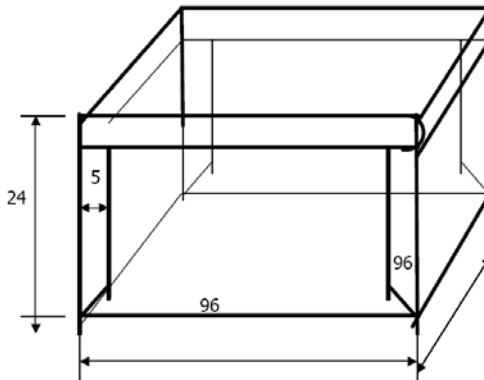
Peralatan kerja yang banyak digunakan pada perakitan pelat dapat dibagi menjadi beberapa grup, pertama peralatan untuk memotong, misalnya: pahat baja, gunting, dan bor. Kedua peralatan untuk memukul, misalnya: palu plastik, palu besi, dan alur perapat. Ketiga alat-alat landasan seperti landasan bundar, landasan persegi, landasan setengah lingkaran. Keempat peralatan untuk penekukan. Kelima peralatan untuk memegang, misalnya: ragum, tang. Keenam peralatan untuk menggambar, misalnya: penggores, mistar baja, jangka. Ketujuh peralatan untuk solder.

Peralatan pengukuran yang banyak digunakan pada perakitan pelat digunakan untuk membuat ukuran panjang, lebar, tinggi, diameter, radius, dan sebagainya. Keakuratan dalam penggambaran sangat ditentukan dengan alat-alat ukur yang disediakan. Alat-alat ukur yang banyak digunakan adalah mistar baja yang akurasinya dapat mencapai 0,5 mm. Panjang mistar baja mencapai 150 mm hingga 1.000 mm. Alat ukur yang lain adalah jangka sorong. Jangka sorong ini mempunyai keakuratan mencapai 0,1 mm tetapi ada yang dibuat hingga mencapai akurat 0,05 mm. Untuk mengukur sudut dapat digunakan penyiku untuk mengetahui ketegaklurusan suatu benda. Alat pengukur sudut yang lain adalah busur derajat.

Pelat pola digunakan untuk membantu dalam penggambaran pemotongan pelat dan pengeboran. Pelat pola ini dibuat dari bahan baja karbon dengan tebal 1,5 mm hingga 3

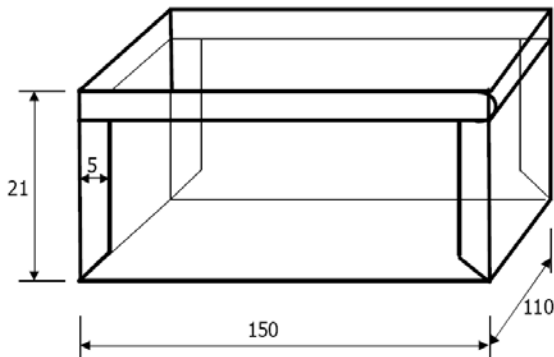
mm dan biasanya permukaannya dikeraskan. Bentuknya bermacam-macam, ada yang berbentuk segitiga sama kaki, trapesium, bulat, dan persegi panjang.

Kotak Persegi



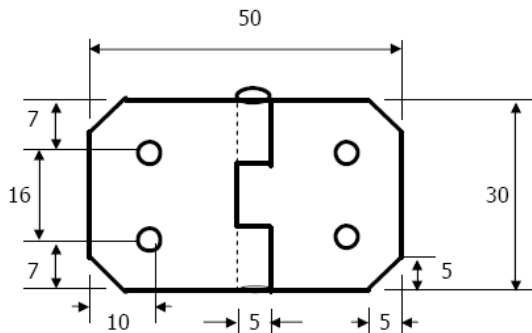
Gambar 10.2. Kotak persegi

Kotak Persegi Panjang



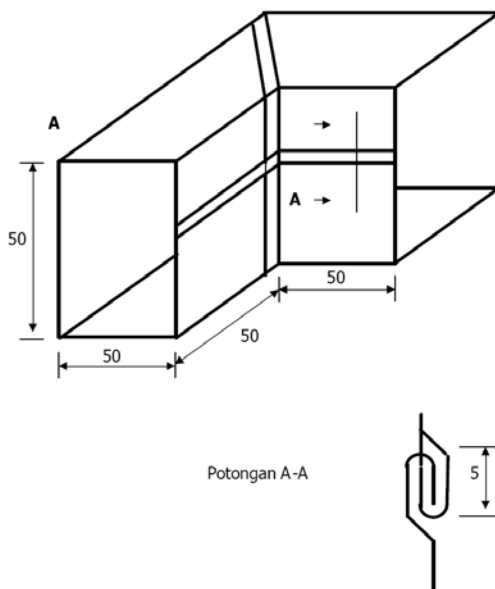
Gambar 10.3. Kotak persegi panjang

Engsel



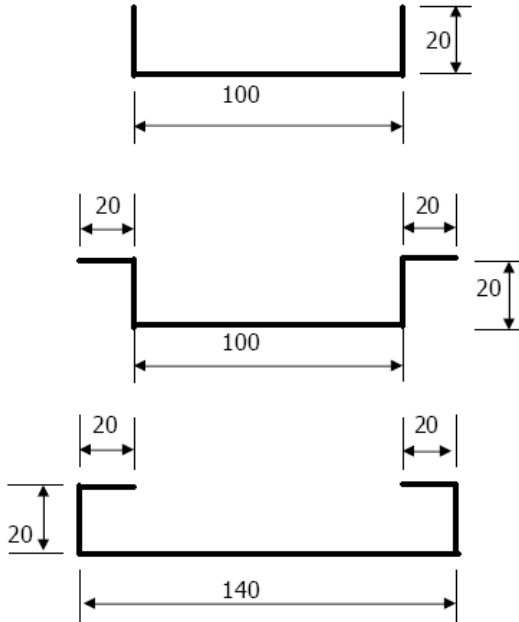
Gambar 10.4. Engsel

Sambungan Siku



Gambar 10.5. Sambungan ssiku

Penekukan Pelat



Gambar 10.6. Penekukan plat

C. Perakitan Fabrikasi

Pada waktu membuat benda kerja dalam bidang perakitan pelat harus menggunakan langkah-langkah atau urutan yang benar. Jika ada langkah yang mendahului maka benda kerja mungkin akan mengalami kegagalan, sehingga benda kerja tidak akan terbentuk sesuai dengan bentuk yang dikehendaki.

Apabila ingin diulangi maka harus melalui pembongkaran terlebih dahulu. Sedangkan pembongkaran

benda kerja itu kembali akan mengakibatkan rusaknya komponen yang dirakit. Walaupun pengulangan itu menghasilkan benda kerja namun bentuknya kurang sempurna. Untuk mengatasi kerusakan yang terjadi pada pekerjaan perakitan dapat digunakan model benda kerja.

Bahan model benda kerja ini biasanya dibuat dari bahan yang murah sebagai pengganti bahan aslinya. Benda kerja yang dibuat dari bahan pelat modelnya dapat menggunakan bahan kertas atau karton. Benda kerja yang akan dibuat digambar pada kertas karton selanjutnya dikerjakan dengan urutan atau prosedur tertentu. Setiap langkah pembuatan model benda kerja dari karton dicatat. Jika ada kegagalan dalam proses pembentukan model benda kerja maka dapat diulangi kembali dan mencatat langkah tersebut. Jika langkah-langkah sudah ditemukan maka benda kerja sesungguhnya dapat dibuat. Dengan demikian kerusakan atau kegagalan pembuatan benda kerja dapat dihindari.

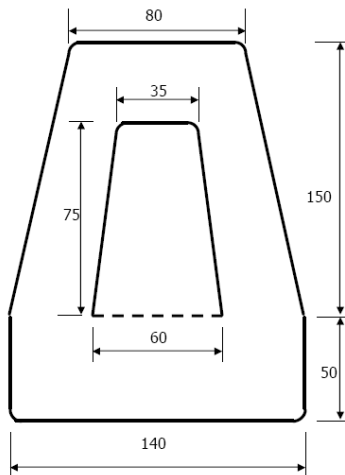
Benda kerja yang sudah dibuat dapat dilihat hasilnya dan dinilai atau diuji. Penilaian benda kerja meliputi kerapian bentuk, ukuran yang diminta, dan ketepatan waktu. Adapun nilai keseluruhannya dari suatu benda kerja dapat dirata-rata dari ketiga penilaian tersebut. Kerapian bentuk dapat dilihat dari garis penekukan, bagian utama benda kerja, dan bangun yang serasi. Garis penekukan yang baik adalah garis yang lurus dan tidak ada gelombang pada pelatnya. Bagian utama benda kerja dapat dilihat ada tidaknya cacat bekas pengerjaan. Adapun

bangun yang serasi dapat dilihat bentuk kesikuannya atau bangun geometrinya.

