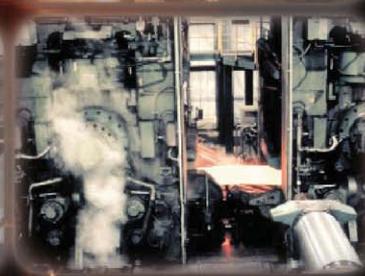




Hardi Sudjana

TEKNIK PENGECORAN LOGAM



untuk
Sekolah Menengah Kejuruan

JILID 2



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

TEKNIK PENGECORAN LOGAM JILID 2

untuk SMK

Hardi Sudjana

Hardi Sudjana

TEKNIK PENGECORAN JILID 2

SMK



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

Hak Cipta pada Departemen Pendidikan Nasional
Dilindungi Undang-undang

TEKNIK PENGECORAN JILID 2

Untuk SMK

Penulis Utama : Hardi Sudjana

Ukuran Buku : 17,6 x 25 cm

SUD t	SUDJANA, Hardi Teknik Pengecoran Jilid 2 untuk SMK/oleh Hardi Sudjana -- -- Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional, 2008. xvi. 164 hlm Daftar Pustaka : A1 Glosarium : B1-B8 ISBN : 978-979-060-122-2 ISBN : 978-979-060-124-6
----------	--

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

KATA SAMBUTAN

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

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

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

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

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

Jakarta, 17 Agustus 2008
Direktur Pembinaan SMK

Kata Pengantar

Pengecoran logam merupakan salah satu metoda pembentukan benda kerja atau bahan baku benda kerja yang telah sejak lama dilakukan bahkan jauh sebelum berkembangnya Ilmu pengetahuan dan teknologi sebagaimana bukti-bukti yang ditemukan oleh archaeologist berupa benda kuno seperti koin-koin emas, perak dan perunggu dalam bentuk tiga dimensi dibuat melalui proses pengecoran, artinya paling tidak proses pengecoran sudah dilakukan sejak berkembangnya peradaban manusia.

Dalam berbagai hal benda-benda kerja yang dibentuk melalui proses pengecoran memiliki keunggulan baik sifat maupun efisiensinya pembentukannya, bahkan tidak dimiliki oleh bahan yang dibentuk dengan cara lain, misalnya pada besi/baja tempa, dimana benda-benda tuangan (hasil pengecoran) sifat-sifatnya dapat ditentukan oleh formulasi campuran dan dapat diperbaiki menurut kebutuhan kita, bentuk dan dimensinya dapat dibentuk melalui pengecoran ini, misalnya rongga-rongga, saluran-saluran dan lain-lain yang mungkin tidak dapat dilakukan dengan cara lain, dengan demikian benda tuangan berkembang sejalan dengan modernisasi teknologi itu sendiri hal ini dikarenakan benda tuangan memiliki keunggulan dan dapat diterima diberbagai jenis produk, seperti permesinan, automotif, listrik dan elektronik, konstruksi/ bangunan gedung, asesoris dan lain-lain. Namun demikian jika kita lihat industri manufaktur yang bergerak dibidang pengecoran ini jumlahnya masih relative kecil dengan kualitas produknya pun masih rendah walaupun ada produk dengan kualitas tinggi tetapi masih dengan teknologi luar negeri. Hal ini menjadi tantangan bagi kita semua agar dapat berkompetisi dengan bangsa lain terutama dalam era globalisasi seperti sekarang ini.

Buku teks ini merupakan salah satu upaya pemerintah untuk mengejar ketertinggalan sebagaimana disebutkan yang diharapkan menjadi bahan rujukan sebagai dasar pengembangan teknik pengecoran di SMK untuk dikembangkan dan disempurnakan melalui temuan-temuan dalam praktik di sekolah serta memotivasi pelaku-pelaku pendidikan di sekolah khususnya guru praktik untuk senantiasa mengembangkan materi bahan ajar sesuai dengan bidangnya, memberikan kritik dan saran untuk menyempurnakan dan melengkapi buku teks ini agar dapat membekali peserta didik secara optimal.

Akhirnya penulis berharap mudah-mudahan buku teks ini ada guna dan manfaatnya dalam pengembangan teknologi khususnya dibidang pengecoran logam dan pendidikan teknologi pada umumnya.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
KATA PENGANTAR DIREKTUR PEMBINAAN SMK.....	ii
DAFTAR ISI	iii
ABSTRAKSI	vii
SINOPSIS	x
ANALISIS URUTAN LOGIS STANDAR KOMPETENSI.....	xiii
DIAGRAM PENCAPAIAN.....	xvi
BUKU JILID 1	
BAB I MENGENAL MACAM-MACAM BAHAN TEKNIK (ENGINEERING MATERIAL)	1
Bahan-bahan Teknik (<i>Materials for Engineering</i>) dan cara pemilihannya.....	1
A. <i>Bahan alam</i>	2
B. <i>Bahan-bahan tiruan (synthetic materials)</i>	2
C. Pemakaian secara umum dari bahan-bahan plastic..	6
D. Macam-macam bahan logam (materials metals) Bahan-bahan Logam yang digunakan secara umum	8
E. Bahan-bahan Logam Non-Ferro (Non-Ferrous Metals)	10
F. Sifat dan berbagai karakteristik dari beberapa logam non-Ferro.....	12
G. Macam-macam Paduan dari logam non-Ferro (Non- Ferrous Alloys)	26
H. Pembentukan larutan.....	53
I. Daftar Istilah dan penamaan yang digunakan dalam British Standard for Aluminium Alloys.....	56
J. Nickel Paduan.....	57
K. Seng dan paduannya (Zinc and its Alloys)	61
L. Magnesium dan paduannya (Zinc and its Alloys)	65
BAB II PENGOLAHAN BIJIH BESI MENJADI BAHAN BAKU	72
A. <i>Pemisahan</i> logam dari bijih	73
B. Logam besi	75
C. Phosphorus	75
D. Peleburan Bijih besi	76
E. Cokas dan kapur	76

F. Proses peleburan	77
G. Komposisi unsur di dalam besi mentah	80
H. Pengolahan besi kasar (pig iron) menjadi bahan baku	81
BAB III BESI TUANG	94
A. Pengertian	94
B. Proses produksi penuangan	95
C. Dapur Cupola	96
D. Dapur udara atau dapur api	96
E. Dapur putar	96
F. Dapur listrik	96
G. Kadar carbon didalam besi tuang	99
H. Pengendalian struktur selama pendinginan	99
I. Berbagai alasan pembentukan melalui pengecoran.....	101
J. Besi tuang putih dan besi tuang kelabu	106
BAB IV PEMBENTUKAN LOGAM PADUAN	119
A. Berbagai alasan pembentukan logam paduan	119
B. Dasar-dasar pencampuran dalam persenyawaan logam	120
C. Struktur larutan padat dari bahan paduan dan perubahannya dalam proses pendinginan hingga mencapai temperatur ruangan	122
D. Diagram keseimbangan thermal	123
E. Diagram keseimbangan untuk dua jenis logam larut secara penuh disetiap proporsi dalam keadaan padat	125
F. Diagram keseimbangan untuk dua jenis logam yang tidak larut secara penuh ke dalam larutan padat	127
G. Diagram keseimbangan untuk dua jenis logam dengan batas larutan di dalam larutan padat	129
H. Diagram keseimbangan untuk dua jenis logam dengan bentuk campuran antar logam	131
BAB V PEMILIHAN LOGAM SEBAGAI BAHAN BAKU	136
A. Pembentukan logam menjadi bahan baku	136
B. Pengelompokkan dan standarisasi baja	137

BUKU JILID 2

BAB VI PEMBENTUKAN PRODUK BENDA KERJA DENGAN CARA PENGECORAN

	144
A. Pengecoran atau penuangan (Casting)	144
1 Sand Casting (penuangan dengan cetakan pasir).....	145
2 Bahan cetakan dan bahan teras.....	148
3 Penguatan cetakan.....	149
4 Pendukung teras.....	150
5 Rangka cetakan (frame).	150
6 Perkakas cetak.	152
7 Proses pembuatan cetakan.	153
B. Proses peleburan (pencairan) logam tuangan (cor)	177
1. Berat Jenis, titik Cair dan koefisien kekentalan.....	177
2. Proses peleburan bahan tuangan.....	179
3. Prosedur kerja pengoperasian dapur kupola.....	180
4. Proses peleburan dengan menggunakan dapur Listrik.....	182
C. Proses penuangan (pengecoran)	186
1. Centrifugal casting (pengecoran)	186
2. Continouos casting (pengecoran)	189
3. Shell Moulding.....	190
4. Die Casting.....	191
5. Investment casting.....	195
D. Faktor-faktor penting dalam proses penuangan (pengecoran)	199
1. Tambahan penyusutan.....	199
2. Tambahan penyelesaian mesin (machining).....	200
3. Tambahan Pelengkungan (Bending Allowance).....	201
4. Sistem saluran.....	202
5. Standarisasi ukuran saluran.....	208
6. Chill – Iron.....	211

BAB VII PENGUKURAN DAN PENANDAAN 224

A. Pengertian	224
B. Pengukuran dan penandaan	229
C. Pengukuran dengan mistar sorong (Venier caliper) ..	238
D. Pengukuran dengan mikrometer	245
E. Pengukuran dengan pengukur tinggi	250
F. Penandaan benda kerja	252