Ukuran yang diminta dapat diketahui dari pengukuran pada setiap bagian benda kerja. Untuk pekerjaan pelat toleransi ukuran dapat mencapai 0,2 mm. Jika ukuran benda kerja yang dibuat ukurannya lebih atau kurang 0,2 mm dari ukuran yang diminta maka ukuran benda kerja tersebut dapat dikatakan tidak berhasil. Sehingga secara keseluruhan pada ukuran tersebut akan mengurangi nilai total benda kerja itu.

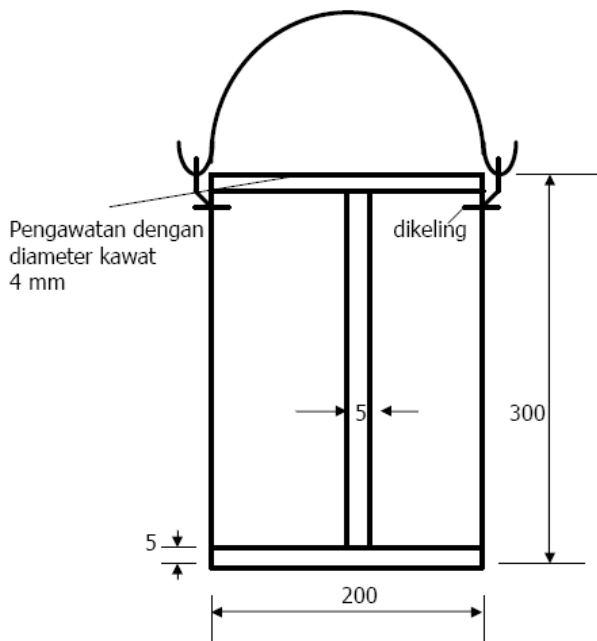
Ketepatan waktu dapat menggunakan standar normal berarti bagi yang dapat menyelesaikan benda kerja lebih cepat akan mendapat tambahan nilai. Sedangkan bagi yang terlambat akan mendapat pengurangan nilai.

Penahan Buku



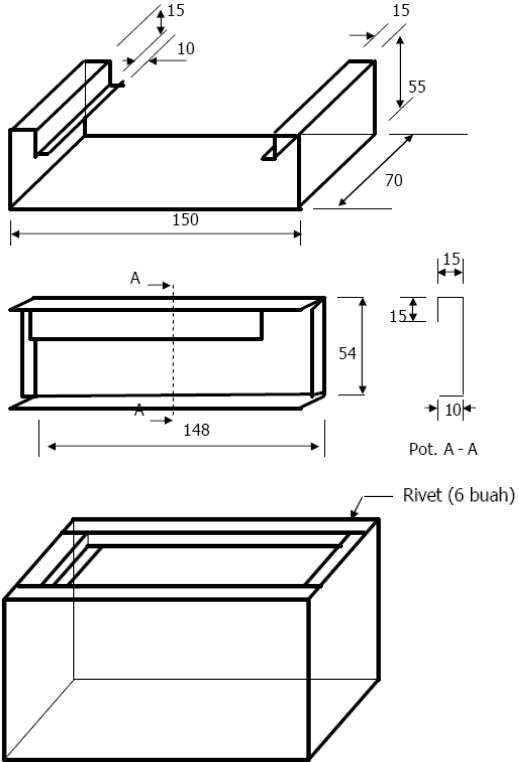
Gambar 10.7. Penahan buku

Kaleng



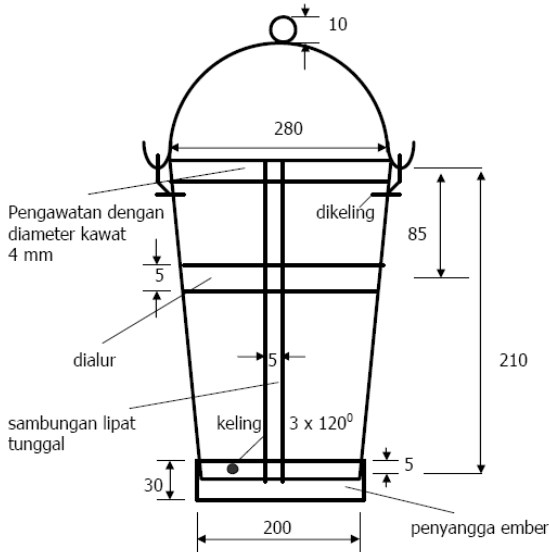
Gambar 10.8. Kaleng

Kotak



Gambar 10.9. Kotak

Ember



Gambar 10.10. Ember

D. Melindungi Hasil Perakitan dari Kerusakan

Untuk menangani benda kerja yang telah dibuat lebih lanjut maka harus dipikirkan keamanannya, karena benda kerja yang tidak ditangani lebih lanjut akan lebih cepat rusak. Kerusakan yang banyak terjadi pada benda kerja disebabkan oleh dua hal yang pokok. Yang pertama adalah penempatan, dan yang kedua adalah korosi atau berkarat.

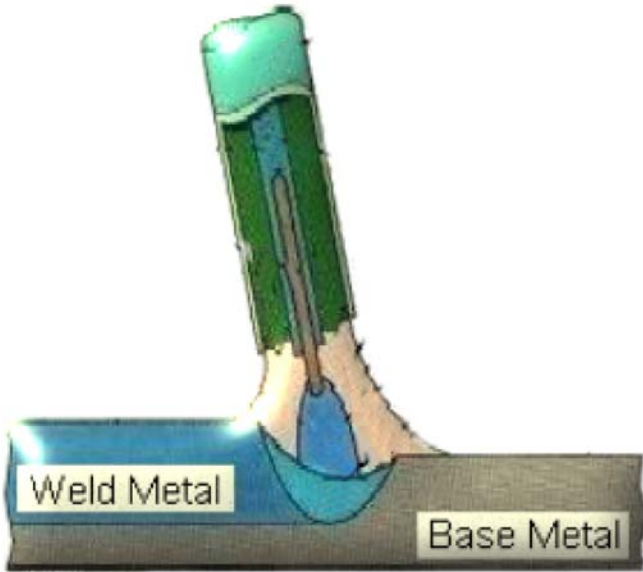
Penempatan benda kerja agar benda kerja aman dan tidak cepat rusak adalah penanganan lanjut yang penting dalam pembuatan benda kerja. Benda kerja tidak boleh

diletakkan pada tempat yang tidak semestinya. Benda-benda yang ringan tidak mungkin ditempatkan di bawah benda-benda yang berat, karena sistem penempatan yang demikian mengakibatkan rusaknya benda ringan yang berada di bawah benda-benda yang berat. Selain itu dalam penyimpanan harus diperhitungkan lalu-lalang benda kerja lainnya. Jangan sampai ada penempatan benda kerja yang berisiko rusak atau jatuh pada waktu mengadakan penyimpanan benda kerja lainnya. Peletakan benda kerja harus stabil dan diperhitungkan supaya tidak mudah jatuh.

Korosi atau karat adalah penyebab utama rusaknya benda kerja terutama bagi benda kerja yang dibuat dari bahan besi. Oleh sebab itu benda kerja harus dilindungi dari kemungkinan terjadinya korosi. Ada beberapa cara agar benda kerja tidak cepat terkena korosi, di antaranya adalah menjauhkan benda kerja dari sumber-sumber korosi dan melapisi benda kerja dengan zat yang dapat menahan korosi.

Penempatan benda

kerja dijauhkan dari sumber korosi misalnya dengan cara menjauhkan dari air, menempatkan pada ruang yang tidak lembap atau menutupi benda kerja dengan bahan-bahan antikorosi, misalnya plastik. Sedangkan melapisi benda kerja dengan zat antikorosi dapat dilakukan misalnya dengan mengecat benda kerja tersebut atau untuk benda kerja yang penting dapat menggunakan lapisan krom.