BAB VIII MEMBACA DAN MENGGUNAKAN GAMBAR TEKNIK	257
A. Gambar rencana lengkap	257
B. Gambar susunan atau rakitan	258
C. Gambar bagian (Detail drawings)	258
D. Proyeksi	261
1. Proyeksi Orthogonal (<i>Orthographic Projection</i>).....	261
2. Proyeksi Isometrik (<i>Isometric Projection</i>)	264
E. Ukuran dan tanda pengerjaan	272
1. Tanda ukuran untuk ulir (Screw Threads)....	272
2. Alat Bantu ukuran (Auxiliary dimension).....	272
3. Chamfers.....	273
4. Ukuran tidak diskala dan garis pemotongan (Breaklines)	273
5. Tabulasi ukuran	273
6. Penandaan	275
7. Toleransi (Tolerances)	278
8. Penggambaran benda-benda tuangan.....	280
9. Tanda pengerjaan.....	285
10. Toleransi Produk pengecoran dengan cetakan pasir	287
11. Penyusutan.....	289
12. Sudut tuangan	290
13. Radius tuangan dan perubahan tebal.....	293
14. Penunjukkan ukuran benda tuangan.....	297
15. Toleransi ukuran benda Tuangan.....	301
16. Data Teknis	304
 BUKU JILID 3	
BAB IX PROSES PEMESINAN	307
A. Umum	307
B. Pembentukan benda kerja dengan mesin perkakas	308
1. Pembentukan benda kerja dengan mesin bubut	355
2. Pembentukan benda kerja dengan mesin Frais (Milling)	
3. Pembentukan benda kerja dengan menggunakan mesin EDM.....	390

BAB X PENGUJIAN LOGAM.....	407
A. Syarat-syarat kualitas logam sebagai bahan teknik...	407
1. Kualitas fungsional.....	407
2. Kualitas Mekanik.....	409
B. Pengujian Sifat mekanik.....	409
1. Kekerasan (<i>Hardness</i>)	409
2. Pengujian Tarik (<i>Tensile Test</i>)	433
3. Pengujian Lengkung (<i>Bend Test</i>)	444
4. Pengujian Pukul <i>Takik</i> (<i>Impact Test</i>)	453
5. Pengujian Geser.....	457
C. Pemeriksaan bahan (<i>Materials Inspection</i>)	459
1. Pemeriksaan cacat luar.....	460
2. Pemeriksaan cacat dalam (<i>Checks for internal defects</i>)	462
D. Metallography	466
BAB XI PERKAKAS PERTUKANGAN KAYU DALAM PROSES PENGECORAN LOGAM	475
A. Umum	475
B. Kayu sebagai bahan teknik	475
C. Perkakas pertukangan kayu.....	476
D. Berbagai peralatan dan perkakas pendukung.....	481
1. Pemegang benda kerja	481
2. Perkakas tangan dengan operasi manual	485
3. Bor kayu dengan operasi manual (<i>Bit Brace</i>)	489
4. Alat ukur dan penandaan dalam pertukangan kayu.....	490
E. Pembuatan model (<i>pattern</i>) dengan kayu.	492
BAB XII MENGENAL BERBAGAI SISTEM KONVERSI ENERGI..	496
A. Sistem pesawat kerja.....	496
B. Power pack, system konversi energy, Transmisi dan pengendaliannya.....	496
C. Konversi energi.....	503
D. System Transmisi.....	504
E. Kopeling (<i>Couplings</i>)	507
1. Compression Coupling.....	508
2. Flexible Coupling-Disk type.....	508
F. Clutch (<i>Clutch</i>).....	511
1. Dog-tooth Clutch.....	511
2. Universal Joints.....	512

3. Cone-type Clutch.....	512
4. Expanding-type clutch.....	513
5. Plate-type Clutch.....	513
6. Magnetic Clutches.....	514
7. Sprag Clutches.....	514
G. System satuan yang digunakan dalam konversi energy menurut Standar Internasional (SI Units).....	515
H. Power transmisi.....	516
1. Sabuk datar (Flat Belt).....	517
2. Pulley untuk sabuk datar.....	518
3. Sabuk “V” (“V” - Belt) - <i>adjustable Vee belting</i>	518
4. Alur V pada pulley.....	519
5. Merakit penggerak.....	520
6. Sistem transmisi mekanik dengan menggunakan rantai.....	520
7. Standarisasi dimensional roller chains.....	522
8. Silent Chains and Toothed belt.....	528
BAB XIII KESELAMATAN KERJA	531
A. Kebijakan pemerintah dalam penerapan Keselamatan dan Kesehatan kerja (K3)- tahun 2008.	531
B. Keselamatan ditempat kerja.....	533
C. Kecelakaan (<i>Accident</i>)	538
D. Penyebab kecelakaan.....	539
E. Pencegahan terhadap kecelakaan.....	539
F. <i>Pertolongan</i> pertama (<i>First-aid</i>)	541
G. Kebiasaan menjaga kebersihan.....	541
H. Faktor keselamatan di bengkel kerja.....	543
I. <i>Kelengkapan</i> keselamatan kerja peralatan tangan.....	543
J. <i>Pemesinan</i>.....	544
K. <i>Penyelamatan</i> diri akibat kebakaran (<i>Fire fighting</i>).....	545
L. Jenis api dan alat pemadamnya.....	548

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

LAMPIRAN

ABSTRAKSI

Proses rekayasa dibidang Teknologi pada dasarnya merupakan upaya optimalisasi penggunaan sumber daya alam secara efektif dan efisien agar memberikan manfaat sebesar-besarnya untuk kepentingan hidup manusia. Perkembangan peradaban manusia ditandai dengan meningkatnya kebutuhan dan kemudahan dalam mencapai tujuan yang diinginkannya, oleh karena itu berbagai cara dilakukannya dan selalu mencari berbagai alternative yang lebih baik dan efisien melalui pemanfaatan energi yang ada. Ketersediaan sumber energi alam serta meningkatnya populasi manusia, kembali manusia dituntut untuk mencari dan menemukan energi alternative yang lebih efisien pula. Dengan demikian modernisasi peradaban manusia akan menuntut manusia itu sendiri untuk selalu berfikir dan berusaha mengembangkan Ilmu pengetahuan dan keterampilannya agar dapat memanfaatkan dan menemukan Teknologi baru yang lebih baik dan tepat guna, karena pada dasarnya alam telah menyediakan berbagai materi yang cukup, hanya karena keterbatasan pengetahuan kita materi tersebut tidak dapat dimanfaatkan, terlebih lagi pada era globalisasi dimana bangsa yang maju akan lebih menguasai bangsa yang lemah.

Berdasarkan pada kenyataan ini nampak jelas bahwa pengetahuan tentang materi dan sumber daya alam ini mutlak harus dikuasai agar dapat mengolah dan menggunakannya secara tepat dan efisien sehingga memberikan manfaat secara optimal untuk kehidupan manusia. Secara sederhana kita akan bertanya: *Materi apa yang akan kita olah dan kita manfaatkan, jika kita tidak mengetahui materi tersebut?*

Logam merupakan salah satu materi alam yang memiliki peranan penting dalam mendukung berbagai sektor kehidupan manusia yang memerlukan pengembangan dengan berbagai penerapan teknologi. Untuk itu banyak hal yang harus diketahui dan difahami karena ternyata logam ini sangat kompleks dan bervariasi dari jenis hingga sifat dan karakteristiknya. Para Ilmuwan telah sejak lama melakukan analisis dan dapat kita gunakan sebagai dasar teoritis untuk dikembangkan secara produktif.

Teknik Pengecoran merupakan salah satu metoda yang dapat mengimplementasikan pengetahuan dan keterampilan tentang ilmu logam ke dalam bentuk berbagai produk yang bermanfaat, melalui re-komposisi dari berbagai unsur logam menjadi sebuah unsur logam paduan sehingga akan diperoleh suatu produk dengan sifat tertentu, yang selanjutnya akan diketemukan sebuah formulasi baru yang lebih baik dan teruji secara ilmiah untuk dimanfaatkan menjadi produk berstandar yang bernilai tinggi sesuai dengan kebutuhan kualitas produk yang

disyaratkan, dimana proses pembentukan benda kerja melalui proses pengecoran dilakukan dengan memilih berbagai jenis bahan yang sesuai dengan sifat produk yang dikehendaki, melakukan peleburan atau pencairan melalui pemanasan, menuangkannya ke dalam cetakan untuk memperoleh bentuk dan dimensi benda yang diinginkan serta melakukan pengujian untuk mengetahui kesesuaian kualitas produk terhadap kualitas yang disyaratkan. Untuk itu maka berbagai pengetahuan sebagai dasar pelaksanaannya harus dikuasai, antara lain :

1. Pengetahuan Logam dan bahan-bahan Teknik
2. Membaca dan menggunakan Gambar
3. Memilih dan menggunakan alat ukur serta alat penandaan
4. Teknologi pengecoran dan pembuatan produk melalui pengecoran
5. Pengujian dan pemeriksaan
6. Mengetahui berbagai metoda dan system Conversi energy
7. Pengetahuan tentang perkakas pertukangan kayu dengan operasi mekanik dan manual.
8. Menerapkan berbagai aspek keselamatan dan kesehatan kerja (K3)

SINOPSIS

Buku teks ini merupakan salah satu referensi untuk membantu siswa SMK dalam mencapai kompetensi kejuruan dibidang pengecoran logam yang mencakup berbagai aspek prasyarat kerja yang harus dipelajari dan dikuasai sehingga dapat melakukan kegiatan praktik sesuai dengan ketentuan prosedur kerja yang benar.

Melalui buku Teks ini sedikitnya akan memberi gambaran kepada peserta didik khususnya siswa SMK untuk mencari dan mengembangkan pengetahuan dan keterampilannya serta memperkaya wawasan keilmuannya dari berbagai sumber yang relevan, yang tidak dimuat pada Buku Teks ini.

Buku Teks ini disusun berdasarkan analisis persyaratan penguasaan materi pendukung yang secara utuh harus dimiliki siswa SMK sebagai calon tenaga kerja yang akan bekerja pada bidang pengecoran logam, antara lain meliputi pemahaman teoritis tentang :

1. Bahan-bahan teknik yang terdiri atas bahan alam, bahan tiruan, bahan logam dan bahan non-logam, logam ferro dan logam non-ferro dari berbagai sifat dan karakteritiknya yang dapat dipilih dan digunakan sebagai bahan pembuat cetakan model (pattern) melalui pencetakan pasir (sand-cast), cetakan logam (die-cast), serta sebagai bahan baku produk pengecoran, antara lain sifat mekanik secara umum, berat jenis, dan titik cair (melting point) dari berbagai jenis logam.
2. Bahan logam menjadi bagian pembahasan yang luas dan memerlukan pengembangan yang lebih aplikatif oleh guru dan siswa disekolah melalui pengalaman secara praktis, khususnya dalam memformulasikan bahan-bahan tersebut menjadi produk pengecoran yang dapat memenuhi kualitas mutu yang disyaratkan.
3. Membaca dan menggunakan gambar teknik merupakan materi pendukung pelaksanaan pekerjaan bagi operator mesin maupun tenaga kerja pengecoran logam, pada gambar teknik khususnya gambar kerja memuat berbagai informasi pekerjaan yang meliputi dimensional geometris dan berbagai persyaratannya termasuk besaran penyimpangan yang diizinkan, allowance yang harus dipersiapkan dalam pembuatan cetakan yang berhubungan dengan kemungkinan terjadinya perubahan ukuran yang disebabkan oleh adanya penyusutan, bending, pengerjaan mesin (machining) dan lain-lain, dimana gambar kerja akan memandu kita dalam menentukan langkah-langkah kerja, dengan mesin jenis apa benda

kerja tersebut harus dikerjakan dan alat ukur apa yang harus digunakan dan lain-lain.

4. Pengukuran dan penandaan (measurement and marking out) merupakan bagian dari proses pekerjaan yang selalu dilakukan untuk menentukan dan mengendalikan dimensional produk pekerjaan baik pada perencanaan pekerjaan, selama proses pengerjaan maupun pemeriksaan kesesuaian hasil pekerjaan yang berhubungan dengan dimensional produk yang disyaratkan. Proses pengukuran dilakukan sejak persiapan selama proses, hingga akhir proses produksi. Oleh karena itu pemahaman tentang alat ukur harus dikuasai secara menyeluruh baik pada alat-alat ukur sederhana, alat penandaan maupun alat-alat ukur presisi, serta berbagai metoda pengukuran termasuk penggunaan alat ukur bantu agar dapat menentukan dimensi pekerjaan hingga bagian yang sangat rumit.
5. Proses pemesinan merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dari proses manufactur dimana sejak persiapan cetakan, pembuatan model luar maupun inti diperlukan pengoperasian mesin dan perkakas baik perkakas untuk pengerjaan logam maupun perkakas pertukangan kayu.
Pekerjaan pemesinan merupakan bagian penting yang harus difahami oleh operator kerja bidang pengecoran logam terutama dalam hubungannya dengan pembuatan dies atau cetakan logam (mould) seperti mesin-mesin EDM yang lebih spesifik untuk fungsi tersebut.
Proses pemesinan sering diperyaratkan pada benda-benda produk pengecoran, biasanya produk tersebut merupakan part atau bagian dari rakitan beberapa komponen, walaupun tidak merupakan bagian dari pekerjaan pengecoran, tetapi sedikitnya bagian dari benda kerja hasil pengecoran (casting) yang harus dikerjakan lanjut melalui pemesinan merupakan bagian yang telah direncanakan dalam urutan pekerjaan pengecoran, akan tetapi pembahasan ini lebih kepada hal-hal yang berhubungan dengan pembentukan benda-benda tuangan atau cor (casting) yang biasanya memiliki bentuk yang tidak beraturan sehingga diperlukan perhatian khusus terutama dalam memegang benda kerja (casting) tersebut pada peralatan mesin yang tersedia, atau pembuatan alat bantu yang sesuai dengan kebutuhan pemotongan pada fungsi mesin perkakas tersebut.
6. Teknik peleburan sangat berhubungan dengan pengetahuan logam didalamnya memuat berbagai sifat pencampuran bahan paduan serta derajat pemanasan yang diperlukan untuk jenis logam yang diperlukan. Dalam pembahasan ini memuat berbagai dapur lebur yang umum dan dapat digunakan dalam proses pengecoran.
7. Teknik pengecoran merupakan metoda proses pembentukan benda kerja dengan cara mencairkan logam tertentu dan menuangkannya ke dalam cetakan yang telah dipersiapkan, pada bagian ini dibahas

langkah-langkah secara umum serta berbagai contoh untuk pembuatan produk pengecoran, penentuan jenis saluran, proses pengecoran dengan grafitasi, penekanan (pressure) serta sentrifugal casting dan lain-lain.

8. Pengujian dan pemeriksaan meliputi pengujian terhadap sifat mekanik seperti kekerasan, kekuatan tarik dan reaksi bahan akibat pembebanan tarik, kekuatan geser, kekuatan lengkung dan lain-lain yang dikelompokkan dalam *Destructif Test* (DT), Pemeriksaan terhadap sifat physic yang dikelompokkan dalam *Non Destructif Test* (NDT) yang meliputi pemeriksaan cacat luar dan cacat dalam dan pemeriksaan pada mikrostruktur (Metallography).
9. Keselamatan kerja yang memberikan gambaran kecelakaan akibat kelalaian dalam operasi pekerjaan, penanganan bahaya kebakaran.

Analisis Urutan Logis STANDAR KOMPETENSI

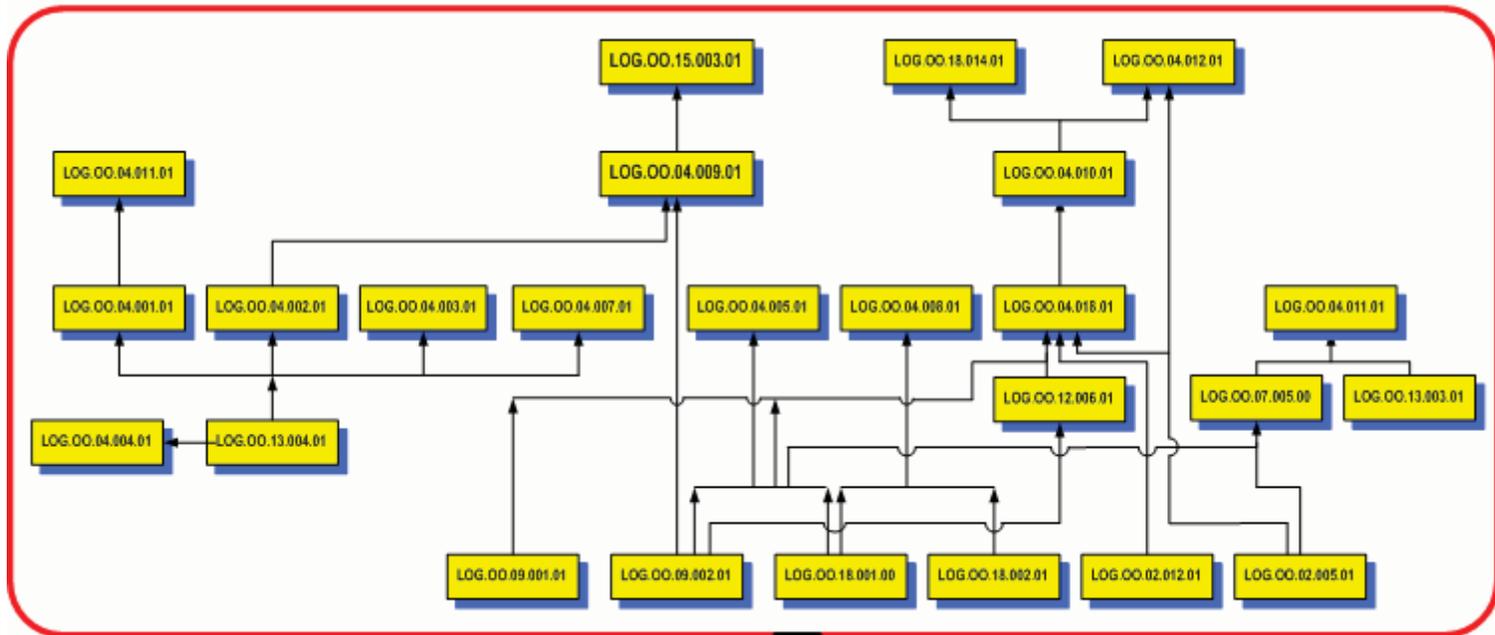
NO	KODE STANDAR KOMPETENSI	DAPAT BERDIRI SENDIRI		TERGANTUNG PADA KOMPETENSI MANA	MENUJU KOMPETENSI MANA
		YA	TIDAK		
240	LOG.OO.04.001.01		√	LOG.OO.13.004.01,	LOG.OO.06.007.01
241	LOG.OO.04.002.01		√	LOG.OO.13.004.01,	LOG.OO.04.009.01
242	LOG.OO.04.003.01		√	LOG.OO.13.004.01	
243	LOG.OO.04.004.01	√			
244	LOG.OO.04.005.01		√	LOG.OO.09.002.01 LOG.OO.18.001.00	
245	LOG.OO.04.006.01	√			
246	LOG.OO.04.007.01		√	LOG.OO.13.004.01	
247	LOG.OO.04.008.01		√	LOG.OO.18.001.00 LOG.OO.18.002.00	
248	LOG.OO.04.009.01		√	LOG.OO.04.002.01 LOG.OO.09.002.00	LOG.OO.15.003.01
249	LOG.OO.04.010.01		√	LOG.OO 02.012.01 LOG.OO 04.018.01 LOG.OO 09.001.01 LOG.OO 09.002.01 LOG.OO 12.006.01 LOG.OO 18.001.01 LOG.OO 18.002.01	LOG.OO.18.014.01 LOG.OO.04.012.01
250	LOG.OO04.011.01		√	LOG.OO02.005.01 LOG.OO07.005.01 LOG.OO13.003.01 LOG.OO09.002.01 LOG.OO18.001.01	
251	LOG.OO.04.012.01		√	LOG.OO02.005.01 LOG.OO02.012.01 LOG.OO04.010.01 LOG.OO04.018.01 LOG.OO09.001.01 LOG.OO09.002.01 LOG.OO12.006.01 LOG.OO18.001.01 LOG.OO18.002.01	
252	LOG.OO.04.018.01		√	LOG.OO02.005.01 LOG.OO09.001.01 LOG.OO09.002.01 LOG.OO18.001.01	LOG.OO.04.010.01 LOG.OO.04.012.01