BAB 11

TEORI PENGELASAN

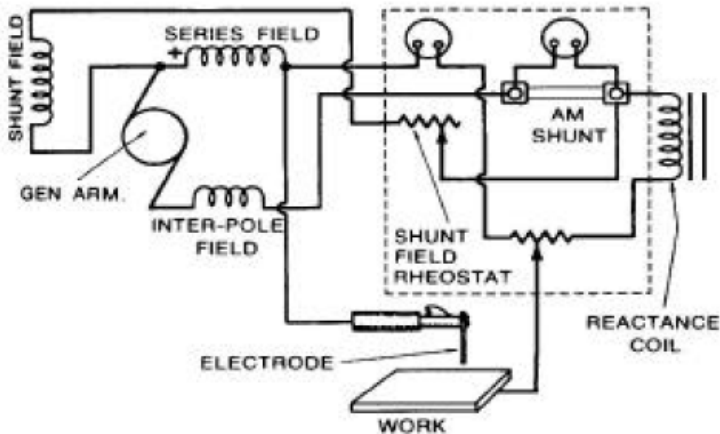
Mengelas dengan Proses Las Busur Metal Manual

A. Peralatan Pengelasan/Mesin Las dan Perlengkapan

1. Mesin las busur

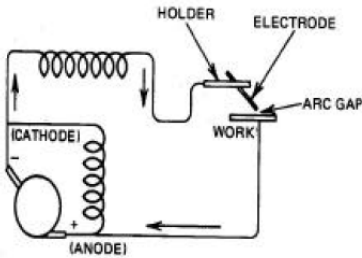
Las busur menggunakan panas dari proses loncatan listrik karena jarak antara satu konduktor listrik ke lainnya. Loncatan listrik ini terus-menerus dan terkonsentrasi menimbulkan panas sebesar 65.000 – 70.000 F. Dalam metode elektroda busur listrik pengelasan diproduksi antara base metal dan elektroda. Pengelasan ini mencairkan elektroda dan menyatu dengan base metal. Dua tipe dasar dari las busur ini adalah:

a. Menggunakan arus DC (*Direct Current*).

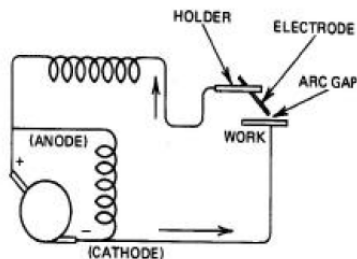


Gambar 11.1. Skema las busur dengan arus DC

Mesin las DC digerakkan oleh generator atau perubahan dari arus AC ke DC. Dua tipe mesin las DC yaitu (1) *Direct Current, Straight Polarity /DCSP* ketika base metal dihubungkan dengan kutub positif mesin dan holder elektroda dihubungkan dengan sisi negatif mesin. 2/3 panas disalurkan ke base metal dan 1/3 panas ke elektroda, digunakan untuk pengelasan penetrasi dalam, temperatur tinggi benda kerja. (2). *Direct current, Reverse Polarity/DCRP* ketika base metal dihubungkan dengan kutub negatif mesin dan holder elektroda dihubungkan dengan kutub positif mesin. 2/3 panas disalurkan ke elektroda dan 1/3 panas ke benda kerja.

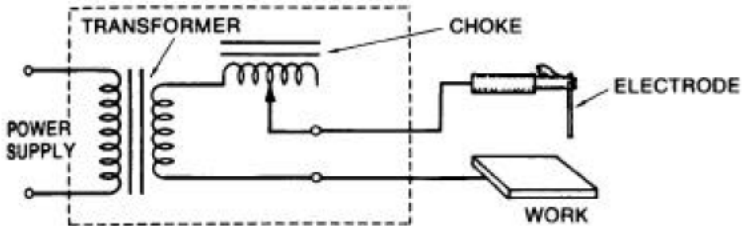


Gambar 11.2. Straight polarity



Gambar 11.3. Reverse polarity

b. Menggunakan arus AC (*Alternating Current*)



Gambar 11.4. Skema las busur dengan arus AC

Mesin las AC memperoleh busur nyala dari transformator, di mana dalam pesawat ini jaring-jaring listrik diubah menjadi arus bolak-balik oleh transformator yang sesuai dengan arus yang digunakan dalam pengelasan, pada mesin ini kabel las dapat dipertukarkan pemasangannya dan tidak memengaruhi perubahan temperatur pada busur nyala. 50% panas disalurkan ke elektroda dan 50% disalurkan ke base metal.

2. Elektroda

Elektroda las busur adalah elektroda batangan yang tergolong elektroda terumpan. Ada dua unsur dalam satu elektroda yaitu kawat dan fluks. Kawat berfungsi sebagai bahan tambah sedangkan fluks berfungsi sebagai pemantap busur, pelindung deposit logam dari pengaruh udara luar, pengatur penggunaan dan sebagai sumber paduan. Dalam penggunaan jenis elektroda disesuaikan dengan keperluan, berikut tabel pengelompokan elektroda:

Tabel 11.1. Spesifikasi elektroda terbungkus dari baja lunak (AWS)

Klasifikasi AWS/ASTM	Jenis Fluks	Posisi	Jenis Listrik	Kekuatan tarik (Kg / mm ²)	Kekuatan luluh (Kg / mm ²)	Perpanjangan (%)
E 6010	Natrium Selulosa tinggi	F, V, OH, H	DC+	43,6	35,2	22
E 6011	Lakium selulosa tinggi	F, V, OH, H	AC / DC+	43,6	35,2	22
E 6012	Natrium titania tinggi	F, V, OH, H	AC / DC-	47,1	38,7	17
E 6013	Kalium titania tinggi	F, V, OH, H	AC / DC±	47,1	38,7	17
E 6020	Oksida besi tinggi	H-S, F	AC / DC- / DC±	43,6	35,2	25
E 6027	Serbuk besi, Oksida tinggi	H-S, F	AC / DC- / DC ±	43,6	35,2	25
E 7014	Serbuk besi titania	F, V, OH, H	AC / DC±			17
E 7015	Natrium hidrogen rendah	F, V, OH, H	DC+			22
E 7016	Kalium hidrogen rendah	F, V, OH, H	AC / DC+	50,6	42,2	22
E 7018	Serbuk besi hidrogen rendah	F, V, OH, H	AC / DC+			22
E 7024	Serbuk besi, titania	H-S, F	AC / DC±			17
E 7028	Serbuk besi, hidrogen rendah	H-S, F	AC / DC+			22

Kekuatan tarik pada kelompok E 60 setelah dilaskan 60.000 PSI atau 2,2 kg/mm²

Kekuatan tarik pada kelompok E 70 setelah dilaskan 70.000 PSI atau 9,2 kg/mm²

3. Kabel

Kabel, jenis kabel yang digunakan harus memiliki kualitas tinggi, tahan lama, tahan panas, dan tidak mudah terbakar.

4. *Ground Klamp*

Ground klamp yang berfungsi menghubungkan mesin dengan benda kerja di mana di-*setting* dengan pegas agar dapat menjepit dengan mudah dan kuat.

5. Holder elektroda

Holder, adalah tempat untuk menjepit elektroda di mana dipasang bahan yang tahan panas untuk melindungi tangan pengelas.

6. Palu terak

Palu terak digunakan untuk membersihkan terak dari jalur pengelasan setelah selesai mengelas.

7. Sikat baja

Sikat baja digunakan untuk membersihkan hasil pengelasan agar tampak mengkilap dan dapat menjangkau bagian sambungan las yang paling sempit

8. Peralatan keselamatan kerja

Perlengkapan keselamatan kerja ini terdiri dari alat pelindung tubuh dari panas percikan las, dari sinar las dan dari bahaya arus listrik.

B. Pengsetan Mesin Las, Elektroda Sesuai dengan Prosedur dan Spesifikasi/Gambar Teknik

1. Prosedur pengsetan mesin las dan alat kelengkapan las busur metal manual.

Dalam melakukan pengsetan mesin las busur metal manual dapat dilakukan langkah-langkah penyetingan sebagai berikut:

- a. Siapkan semua komponen yang diperlukan.
- b. Siapkan semua peralatan bantu yang diperlukan

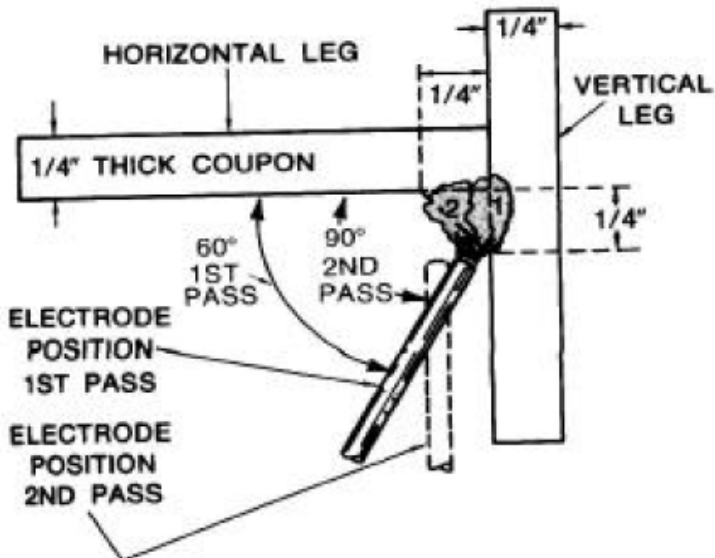
- c. Sambungkan kabel *ground* pada dudukan *ground* mesin.
(gunakan peralatan yang sesuai)
 - d. Sambungkan kabel *holder* elektroda pada dudukan elektroda mesin.
 - e. Sambungkan *ground* klem pada meja las dan gantungkan *holder* elektroda. (pastikan holder tergantung dan tidak ada hubungan dengan meja las/*ground* mesin las).
 - f. Atur penggunaan arus yang sesuai dengan jenis pengelasan yang akan dilakukan sesuai standar operasional.
 - g. Tentukan jenis elektroda yang akan digunakan sesuai standar.
 - h. Siap untuk melakukan pengelasan.
2. Pemilihan jenis elektroda yang digunakan dalam pengelasan sambungan sudut (*fillet*) posisi di atas kepala dan sambungan tumpul semua posisi dapat dilihat pada tabel klasifikasi elektroda.