Keterangan Kode Standar Kompetensi:

KODE STANDAR KOMPETENSI	STANDAR KOMPETENSI
LOG.00.09.001.01	Menggambar dan membaca sketsa
LOG.00.09.001.01	Membaca gambar teknik
LOG.00.07.005.01	Bekerja dengan mesin umum
LOG.00.18.001.01	Menggunakan perkakas tangan
LOG.00.18.002.01	Menggunakan perkakas bertenaga/operasi digenggam
LOG.00.13.003.01	Bekerja secara aman dengan bahan kimia dan industri
LOG.00.13.004.01	Bekerja dengan aman dalam mengolah logam/gelas cair
LOG.00.04.001.01	Operasi tanur peleburan
LOG.00.04.002.01	Pengecoran tanpa tekanan
LOG.00.04.003.01	Mengoperasikan mesin pengecoran bertekanan
LOG.00.04.004.01	Mempersiapkan dan mencampur pasir untuk cetakan pengecoran logam
LOG.00.04.005.01	Membuat cetakan dan inti secara manual (jobbing)
LOG.00.04.006.01	Mengoperasikan mesin cetak dan mesin inti
LOG.00.04.007.01	Penuangan cairan logam
LOG.00.04.008.01	Pembersihan dan pemotongan produk pengecoran
LOG.00.04.009.01	Inspeksi dan pengujian benda tuang
LOG.00.04.010.01	Pengembangan dan pembuatan pola kayu
LOG.00.04.011.01	Membuat pola resin
LOG.00.04.012.01	Assembling pola plat
LOG.00.04.013.01	Mengembangkan dan membuat pola polistiren
LOG.00.04.018.01	Operasi mesin kerja kayu secara umum
LOG.00.15.003.01	Melakukan Pemeriksaan Dasar

KODE STANDAR KOMPETENSI	STANDAR KOMPETENSI
LOG.00.06.007.01	Melakukan proses pemanasan/ <i>quenching</i> , <i>tempering</i> dan <i>annealing</i>
LOG.00 12.006.01	Pemberian tanda batas (teknik dasar)
LOG.0012.003.01	Mengukur dengan alat ukur mekanik presisi
LOG.0018.014.01	Membuat perkakas.mal ukur dan matras
LOG.00 02.012.01	Melakukan perhitungan matematika
LOG.0002.005.01	Mengukur dengan menggunakan alat ukur
LOG.0015.003.01	Melakukan Pemeriksaan Dasar

DIAGRAM PENCAPAIAN STANDAR KOMPETENSI TEKNIK PENGECORAN



BAB VI

PEMBENTUKAN PRODUK BENDA KERJA DENGAN CARA PENGECORAN

A. Pengecoran atau penuangan (casting)

Pengecoran atau penuangan (casting) merupakan salah satu proses pembentukan bahan baku/bahan benda kerja yang relatif mahal dimana pengendalian kualitas benda kerja dimulai sejak bahan masih dalam keadaan mentah. Komposisi unsur serta kadarnya dianalisis agar diperoleh suatu sifat bahan sesuai dengan kebutuhan sifat produk yang direncanakan namun dengan komposisi yang homogen serta larut dalam keadaan padat. (lihat bab III tentang besi tuang dan bab IV uraian pembahasan tentang perilaku paduan dalam proses penuangan).

Proses penuangan juga merupakan seni pengolahan logam menjadi bentuk benda kerja yang paling tua dan mungkin sebelum pembentukan dengan panyayatan (chipping) dilakukan. Sebagai mana ditemukan dalam artifacts kuno menunjukkan bukti keterampilan yang luar biasa dalam pembentukan benda dari bahan logam dengan menuangkan logam yang telah dicairkan (molten metals) kedalam cetakan pasir khusus menjadi bentuk tertentu. Pengecoran dengan menggunakan cetakan pasir juga merupakan teknologi yang menuangkan larutan cair dari logam secara hati-hati kedalam cetakan pasir yang sudah dipersiapkan dengan hasil yang mendekati sempurna. Oleh karena itulah proses pembentukan melalui teknik penuangan ini juga digunakan pada level kebangsawanan seperti pembuatan benda-benda seni seperti ornament alam dan alat memasak dan lain-lain.

Coin kuno yang terbuat dari emas (gold), perak (silver), dan bronze dipertahankan dan dipamerkan di museum prajurit dan dinyatakan sebagai koleksi karya seni yang luar biasa dari tingkat keterampilan (skill) pada masa itu, demikian pula dengan gambar serta lukisan kuno yang sangat detail dari seorang raja sebagai bukti kekuasaannya.

Dalam perkembangannya pembentukan benda kerja melalui penuangan ini tidak hanya pada lingkup seni dan konsumsi kalangan aristocrat semata, namun juga pada pengembangan teknologi penuangan itu sendiri termasuk pengembangan peralatan dan mesin-mesin perkakas moderen sebagaimana yang kita gunakan pada saat ini, sehingga metoda penuangan dengan cetakan pasir (sand casting) menjadi salah satu metoda penuangan dimana berbagai metoda penuangan tersebut antara lain meliputi :

- a. Sand casting (penuangan dengan cetakan pasir)
- b. Die casting (penuangan dengan cetakan matres)
- c. Centrifugal casting (penuangan dengan cetakan putar)
- d. Continuous casting
- e. Shell moulding
- f. Investment casting

1 Sand Casting (penuangan dengan cetakan pasir).

Proses pembentukan benda kerja dengan metoda penuangan logam cair kedalam cetakan pasir (sand casting), secara sederhana cetakan pasir ini dapat diartikan sebagai rongga hasil pembentukan dengan cara mengikis berbagai bentuk benda pada bongkahan dari pasir yang kemudian rongga tersebut diisi dengan logam yang telah dicairkan melalui pemanasan (molten metals).

Proses pembentukan cetakan pasir ini harus dilakukan secara hati-hati dan memperlakukannya seperti mendirikan periuk emas murni atau perak atau tembaga. Kendati sekarang telah benar-benar mampu melakukan loncatan kemampuan dalam pekerjaan pengecoran (casting) seperti pembuatan sejumlah poros luar dari mesin kapal laut *Queen Mary* yang sangat besar dan panjang juga rel kereta api.

Cetakan pasir untuk pembentukan benda tuangan melalui pengecoran harus dibuat dan dikerjakan sedemikian rupa dengan bagian-bagian yang lengkap sesuai dengan bentuk benda kerja sehingga diperoleh bentuk yang sempurna sesuai dengan yang kita kehendaki. Bagian-bagian dari cetakan pasir ini antara lain meliputi:

- a) Pola, mal atau model (*pattern*), yaitu sebuah bentuk dan ukuran benda yang sama dengan bentuk asli benda yang dikehendaki, pola ini dapat dibuat dari kayu atau plastik yang nantinya akan dibentuk pada cetakan pasir dalam bentuk rongga atau yang disebut *mold* jika model ini dikeluarkan yang kedalamnya akan dituangkan logam cair.
- b) Inti (*core*), inti ini merupakan bagian khusus untuk yang berfungsi sebagai bingkai untuk melindungi struktur model yang akan dibentuk, dengan demikian keadaan ketebalan dinding, lubang dan bentuk-bentuk khusus dari benda tuangan (casting) tidak akan terjadi perubahan.
- c) *Cope*, yaitu setengah bagian dari bagian atas dari cetakan pasir.
- d) *Drag*, yakni setengah bagian bawah dari cetakan pasir tersebut.
- e) *Gate* ialah lubang terbuka dimana dituangkannya logam cair kedalam cetakan diantara core dan drag
- f) *Riser* ialah lubang pengeluaran yang disediakan untuk mengalirnya sisa lelehan logam cair dari dalam cetakan serta sedikit reserve larutan logam cair.

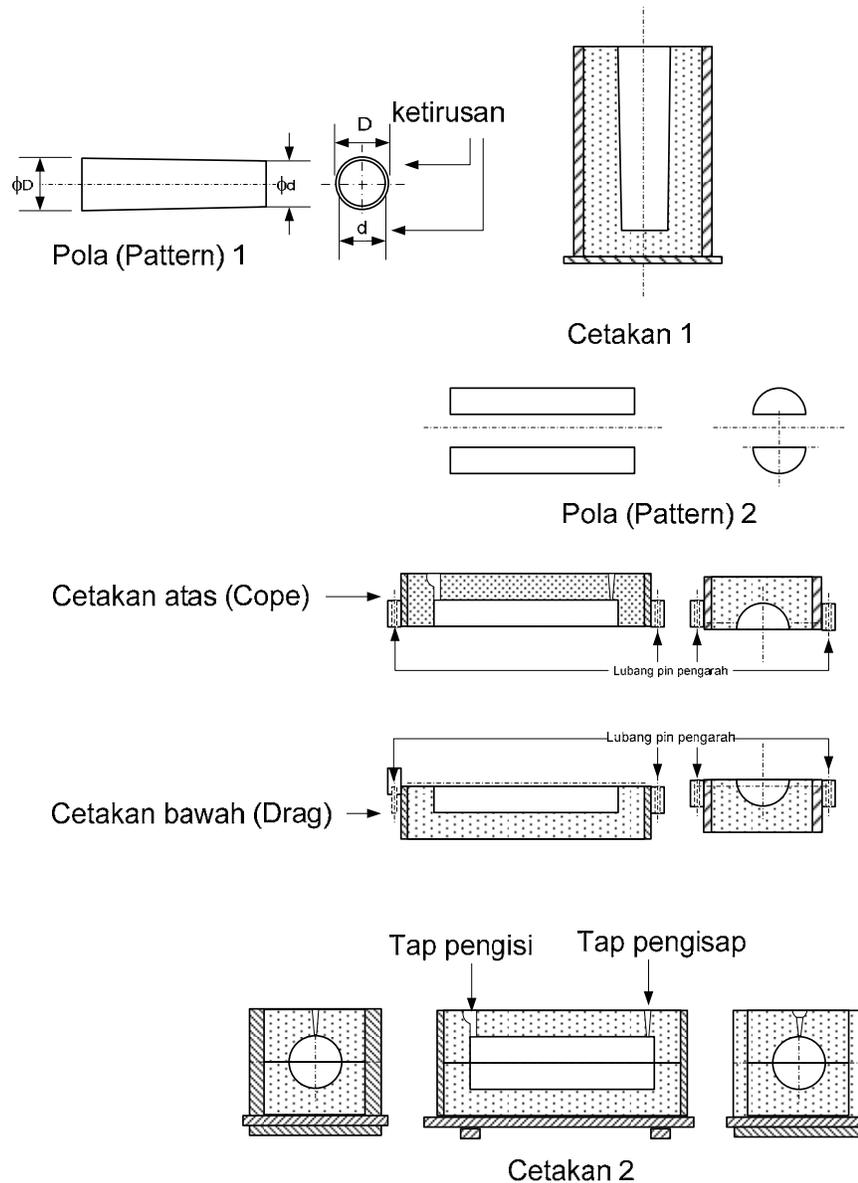
Komponen-komponen utama untuk pembuatan cetakan tersebut diatas merupakan komponen utama yang digunakan dalam pembuatan cetakan untuk pengecoran logam.

Kelengkapan lainnya adalah *Chaplet*, yakni kelengkapan pendukung *Cores*, walaupun pemakaian pendukung *cores* ini dianggap kurang praktis, dan beberapa peralatan yang lain tidak ada dalam perdagangan.

Contoh :

Untuk pengecoran sederhana yakni akan dibuat sebuah silinder padat. Untuk proses ini dapat kita lakukan dengan petimbangan langkah-langkah sebagai berikut :

- Kita siapkan pola atau model dengan dimensi yang sama dengan dimensi yang sama dengan dimensi benda yang dikehendaki, pola dibuat dari bahan kayu dengan memberikan sedikit kelebihan ukuran untuk penyusutan serta sedikit ketirusan untuk memudahkan mengeluarkan pola dari dalam cetakan pasir terutama jika akan dilakukan pengecoran dengan posisi vertikal, Apabila lubang kiri di dalam pasir telah terisi dengan besi, maka silinder padat dari besi tuang dapat dihasilkan.
- Cara yang lain untuk pembuatan benda tuangan seperti ini yaitu dengan membuat cetakan dalam dua bagian cetakan dimana setengah bagian cetakan (*cope* dan *drag*) merupakan bentuk dari setengah bagian dari benda yang dibentuk dari setengah bagian pola, kedua bagian dari cetakan yakni *cope* dan *drag* yang masing-masing memiliki bentuk setengah silinder ini akan digabungkan dengan menggunakan pin agar posisi keduanya sesuai dan memiliki rongga dengan bentuk silinder sesuai dengan bentuk yang dikehendaki. Sebelum *drag* dan *cope* ini dirakit terlebih dahulu dibuat alur untuk saluran pengisian dan pengeluaran udara. Setelah dirakit maka cetakan ini siap untuk diisi dengan logam yang telah dicairkan.



Gambar 6.1 Cetakan penuangan

Jika kita perhatikan contoh sebagaimana diperlihatkan pada gambar 6.1 menunjukkan betapa sederhananya proses penuangan tersebut, namun demikian terdapat berbagai hal yang harus diperhatikan disamping tingkat kehati-hatian dalam penanganan cetakan pasir ini, oleh karenanya pekerjaan penuangan yang paling sulit adalah dalam pembuatan cetakan itu sendiri. Namun sebelum membahas lebih jauh tentang proses penuangan ini terlebih dahulu akan kita pelajari tentang material dan karakteristik serta aplikasi dari bahan cetakan itu sendiri

dimana adalah pasir cetakan, juga peralatan yang diperlukan dalam pembuatan cetakan yang tidak mungkin menggunakan peralatan seadanya terlebih untuk tujuan penuangan benda-benda yang lebih rumit dan ukuran yang lebih teliti. (lihat berbagai produk penuangan pada gambar 3.8,3 dan 9.3.10).

Bahan cetakan dan bahan teras

Pasir cetakan

Cetakan dan teras merupakan bagian yang akan bekerja menerima panas dan tekanan dari logam cair yang dituang sebagai bahan produk, oleh karena itu pasir sebagai bahan cetakan harus dipilih sesuai dengan kualifikasi kebutuhan bahan yang akan dicetak baik sifat penuangannya maupun ukuran benda yang akan dibentuk dalam penuangan ini dimana semakin besar benda tuangan maka tekanan yang disebut tekanan metallostatic akan semakin besar dimana cetakan maupun teras harus memiliki kestabilan mekanis yang terandalkan. Beberapa jenis bahan cetakan dan teras yang sering digunakan antara lain :

a. Pasir tanah liat

Pasir tanah liat ialah pasir yang komposisinya terdiri atas campuran pasir-kwarsa dengan tanah liat yang berfungsi sebagai pengikat. Pasir tanah liat ini dapat dibedakan menjadi dua macam menurut cara pemakaiannya yaitu :

- *Pasir kering* yaitu jenis pasir tanah liat dimana setelah dibentuk menjadi cetakan harus dikeringkan terlebih dahulu. Pasir ini sangat cocok digunakan untuk pengecoran benda-benda yang kecil maupun yang besar.
- *Pasir basah* ialah jenis pasir tanah liat yang telah dibentuk menjadi cetakan tidak perlu dilakukan pengeringan atau. Pasir ini hanya digunakan untuk pengecoran benda-benda yang kecil.

Dalam proses pembentukan bahan cetakan Pasir cetakan dicampur dengan bubuk batu bara untuk menghindari terbakarnya butiran pasir ini terutama bagian yang berhubungan langsung dengan sumber panas dan pengerjaan lanjutan atau penyelesaian setelah cetakan ini terbentuk, permukaan bentuk benda kerja diperhalus dengan cara memolesnya dengan larutan graphite atau yang disebut penghitaman dan digunakan pada cetakan yang menggunakan pasir kering. Tetapi untuk cetakan yang pasir basah biasanya penghitaman diberikan dengan menyemprotkan tepung batu bara tersebut, melalui proses ini juga akan diperoleh benda tuangan yang memiliki permukaan yang halus. Dalam keadaan padat cetakan ini juga harus porous sehingga dapat membuang gas yang terbentuk akibat pemanasan, untuk tujuan ini biasanya dimasukan jerami.

b. *Pasir minyak*

Pasir minyak ialah pasir kwarsa yang dalam pemakaiannya dicampur dengan minyak sebagai bahan pengikatnya, sifatnya yang sangat baik dan cocok digunakan dalam pembuatan teras baik ukuran kecil maupun besar, setelah pembentukan, teras dikeringkan dan dipoles dengan cairan serbuk batu bara. Teras dengan bahan pasir minyak ini dimana pengikatnya adalah minyak setelah penuangan minyak akan terbakar sehingga teras mudah untuk dikeluarkan.

c. *Pasir dammar buatan (Resinoid)*

Pasir dammar buatan ialah pasir cetak dengan komposisi yang terdiri dari pasir kwarsa dengan 2% dammar buatan. Pasir jenis ini hampir tidak perlu ditumbuk dalam pematatannya. Pasir ini juga memiliki sifat yang baik setelah mengeras dan pengerasannya dapat diatur dengan sempurna serta cocok digunakan untuk membentuk benda-benda dengan ukuran yang cukup besar. Proses penghitaman masih harus dilakukan seperti penggunaan pasir-pasir yang lainnya.

d. *Pasir kaca air*

Pasir kaca air merupakan komposisi dari pasir kwarsa dengan kurang lebih 4% kaca air. Pematatannya hampir tidak perlu ditumbuk dan sifatnya sangat baik setelah dikeraskan melalui pemasukan gas CO dan dihitamkan. Pasir kaca ini digunakan sebagai bahan cetakan atau teras dengan ukuran sedang.

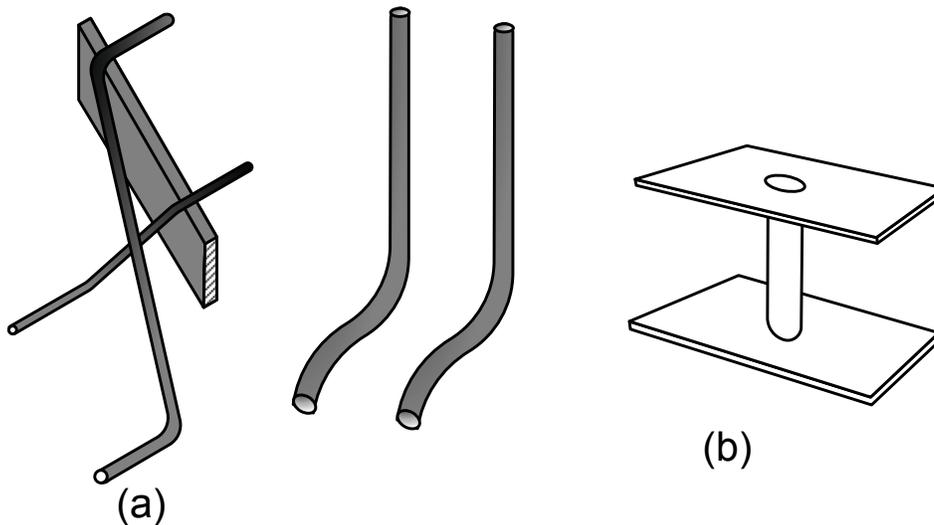
e. *Pasir semen*

Pasir semen merupakan campuran pasir kwarsa dengan kurang lebih 9% semen serta air kurang lebih 6%. Pematatannya tidak perlu ditumbuk dan sifatnya sangat baik setelah mengeras walaupun proses pengerasannya lambat. Setelah kering juga dihitamkan. Pasir ini digunakan sebagai bahan teras dan cetakan yang berat.