C. Pengelasan Sambungan Sudut di Atas Kepala

Teknik pengelasan sambungan *fillet* (T) posisi di atas kepala dapat dilakukan dengan atau tanpa ayunan. Untuk latihan dengan tebal pelat $\frac{1}{4}$ " (6,4 mm) tidak perlu dilakukan pembuatan sudut alur, karena ketebalan plat tidak besar. Jalur pertama pengelasan elektroda berada pada sudut 60° dari

posisi horizontal pelat kemudian jalur kedua pada sudut 60° dari posisi vertikal pelat. Jalur kedua harus menyatu/melebur dengan jalur pertama dan pelat horizontal. Ukuran dari manik las tidak lebih dari 6,4 mm. Untuk ketebalan pelat mencapai $3/8"$ (9,5 mm) dilakukan dalam 3 jalur pengelasan dan jika tebal pelat lebih dari $1/2"$ (12,7 mm) dilakukan sampai 6 jalur pengelasan. Dalam pengelasan sambungan *fillet* dengan tebal pelat antara 6,4mm sampai 9,5 mm dapat dilakukan satu jalur dengan ayunan melingkar. Untuk tipe ayunan ini posisi elektroda 15° dari garis vertikal.

Elektroda yang digunakan dalam pengelasan *fillet* di atas kepala ini adalah tipe E 6010 dengan diameter 4 mm dan pengaturan arus sebesar 100-120 A.



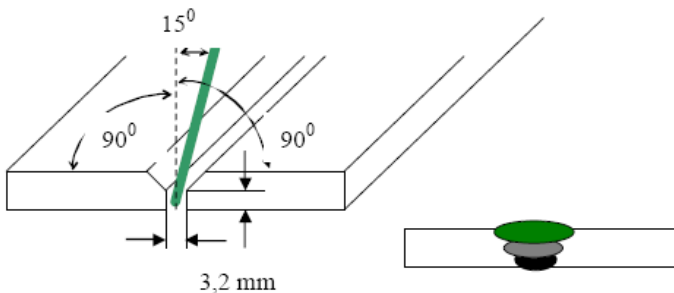
Gambar 11.5. Pengelasan sambungan sudut atas kepala

D. Pengelasan Sambungan Tumpul Semua Posisi

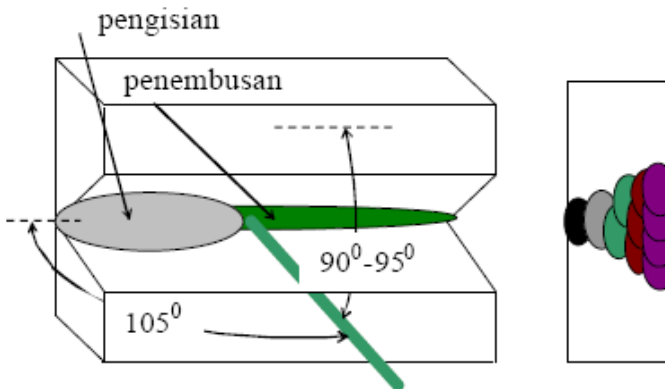
1. Prosedur pengelasan sambungan tumpul posisi di bawah tangan.
 - a. Buat bevel ujung kedua pelat dengan sudut 35^o dan gerinda ujung lancip 3,2 mm. (buat *rootgap* 3,2 mm).
 - b. *Tackweld* kedua ujung pelat dalam posisi di bawah tangan sehingga membentuk kampuh V.
 - c. Mulai pengelasan dari sisi kiri kampuh, buat penembusan dengan elektroda 3,2 mm E6010 dengan arus yang digunakan antara sebesar 95 – 110 A, gunakan ayunan melingkar dengan tetap menjaga adanya lubang kunci guna memberikan penembusan yang sempurna. (penetrasi harus sempurna di semua sisi sambungan)
 - d. Jika penembusan sempurna maka lakukan pengelasan berikutnya dengan 4 mm E 7018 dengan besar arus sebesar antara 100 – 130 A. Buat beberapa kali pengelasan dengan metode *single pass* atau *multiple pass* untuk memenuhi kampuh V dengan tanpa cacat pengelasan.
2. Prosedur pengelasan sambungan tumpul posisi horizontal.
 - a. Lakukan prosedur persiapan sampai tahapan pengikatan di kedua ujung sambungan kemudian atur kedudukan pelat pada posisi horizontal
 - b. Mulai pengelasan dari sisi kiri kampuh, buat penembusan dengan elektroda 3,2 mm E6010 dengan

arus yang digunakan antara sebesar 95 – 110 A, gunakan ayunan melingkar dengan memberikan waktu lebih lama pada saat ayunan berada pada posisi di atas dan tetap menjaga adanya lubang kunci guna memberikan penembusan yang sempurna. (penetrasi harus sempurna disemua sisi sambungan)

- c. Jika penembusan sempurna maka lakukan pengelasan berikutnya dengan 4 E 7018 dengan besar arus sebesar antara 100 – 130 A. Buat beberapa kali pengelasan dengan metode *multiple pass* untuk memenuhi kampuh V dengan tanpa cacat pengelasan.

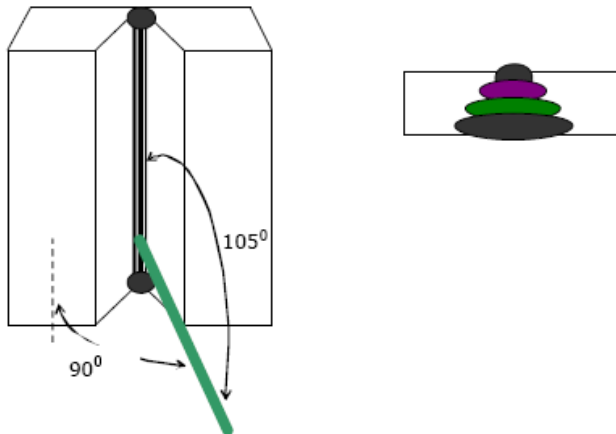


Gambar 11.6. Mengelas sambungan tumpul posisi di bawah tangan



Gambar 11.7. Mengelas sambungan tumpul posisi horizontal

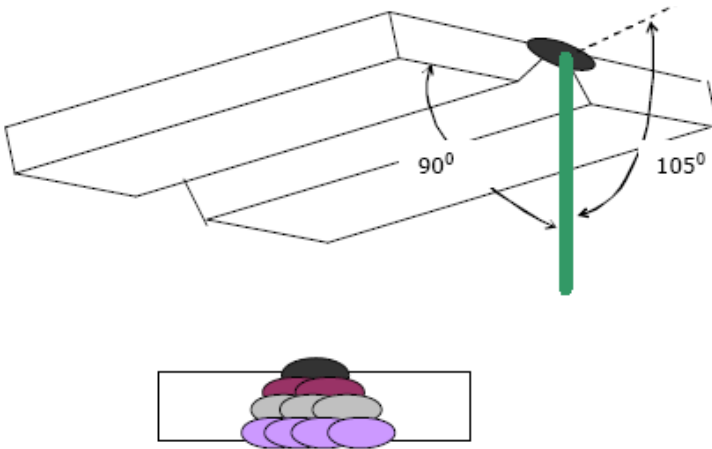
3. Prosedur pengelasan sambungan tumpul posisi vertikal.
 - a. Lakukan prosedur persiapan sampai tahapan pengikatan di kedua ujung sambungan kemudian atur kedudukan pelat pada posisi vertikal.
 - b. Mulai pengelasan dari sisi kiri kampuh, buat penembusan dengan elektroda 3,2 mm E6010 dengan arus yang digunakan antara sebesar 95 – 110 A, gunakan ayunan melingkar atau U dengan tetap menjaga adanya lubang kunci guna memberikan penembusan yang sempurna. (penetrasi harus sempurna disemua sisi sambungan)
 - c. Jika penembusan sempurna maka lakukan pengelasan berikutnya dengan 4 E 7018 dengan besar arus sebesar antara 100 – 130 A. Buat beberapa kali pengelasan dengan metode single pass untuk memenuhi kampuh V dengan tanpa cacat pengelasan.



Gambar 11.8. Mengelas sambungan tumpul posisi vertikal

4. Prosedur pengelasan sambungan sudut posisi di atas kepala.
 - a) Lakukan prosedur persiapan sampai tahapan pengikatan di kedua ujung sambungan kemudian atur kedudukan pelat pada posisi di atas kepala.
 - b) Mulai pengelasan dari sisi kiri kampuh, buat penembusan dengan elektroda 3,2 mm E6010 dengan arus yang digunakan antara sebesar 95 – 110 A, gunakan penetrasi penuh. (penetrasi harus sempurna disemua sisi sambungan)
 - c) Jika penembusan sempurna maka lakukan pengelasan berikutnya dengan 4 E 7018 dengan besar arus sebesar antara 100 – 130 A.

Buat beberapa kali pengelasan dengan metode single pass atau *multiple pass* untuk memenuhi kampuh V dengan tanpa cacat pengelasan.



Gambar 11.9. Mengelas sambungan tumpul posisi di atas kepala

E. Pemeriksaan Kerusakan/Cacat Las Secara Visual

Tabel 11.2. Kriteria Pengujian Hasil Las Busur

Pengujian Hasil Las	
Pengujian Tidak Merusak (NDT)	Pengujian Merusak (DT)
Uji Visual	Uji Mekanik
Uji Radiografi	Uji Metalografi
Uji Cairan Penembus	Uji analisis Kimia
Uji Ultrasonic	
Uji Magnetic	

Pengujian/pemeriksaan secara visual yaitu melakukan pemeriksaan hasil sambungan las dengan mengamati cacat-cacat las pada permukaan sambungan las menggunakan kemampuan penglihatan mata sehingga hanya cacat las bagian luar saja yang dapat diidentifikasi. Contoh cacat las yang dapat diidentifikasi antara lain:

1. *Undercut*/tarik las terjadi pada bahan dasar, atau penembusan pengelasan tidak terisi oleh cairan las, akan mengakibatkan retak.
Penyebabnya adalah:
 - a. kelebihan panas
 - b. kelebihan kecepatan pengelasan, sehingga tidak cukup bahan tambah mengisi cairan las.
 - c. kelebihan kecepatan ayunan
 - d. sudut dari elektroda yang tidak benar.

Cara pencegahannya:

- a. kurangi arus
 - b. kecepatan pengelasan diperlambat, maka cairan las dapat mengisi dengan lengkap pada daerah luar bahan dasar
 - c. periksa sudut elektroda pengelasan.
2. *Incomplete Fusion* terjadi ketika cairan las tidak bersenyawa dengan bahan dasar atau lapisan pengelasan sebelumnya dengan lapisan yang baru dilas.

Penyebabnya adalah:

- a. Kelebihan kecepatan pengelasan yang menyebabkan hasil lasan cembung pada manik las.
- b. Arus terlalu kecil
- c. Persiapan pengelasan yang buruk seperti terlalu sempit *rootgap*.

Cara pencegahannya:

- a. naikkan arus
 - b. kecepatan pengelasan diperlambat,
 - c. periksa sudut elektroda pengelasan.
 - d. Lebarkan celah/*rootgap*
3. *Overlapping* adalah tonjolan cairan las yang keluar melebihi bibir kampuh.

Penyebabnya adalah:

- a. Terlalu lambat kecepatan pengelasan.
- b. Api terlalu kecil
- c. Sudut dari brander dan bahan tambah yang tidak benar.

Cara pencegahannya:

- a. kecepatan pengelasan dipercepat
 - b. pergunakan sudut elektroda yang benar saat pengelasan.
 - c. naikkan arus
4. *Crater*/kawat pengelasan adalah bagian yang dangkal pada permukaan las ketika pengelasan berhenti disebabkan oleh cairan las yang membeku setelah pengelasan berhenti, dapat menyebabkan retak bahkan sampai ke bahan dasar. Pencegahannya dapat dilakukan dengan memberikan waktu pengelasan yang agak lama pada daerah tersebut sebelum mengakhiri pengelasan.

I. Mengelas dengan Proses Las Oksi-Asetilen

A. Peralatan Kerja dan Bahan untuk Proses Pengelasan

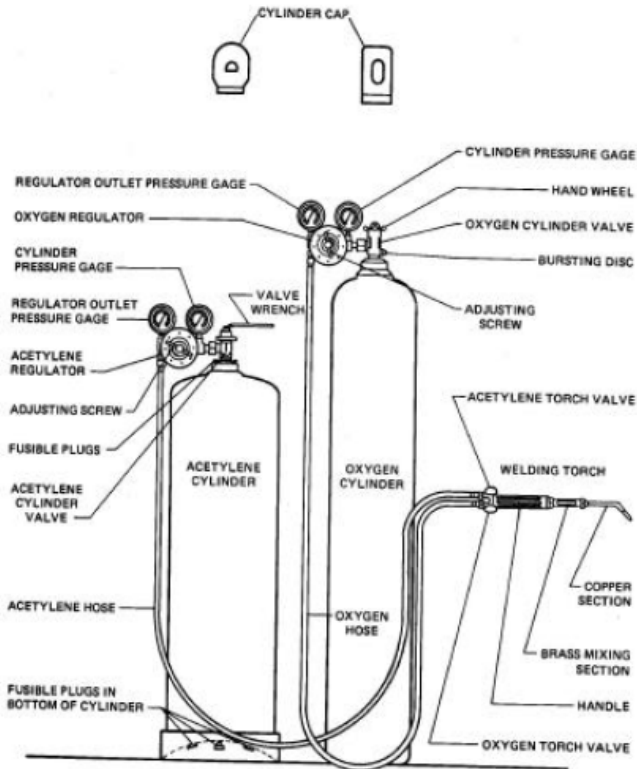
Prinsip dasar las oksi-asetilen adalah ketika gas asetilen dibakar dalam proporsi yang sesuai dengan oksigen akan timbul nyala api yang cukup panas untuk melumerkan logam, proporsi campurannya adalah 1 bagian asetilen dan 2,5 bagian oksigen.

Berikut adalah peralatan yang digunakan:

1. Silinder oksigen, biasanya berwarna hijau atau biru terbuat dari satu pelat kualitas tinggi yang kuat dan ulet, mampu menampung 224 feet³ tekanan 2.200 psi dalam suhu 700 F.
2. Tutup penahan katup untuk melindungi dari kerusakan saat silinder dipindahkan atau kejadian di luar kendali.
3. Katup silinder oksigen terletak di ujung atas silinder berguna untuk membuka atau menutup keluarnya oksigen sesuai keperluan, dalam katup ini terdapat lubang pengaman di mana jika temperatur naik maka tekanan akan naik, tekanan akan dikurangi lewat pengaman ini.
4. Silinder asetilen, tekanan dalam tabung ini tidak setinggi tabung oksigen, asetilen terbuat dari campuran air dan

- kalsium karbida, mampu bakarnya sangat tinggi jika dicampur dengan oksigen menimbulkan panas sekitar 58.000 – 63.000 F.
5. Katup silinder asetilen terletak di ujung atas berguna membuka atau menutup keluarnya asetilen juga terdapat pengaman yang akan mencegah terjadinya ledakan karena tekanan panas dari dalam silinder.
 6. Regulator oksigen, di mana tabung oksigen penuh tekanannya adalah 2.200 psi, untuk mengelas tidak memungkinkan dengan tekanan sebesar itu maka perlu regulator. Regulator dibuat 2 buah, satu melihat tekanan silinder satu lagi tekanan yang digunakan pada *brander/torch*. Regulator oksigen mampu menahan tekanan sebesar 3.000 psi.
 7. Regulator asetelen, sama seperti regulator oksigen tetapi ada 2 perbedaan yaitu: regulator ini menggunakan jenis ulir kiri dan ini penting diperhatikan untuk menghindari kerusakan, kemudian kemampuan regulator ini lebih kecil dari regulator oksigen yaitu dibuat sampai 500 psi, tekanan kerja dibuat maksimum 15 psi.
 8. Torch yaitu tempat bercampurnya oksigen dan asetilen dalam proporsi yang sesuai untuk pengelasan. Ada dua katup untuk mengatur pencampuran gas. Ada dua jenis ulir yaitu ulir kiri untuk asetilen dan kanan untuk oksigen.
 9. *Weld tip*, beda ukuran tips disesuaikan dengan *torch*, terdapat pencampur dan lubang untuk memberikan ukuran nyala api yang berbeda-beda.