Penguatan cetakan

Pada pekerjaan penuangan (pengecoran) benda-benda yang besar diperlukan cetakan yang besar pula serta dengan ukuran dinding cetakan yang tebal dimana cetakan harus mampu menahan tekanan metalostatic yang besar, untuk itu kita tidak mungkin mengandalkan kekuatan perekat-perekat sebagaimana disebutkan pada unsur perekat pada pasir tuang, dengan demikian penulangan ini sangat penting sebagai unsur penguatan. Bahan penulangan ini

biasanya dibuat dari baja dengan bentuk seperti terlihat pada gambar 6.2.



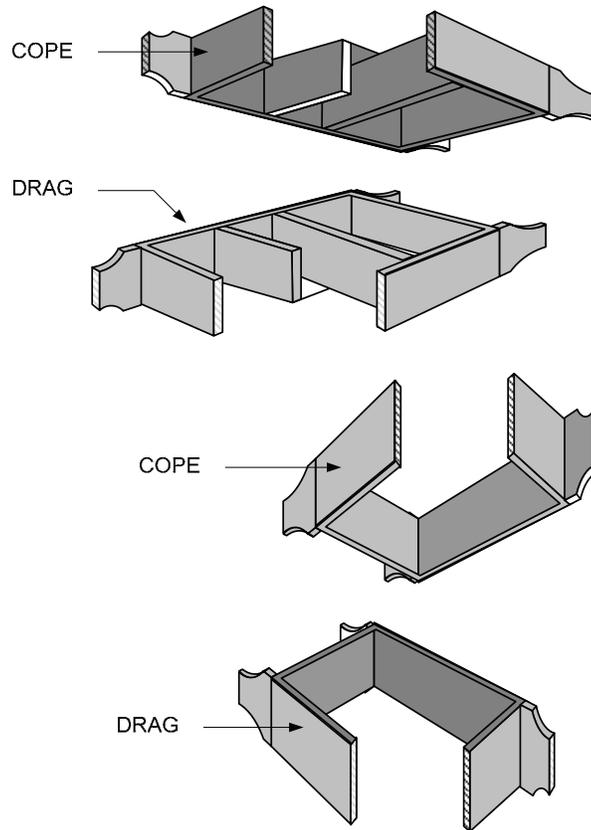
Gambar 6.2 Penguat cetakan
(a) Penguatan pasir cetakan
(b) Pendukung teras

Pendukung teras

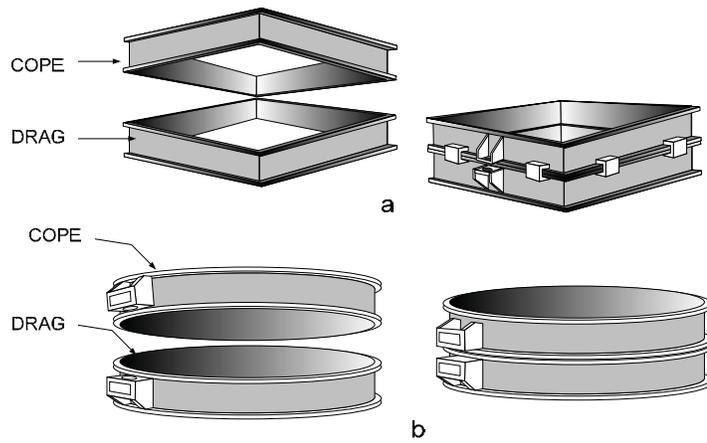
Pendukung teras ini digunakan pada pekerjaan pengecoran benda-benda berlubang dimana menggunakan teras sebagai inti pola cetakan juga paku sebagai alat-alat bantu lainnya (Gambar 6.2b).

Rangka cetakan (frame).

Rangka cetakan (frame) berfungsi sebagai bingkai yang dibuat dari baja atau besi tuang, dimana rangka cetakan (frame) ini harus dapat mempertahankan bentuk cetakan apabila cetakan menerima pembebanan yang diberikan oleh bahan tuangan tersebut, akan tetapi terdapat pula rangka cetakan yang dibuat dari kayu yang dibuat sedemikian rupa sehingga mudah untuk memegang atau mengangkat cetakan tersebut. (lihat gambar 6.3 dan 6.4)



Gambar 6.3 Rangka cetakan kayu



Gambar 6.4 Rangka cetakan baja
a. Rangka cetak bentuk segi empat
b. Rangka cetak bentuk silinder

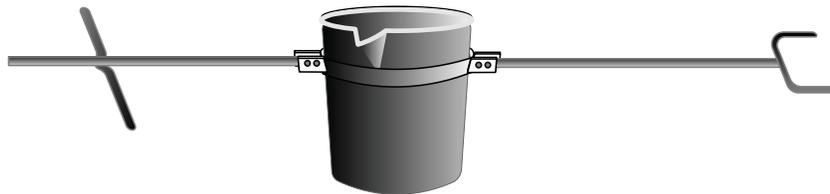
Perkakas cetak.

Perkakas cetak terdiri atas penumbuk, sendok spatula, siku-siku poles, kuas, pena model dan penusuk lubang angin (lihat gambar 6.5).

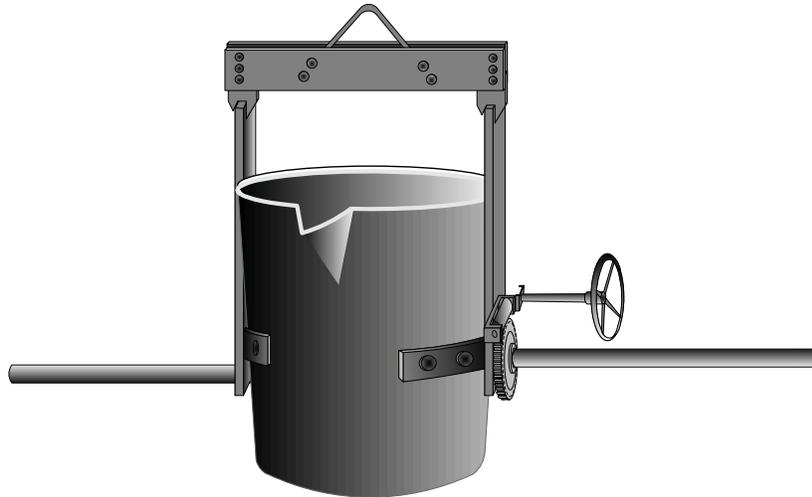
Panci tuang (Ladle)



a



b



C

Gambar 6.5 Panci Tuang :
a Panci tangan
b dan c Panci pikul

Panci tuangan (*ladle*) digunakan untuk mengangkat logam cair dari dapur peleburan dan menuangkannya kedalam cetakan, panci ini dibuat dari baja dengan lapisan tahan panas pada bagian dalamnya. Panci tuangan yang berukuran besar pengangkatannya menggunakan keran. (lihat gambar 6.5c)

Proses pembuatan cetakan.

Proses pembentukan benda kerja dengan cara pengecoran atau penuangan ini dilakukan dengan terlebih dahulu membuat cetakan dan teras (tergantung bentuk benda kerja). Namun demikian sebagaimana dalam proses pembentukan benda kerja pada umumnya, pekerjaan awal dilakukan dengan terlebih dahulu mempelajari dimensional benda kerja sebagaimana tertuang didalam gambar kerja, yang akan memberikan informasi secara luas tentang kualitas dimensional produk yang dikehendaki. Pembentukan benda kerja melalui proses penuangan atau pengecoran ini sedikit berbeda dengan pembentukan benda kerja melalui proses panyayatan (*chipping*) yang kualitas mekanisnya telah dimiliki oleh bahan baku produk (*raw material*) itu sendiri, kendati dimungkinkan diperlukan penyempurnaan sifat mekaniknya seperti dengan proses perlakuan panas, namun gambar kerja memberikan informasi teknis mengenai kualitas akhir dari dimensi benda kerja tersebut, seperti

kekasaran permukaan, Toleransi umum dan toleransi khusus, suaian dan lain-lain, tentu saja hal ini pun menjadi pertimbangan dalam pembentukan benda kerja melalui pengecoran terutama untuk memberikan tambahan ukuran (*allowance*) pada cetakan atau teras bilamana benda kerja mempersyaratkan pekerjaan lanjutan melalui Pemesinan (*machining*) pada bentuk akhirnya, untuk benda kerja yang dibentuk melalui proses penuangan sifat mekaniknya juga harus dianalisis termasuk juga jika diperlukan proses perlakuan panas.

Jika telah dilakukan analisis sebagaimana disebutkan, selanjutnya adalah merumuskan langkah-langkah kerja untuk proses pembentukan benda kerja yakni pembentukan benda kerja melalui proses pengecoran (penuangan) berdasarkan ketentuan-ketentuan sebagaimana yang telah dibahas sebelumnya.