10. *Hoses/selang*, dibuat spesial mampu manahan tekanan tinggi, dibuat dalam ukuran 3/16", 1/4", 3/8", and 1/2". Selang oksigen berwarna hijau/biru dan memiliki ulir kanan sedangkan selang asetelin berwarna merah dengan ulir kiri.

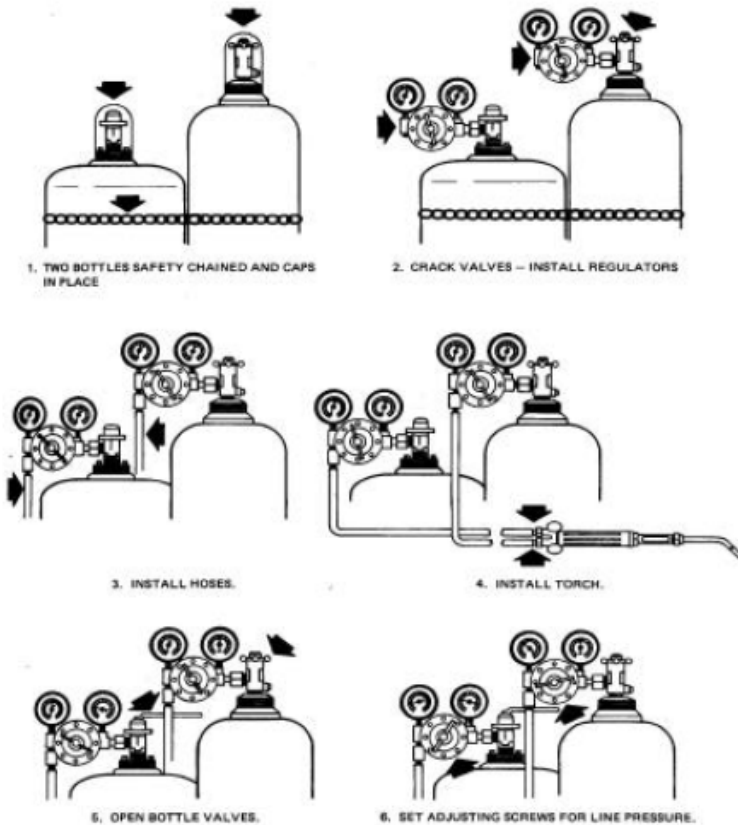


Gambar 11.10. Komponen las oksasi-asetilen

B. Pengesetan Komponen Peralatan Menggunakan Alat, Bahan, dan Prosedur yang Sesuai

Prosedur pengesetan:

1. Siapkan tabung oksigen dan asetilen, pasang padaudukan ikat, dan pastikan dalam posisi yang benar.
2. Buka tutup tabung oksigen, simpan tutup tersebut.
3. Pasang regulator oksigen, gunakan kunci pas. (Tabung oksigen dan regulator menggunakan jenis ulir kanan, kencangkan baut secukupnya tetapi jangan dipaksa karena bisa merusak ulir).
4. Buka tutup tabung asetilen, simpan tutup tersebut kemudian pasang regulator (jenis ulir kiri).
5. Pasang selang hijau untuk oksigen dan merah untuk asetilen. (pasang dan kencangkan pengikat tapi jangan terlalu keras/paksa karena bisa merusak ulir).
6. Buka katup tabung oksigen pelan-pelan sampai ada sebagian kecil masuk dan memberi tanda pada *gauge* kemudian buka sepenuhnya, putar baut pengatur ke kanan hingga ada terlihat tekanan kecil yang akan membersihkan kotoran pada selang. Putar baut pengatur ke kiri dan atur tekanan yang digunakan (buka pelan-pelan untuk menghindari kerusakan akibat tekanan berlebihan).



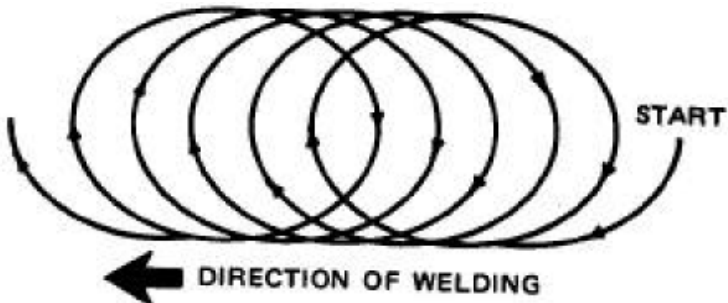
Gambar 11.11. Pengesetan peralatan las oksasi-asetilen

7. Buka katup tabung asetilen pelan-pelan sampai ada sebagian kecil masuk dan memberi tanda pada *gauge* kemudian buka 1,5 putaran, putar baut pengatur tekanan hingga ada terlihat tekanan kecil yang akan membersihkan kotoran pada selang. Putar baut pengatur ke kiri dan atur tekanan yang digunakan. (asetelen bahan mudah terbakar

- pastikan jauh dari api saat membuka jangan membuka lebih dari 1,5 putaran).
8. Pasang *torch* di ujung kedua selang. (asetilen menggunakan ulir kiri)
 9. Pastikan *torch* tertutup, atur tekanan kerja sebesar 10 *pound* terlihat pada penunjuk oksigen dan asetilen.
 10. Periksa semua sambungan dengan cairan air sabun, bila ada gelembung gas terjadi kebocoran maka kencangkan.

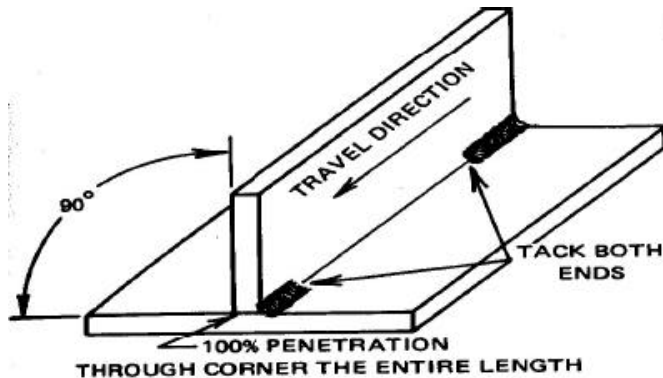
C. Pengelasan Sambungan Sudut (FILLET)

1. *Fillet weld* atau sambungan T di mana dua pelat disambung membentuk sudut 90° , pengelasan dilakukan pada sudut bagian dalam. Untuk mendapatkan sambungan yang sempurna pada jenis sambungan ini paling sulit dilakukan. Penetrasi harus dibuat sepenuhnya sampai ke sudut untuk memastikan sambungan memiliki kekuatan penuh. Perlu diperhatikan arah dan sudut pengelasan karena sudut yang terbentuk dapat menimbulkan panas yang berlebih pada ujung *brander* yang bisa menimbulkan nyala balik. Selain itu akibat dari tekanan oksigen yang berlebih akan menimbulkan letupan yang akan mengeluarkan cairan las keluar dari jalur pengelasan untuk itu dapat dilakukan pencegahan dengan menggunakan tekanan gas yang lebih kecil atau mengganti ukuran lubang *brander*.
2. Gerakan ayunan *brander* yang baik untuk mendapatkan penetrasi penuh adalah seperti gambar berikut :



Gambar 11.12. Gerakan ayunan pengelasan sudut

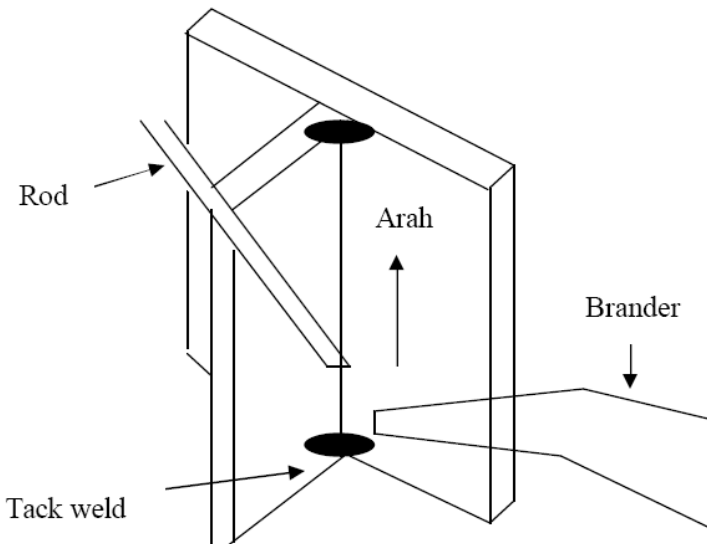
3. Dalam pengelasan sambungan sudut ada kecenderungan terjadinya *undercutting* akibat dari pengaruh gaya gravitasi yang menyebabkan cairan las pada bagian vertikal benda kerja mempunyai kecenderungan untuk jatuh, untuk itu perlu diperhatikan gerakan dari ayunan *brander* dan pemberian bahan tambah yang lebih lama untuk memberikan kesempatan benda kerja mengisi cairan tersebut dengan sempurna.
4. Prosedur pengelasan sambungan sudut (*fillet*) posisi mendatar.
 - a. Siapkan benda kerja yang akan dikerjakan.
 - b. Posisikan pelat membentuk sudut 90° terhadap plat yang satu kemudian lakukan las ikat di kedua ujungnya seperti gambar berikut:



Gambar 11.13. Prosedur pengelasan sambungan sudut posisi mendatar

- c. Lakukan pengelasan dengan sudut brander $40^{\circ} - 50^{\circ}$ dan rod $30^{\circ} - 40^{\circ}$ dari bidang horizontal dimulai dari sisi kanan, panaskan sambungan sampai berwarna merah dan mencair dengan gerakan ayunan melingkar kemudian tambahkan bahan tambah.
 - d. Bahan tambah harus tepat berada pada posisi di tengah cairan (*puddle*) untuk menghindari terjadinya *undercutting*.
 - e. Panas berlebih akan merusak benda kerja dan arah sudut pemanasan tidak boleh tepat di tengah sudut karena akan memberikan panas berlebih pada ujung *brander*/tip.
5. Prosedur pengelasan sambungan sudut (*fillet*) posisi vertikal.

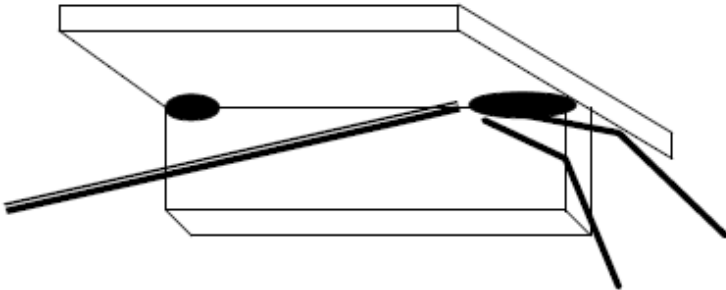
- a. Lakukan persiapan seperti pada pengelasan posisi mendatar.
- b. Posisikan benda kerja seperti berikut:
- c. Lakukan pengelasan dimulai dari bawah ke atas dengan sudut brander 45° - 55° dan sudut rod adalah 30° dari bidang vertikal.
- d. Tahan agar pemanasan mengarah ke atas sejalur dengan sambungan karena pemanasan awal membantu penetrasi.
- e. Konsentrasi pada perolehan 100% penetrasi dan jaga penampilan manik-manik yang dihasilkan agar diperoleh hasil pengelasan yang baik.



Gambar 11.14. Prosedur pengelasan sambungan sudut posisi vertikal

6. Prosedur pengelasan sambungan sudut (*fillet*) posisi di atas kepala.

Dalam pengelasan sambungan sudut (*fillet*) posisi di atas kepala teknik yang digunakan adalah sama dengan posisi mendatar hanya posisi sambungan berada di bawah benda kerja yang disambung. Arah nyala api berada pada posisi di atas kepala sehingga memerlukan keterampilan dan konsentrasi yang tinggi guna menjaga agar cairan tidak jatuh.



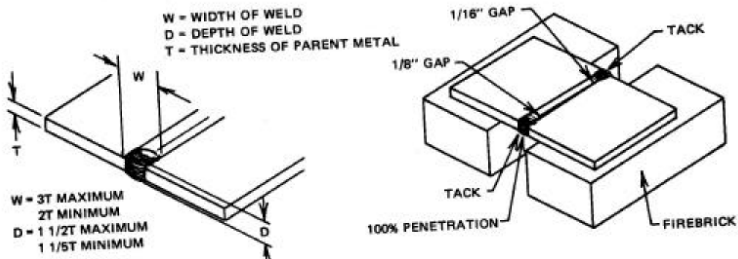
Gambar 11.15. Mengelas sambungan sudut posisi di atas kepala

D. Pengelasan Sambungan Tumpul

Sebelum melaksanakan pengelasan pada posisi mendatar, tegak dan di atas kepala perlu diperhatikan hal-hal terkait berikut:

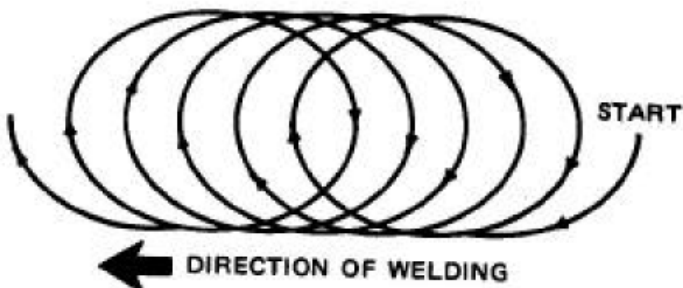
1. *Gapping*, sangat perlu diperhatikan dalam pengelasan sambungan tumpul yaitu celah/gap antara dua pelat yang akan disambung. Pada awal permulaan pengelasan beri celah sebesar $1/16''$ dan di akhir pengelasan beri celah

sebesar $1/8"$. Pengikatan yang dilakukan harus benar-benar kuat.



Gambar 11.16. Celah untuk pengelasan

2. *Keyhole*/lubang kunci, dibuat awal pengelasan guna memberikan penetrasi sehingga terjadi peleburan yang sempurna antara dua benda kerja yang disambung.
3. Gerakan ayunan untuk pengelasan oksasi-asetilen yang baik untuk mendapatkan penetrasi yang baik adalah seperti gambar berikut:

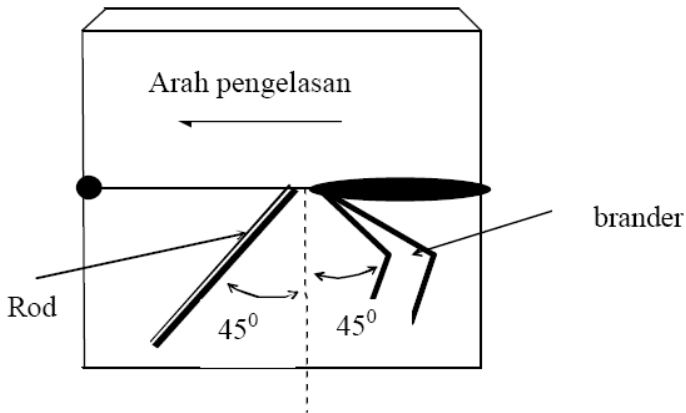


Gambar 11.17. Gerakan ayunan pengelasan

4. Sudut *brander* dan bahan tambah terhadap benda kerja perlu mendapat perhatian karena sangat memengaruhi hasil las. Demikian juga dengan gerakan ayunan *brander* perlu diperhatikan.

5. Sambungan tumpul posisi mendatar.

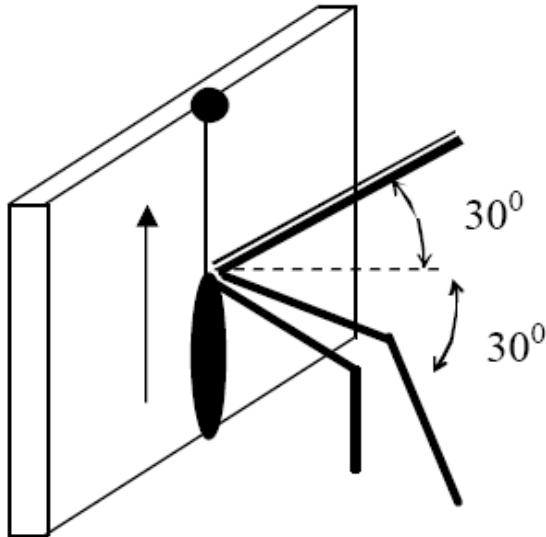
Dalam pengelasan horizontal teknik pengelasan yang banyak digunakan adalah *forehand* di mana dapat dihasilkan bentuk manik dan penetrasi penyambungan yang baik. Pengelasan horizontal dimulai dari kanan ke kiri dengan sudut bahan tambah dan *brander* adalah berkisar 45° . Las oksasi-asetilen dapat menghasilkan manik las yang baik dalam satu *pass*. Jika kawah las menjadi terlalu cair, cenderung jatuh sebelum mengeras dari sambungan akibat gaya berat. Untuk mengatasi ini gunakan *brander* dan bahan tambah sama seperti posisi felat tetapi beri kesempatan cairan mengeras dengan mengangkat *brander* bersama bahan tambah dari cairan, lakukan gerakan itu secara kontinu.