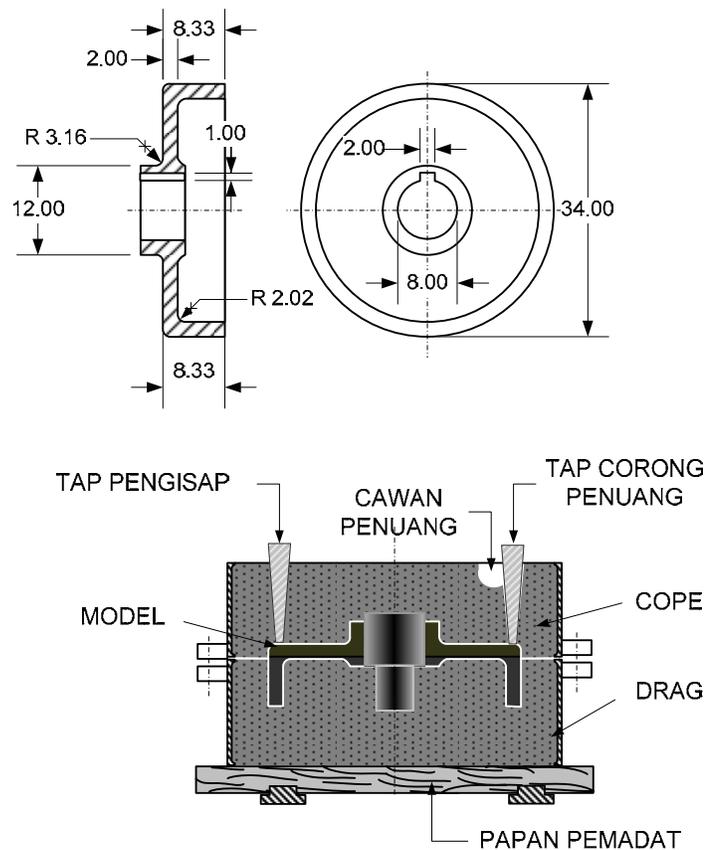
Pembuatan cetakan dirancang dengan mempertimbangkan besar dan tingkat kerumitan dari benda-benda tuangan yang direncanakan, cetakan harus dirancang sesederhana mungkin sehingga tidak menyulitkan dalam proses penuangannya dan bahan tuangan dapat dengan mudah terdistribusi keseluruh rongga yang merupakan bentuk dari benda kerja. Demikian pula dengan rancangan saluran-saluran tambahan, seperti saluran pengisap atau pengeluaran gas yang ditimbulkan oleh pemanasan dari logam cair (*Molten metal*) terhadap kelembaban cetakan atau karena terdapat udara yang terjebak didalam rongga cetakan, hal ini akan mengakibatkan keroposnya (*porous*) benda kerja hasil penuangan.

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan tadi maka pembuatan cetakan ditentukan menurut jenis dan cara pembuatannya, antara lain sebagai berikut.

1) Cetakan pasir dibuat dengan tangan

a. Seluruh bagian benda kerja berada pada satu cetakan (*Drag*)

Cetakan pasir yang dibuat dengan tangan yaitu cetakan yang dibuat sebagaimana dicontohkan pada halaman 3 dan 4 dimana bentuk benda kerja dibuat terlebih dahulu model atau malnya (*pattern*), cetakan ini dapat dibentuk dengan hanya terdiri atas satu cetakan atau diperlukan dua bagian cetakan yakni *drag* dan *cope*. (lihat gambar 31).

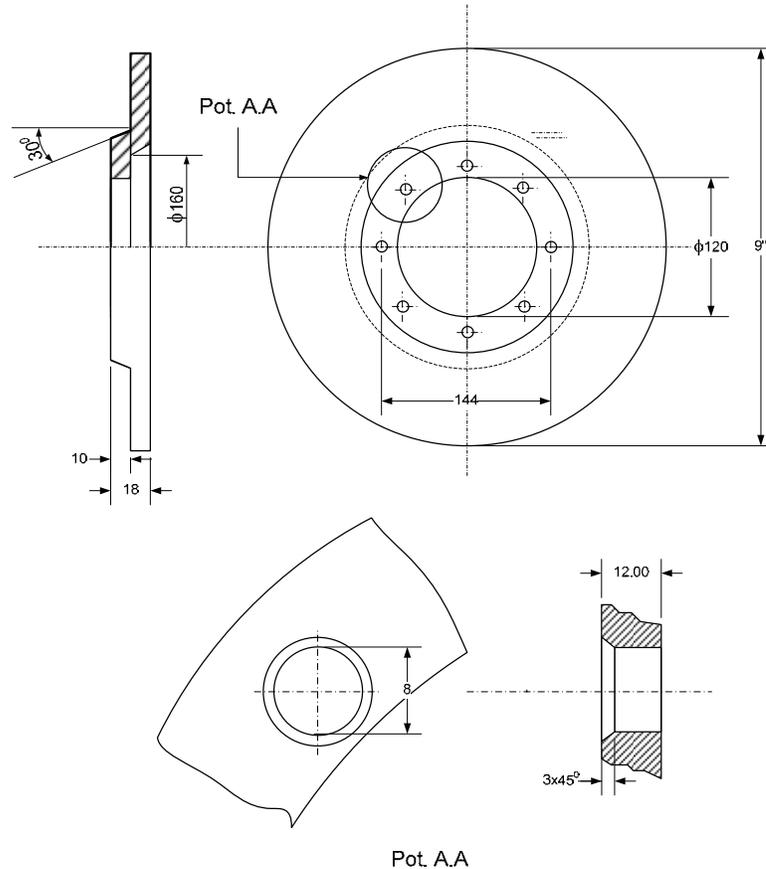


Gambar 6.6 Bentuk benda kerja dan bentuk cetakan

Benda kerja seperti gambar kerja yang diperlihatkan pada gambar 6.6 ialah turning clutch flywheel dengan dimensi serta ukuran yang relatif kecil dan sederhana, biasanya dibuat dengan besi tempa, jika dibentuk melalui proses pengecoran, yakni salah satu caranya yang mungkin dapat dilakukan ialah menggunakan cetakan pasir. Pekerjaan penyelesaian (finishing) dilakukan melalui proses pemesinan (maching).

Sebagaimana kita lihat dari bentuk cetakannya dimana bentuk dari benda tuangan berada pada kedua bagian cetakan, yakni drag dan cope namun demikian karena benda tuangan ini ukurannya relatif kecil maka tidak diperlukan penguatan sebagaimana peralatan penguatan yang diperlihatkan pada gambar 6.3.

Untuk benda-benda yang ukurannya besar dimana volume dari bahan logam cair juga sangat banyak diperlukan ketebalan dinding cetakan yang cukup tebal sehingga diperlukan penguatan agar pada saat penuangan pasir cetakan tidak runtuh, lihat gambar 6.2.



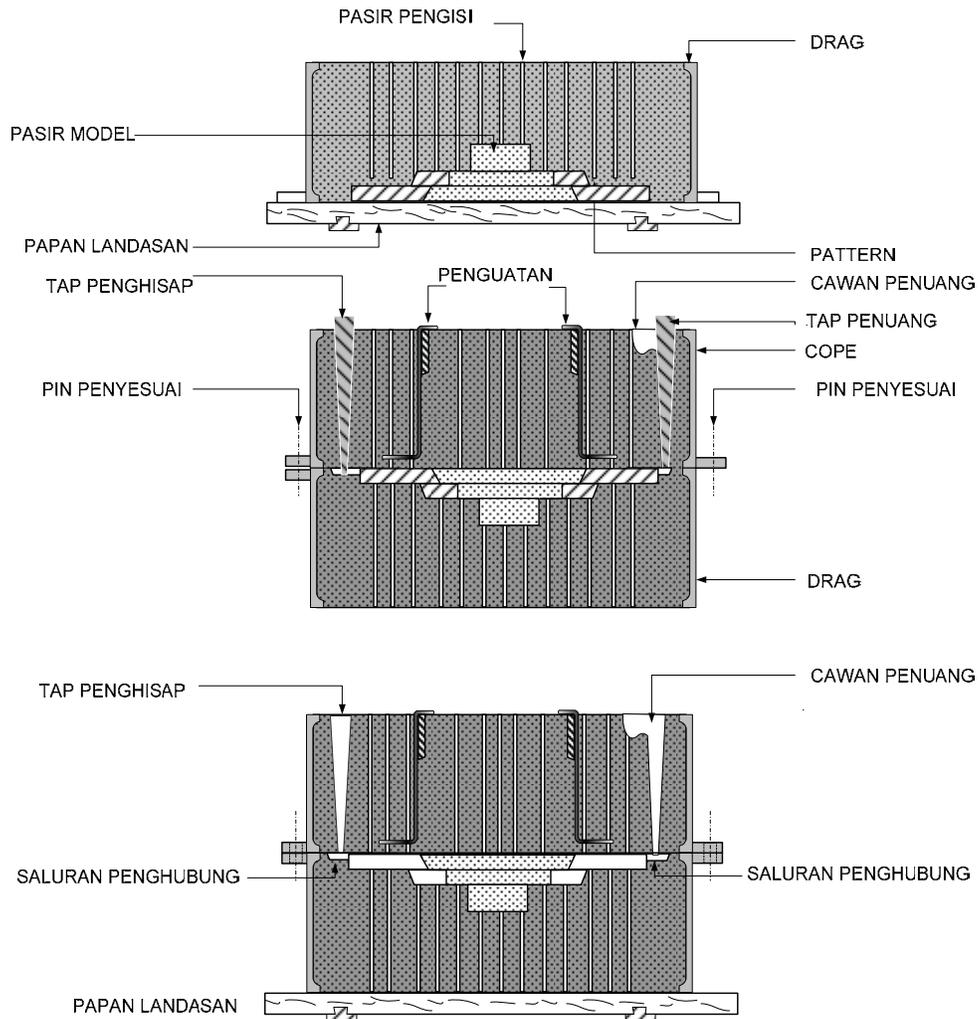
Gambar 6.7 Piringan Rem (Disk Brake)

Untuk pekerjaan penuangan (pengecoran) bentuk benda seperti diperlihatkan pada gambar 6.7, dimana cetakan terbuat dari cetakan pasir dengan posisi benda berada pada cetakan bagian bawah (drag), pengerjaannya dilakukan secara manual (dengan tangan).

Pembuatan model merupakan pekerjaan awal dalam pembuatan cetakan, dengan berbagai ketentuan, model dibuat sesuai dengan bentuk aslinya. Pada proses ini dimana semua bagian bentuk benda berada pada salah satu dari bagian cetakan, maka model merupakan bentuk utuh. Tidak semua model dapat dilakukan seperti ini tentu saja hal ini bergantung pada bentuk dimensi dari benda kerja yang akan dibuat.