Gambar 11.18. Arah pengelasan

6. Sambungan tumpul posisi vertikal

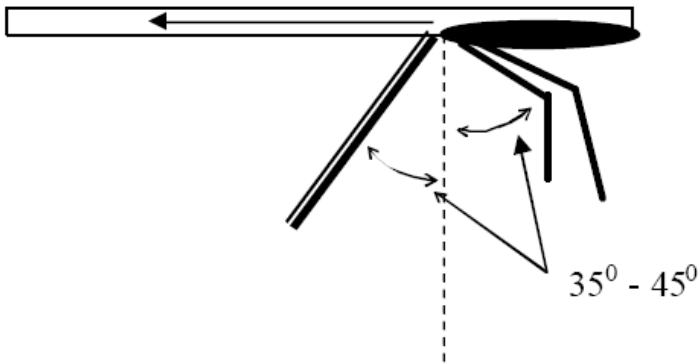
Teknik gerakan kanan sering digunakan dalam pengelasan vertikal. Bahan tambah diarahkan ke kawah las dengan sudut berkisar 30° dari horizontal, sama dengan *brander* tetapi dari arah berlawanan. Pengelasan dilakukan dari bawah ke atas untuk menjaga cairan pada kawah las tetap pada jalur sambungan dari pengaruh gaya beratnya. Gerakan ayunan sama dengan pengelasan pelat.



Gambar 11.19. Sambungan tumpul posisi vertikal

7. Sambungan tumpul posisi di atas kepala.

Pengelasan di atas kepala dianjurkan menggunakan teknik kanan di mana dengan teknik ini jalur sambungan las tidak akan terhalang sehingga pengelas dapat dengan jelas melihat jalur pengelasan. Sudut *brander* dan bahan tambah dibuat berbeda agar pengelas dapat melihat tanpa terbakar oleh bunga api yang jatuh.



Gambar 11.20. Sambungan tumpul posisi di atas kepala

E. Pemeriksaan Kerusakan/Cacat Las Secara Visual

Tabel 11.3. Kriteria pengujian hasil las oksasi-asetilen

Pengujian Hasil Las	
Pengujian Tidak Merusak (NDT)	Pengujian Merusak (DT)
Uji Visual	Uji Mekanik
Uji Radiografi	Uji Metalografi
Uji Cairan Penembus	Uji analisis Kimia
Uji Ultrasonic	
Uji Magnetic	

Pengujian/pemeriksaan secara visual yaitu melakukan pemeriksaan hasil sambungan las dengan mengamati cacat-cacat las pada permukaan sambungan las menggunakan

kemampuan penglihatan mata sehingga hanya cacat las bagian luar saja yang dapat diidentifikasi. Contoh cacat las yang dapat diidentifikasi antara lain:

1. *Undercut*/tarik las terjadi pada bahan dasar, atau penembusan pengelasan tidak terisi oleh cairan las, akan mengakibatkan retak.

Penyebabnya adalah:

- a. kelebihan panas
- b. kelebihan kecepatan pengelasan, sehingga tidak cukup bahan tambah mengisi cairan las.
- c. kelebihan kecepatan ayunan
- d. sudut dari brander dan bahan tambah yang tidak benar.

Cara pencegahannya:

- a. kurangi tekanan gas
 - b. kecepatan pengelasan diperlambat, maka cairan las dapat mengisi dengan lengkap pada daerah luar bahan dasar.
 - c. periksa sudut brander maupun bahan tambah saat pengelasan.
2. *Incomplete Fusion* terjadi ketika cairan las tidak bersenyawa dengan bahan dasar atau lapisan pengelasan sebelumnya dengan lapisan yang baru dilas.

Penyebabnya adalah:

- a. Kelebihan kecepatan pengelasan yang menyebabkan hasil lasan cembung pada manik las.
- b. Tekanan api yang terlalu kecil

- c. Persiapan pengelasan yang buruk seperti terlalu sempit rootgap.

Cara pencegahannya:

- a. naikkan tekanan gas
 - b. kecepatan pengelasan diperlambat,
 - c. periksa sudut *brander* maupun bahan tambah saat pengelasan.
 - d. Lebarkan celah/*rootgap*
3. *Overlapping* adalah tonjolan cairan las yang keluar melebihi bibir kempuh.

Penyebabnya adalah:

- a. Terlalu lambat kecepatan pengelasan.
- b. Api terlalu kecil
- c. Sudut dari *brander* dan bahan tambah yang tidak benar.

Cara pencegahannya:

- a. kecepatan pengelasan dipercepat
 - b. pergunakan sudut *brander* maupun bahan tambah yang benar saat pengelasan.
 - c. Naikkan tekanan gas
4. *Crater*/kawat pengelasan adalah bagian yang dangkal pada permukaan las ketika pengelasan berhenti disebabkan oleh cairan las yang membeku setelah pengelasan berhenti, dapat menyebabkan retak bahkan sampai ke bahan dasar. Pencegahannya dapat dilakukan dengan memberikan waktu pengelasan yang agak lama pada daerah tersebut sebelum mengakhiri pengelasan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alois Schonmetz. 1985. *Pengerjaan Logam Dengan Perkakas Tangan dan Mesin Sederhana*. Bandung: Angkasa.
- Avrutin.S, tt, *Fundamentals of Milling Practice*. Moscow: Foreign Languages Publishing House.
- B.H. Amstead, Bambang Priambodo. 1995. *Teknologi Mekanik Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Boothroyd, Geoffrey. 1981. *Fundamentals of Metal Machining and Machine Tools*. Singapore: Mc Graw-Hill Book Co.
- Bridgeport. 1977. *Bridgeport Textron, Health, and Safety at Work Act, Instalation, Operation, Lubrication, Maintenance*. England: Bridgeport Mahines Devision of Textron Limited PO Box 22 Forest Road Leicester LE5 0FJ.
- C. van Terheijden, Harun. 1994. *Alat-Alat Perkakas 3*. Bandung: Binacipta.
- Gerling, Heinrichi. 1974. *All About Machine Tools*. New Delhi: Wiley Eastern.
- Hand Out Politeknik Manufaktur Bandung. 1990. *Teori Gerinda Datar*. Bandung: ITB

Daftar Pustaka

Hand Out Politeknik Manufaktur Bandung. 1990. *Teori Gerinda Silindris*. Bandung: ITB

Headquartes Department of The Army USA. 1996. *Training Circular NO 9-524: Fundamentals of Machine Tools*, Washington DC: Headquartes Department of The Army USA.

Taufiq, Rochim. 1990. *Teori Kerja Bor*. Bandung: Politeknik Manufaktur Bandung.

Taufiq, Rochim. 1993. *Teori & Teknologi Proses Pemesinan*. Bandung: Proyek HEDS.



Penulis buku ini Dr. Widarto, M.Pd., lahir di Magetan pada tanggal 30 Desember 1963. Pendidikan S1, S2, dan S3 ditempuh penulis di Universitas Negeri Yogyakarta. Sejak tahun 1988 penulis diangkat sebagai dosen di Jurusan Pendidikan Teknik Mesin, FT UNY. Dua jabatan di UNY telah diembannya, yakni Ketua Jurusan (2003-2008), dan Sekretaris Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) UNY sejak tahun 2013. Bidang keahlian yang menjadi tugas utama penulis adalah mengajar mata kuliah (1) Pendidikan Teknik Mesin; (2) Pendidikan Teknologi dan Kejuruan; (3) Bimbingan Karir (Kejuruan); dan (4) Teori dan Strategi Pembelajaran PTK.

Berbagai pengalaman *short course* turut melengkapi riwayat hidup penulis. *Short course* di luar negeri, pada tahun 2010, penulis mendapat kesempatan mengikuti *Sandwich Program* di Ohio State University, USA selama 4 bulan. Kemudian di tahun 2012 mendapat kesempatan mengikuti *Short Term Training On Lesson Study (STOLS) for Institutes of Teachers And Education Personal (ITTEP)*, di Jepang selama 1 bulan, untuk mengembangkan *Lesson Study*.

Saat ini, selain tugas rutin mengajar, penulis aktif meneliti dan mengabdikan yakni dengan mengisi berbagai seminar/pelatihan. Tema penelitian yang menjadi kajian penulis adalah bidang pendidikan kejuruan. Sedangkan pelatihan yang diberikan oleh penulis banyak terkait dengan strategi pembelajaran dan metodologi penelitian. Karya buku yang sudah dipublikasikan Pengantar Kerja Mesin Perkakas; Teknik Pemesinan; Pengembangan *Soft Skills* Mahasiswa Pendidikan Vokasi Melalui *CLoP-Work*; Pendidikan Teknologi dan Kejuruan; dan Bimbingan Karir.