Untuk proses pekerjaan pembuatan cetakan benda yang demikian ini dapat dilakukan dengan langkah sebagai berikut :

Lihat gambar 6.8 susunan pola (pattern) yang dibuat dari kayu dengan ukuran ditambah allowance dengan bentuk dimensi sama dengan bentuk yang diinginkan, demikian pula dengan inti (teras) namun unruk teras ini dibuat dari pasir cetak.

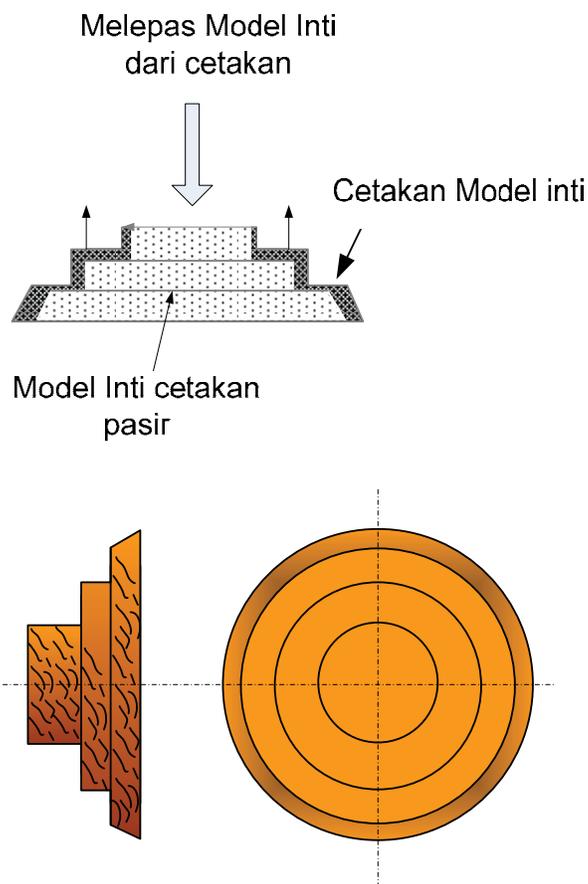


Gambar 6.8. Cetakan dengan penguatan untuk model seluruhnya pada drag (cetakan bawah)

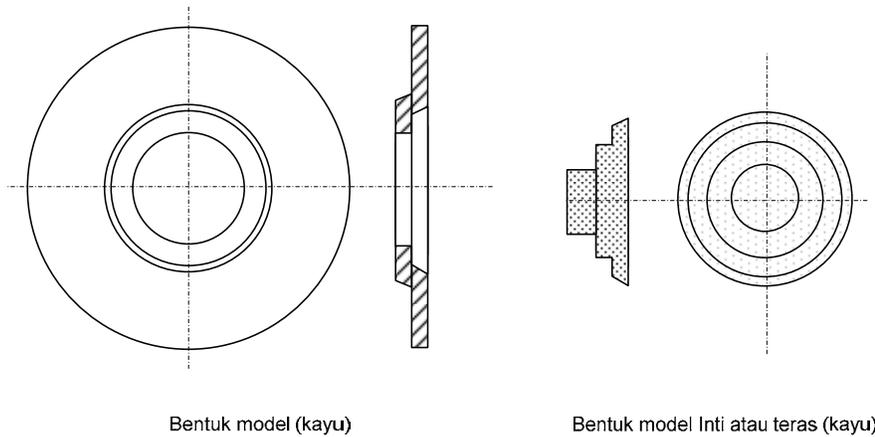
- Pembuatan model/inti dengan resin pembuatan model inti dari pasir dapat dilakukan dengan membentuk cetakan dari pola inti terlebih dahulu, yang baik cetakan pola inti dibuat dari bahan resin (fire-glass). Bentuk pola (*model*) dibuat dari kayu sesuai dengan bentuk sebenarnya. Untuk bentuk model inti seperti dalam kebutuhan penuangan pada gambar 6.9, dimana sudah memiliki ketirusan sehingga akan mudah melepaskan model inti tersebut nantinya dari dalam cetakan, namun jika tidak dimungkinkan untuk memberikan ketirusan maka cetakan terpaksa dibagi dua atau pemotongan-pemotongan cetakan sesuai dengan bentuk benda itu sendiri. Langkah-langkah kerja pembuatannya dapat dilakukan sebagai berikut :
 - a) Model (*pattern*) inti yang telah dibentuk sesuai dengan bentuk yang dibutuhkan dihaluskan permukaannya, kehalusan permukaan ini penting dimana akan menghasilkan permukaan cetakan yang halus pula disamping akan mudah melepaskan hasil cetakan dari dalam cetakan tersebut.
 - b) Poleskan "*Mould release wax*" (diperdagangkan dengan merk *Mirror Glaze* keseluruhan permukaan model hingga rata dan yakinkan pori-pori dari kayu dapat tertutup dengan lapisan ini. *Mould release wax* berfungsi sebagai pemisah antara cetakan dengan pola, Model (*pattern*) sehingga cetakan akan mudah dilepas.
 - c) Periapkan resin (dipasaran dikenal dengan "resin butek"). Untuk ukuran cetakan seperti pada gambar 39 diperlukan kurang lebih $\frac{1}{4}$ kg dapat dicampur dengan talk ± 10 sampai 20 % dari volumenya, kemudian diaduk hingga rata. Jika terlalu kental dapat diencerkan dengan "Stieren Monomer" secukupnya tidak terlalu encer karena akan mengurangi kekuatan hasil cetakan.
 - d) Selanjutnya siapkan pula "Hardener" atau resin-katalis, biasanya kebutuhan katalis ini ± 20 sampai 25 cc tiap 1 kg resin.
 - e) Persiapkan pula "metch" atau serat Fibre $\pm 40 \times 40$ Cm.dan
 - f) Mangkok kecil untuk adonan serta kuas dan sabun cuci.
 - g) Tuangkan resin yang telah dipersiapkan pada poin c) ke dalam mangkuk dan berikan 5 sampai 10 tetes katalis dan diaduk hingga rata. (lakukan secara cepat karena bahan ini akan cepat mengeras), dan dengan menggunakan kuas oleskan keseluruhan permukaan model yang telah dipersiapkan pada poin b).
 - h) Lepaskan serabut fibre dari lembarannya dan bubuhkan pada model yang telah dikerjakan di poin g) kemudian oleskan kembali resin dengan gerakan sedikit menekan dengan menggunakan kuas hingga serat larut pada resin tersebut.

- i) Lakukan poin g) dan h) ini berulang-ulang hingga mencapai ketebalan yang memadai ($\pm 3\text{mm}$). dan biarkan pada udara terbuka kira-kira 5 sampai 10 menit, kemudian
- j) Potong/raipkan sisa serabut (Metz) yang keluar dari bentuk pola (model) dengan menggunakan pisau (cutter).
- k) Setelah benar-benar kering keluarkan model dari dalam cetakan. Lihat gambar 6.9. dan siap untuk digunakan.

Model Inti (teras) dibuat dari pasir minyak setelah pembentukan, teras dikeringkan dan dipoles dengan cairan serbuk batu bara. Teras dengan bahan pasir minyak ini dimana pengikatnya adalah minyak setelah penguapan minyak akan terbakar sehingga teras mudah untuk dikeluarkan.

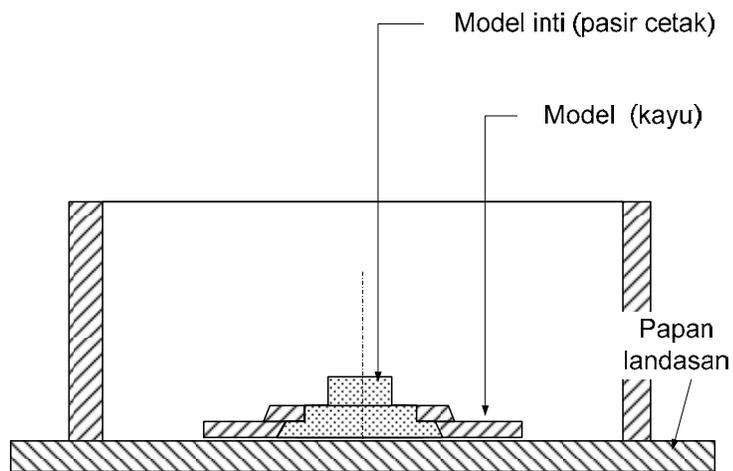


Gambar 6.9 Cetakan fibre untuk model inti



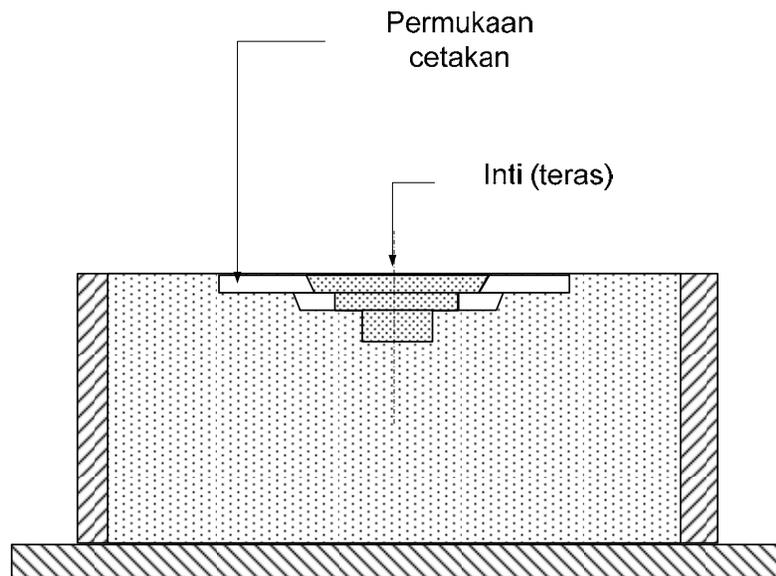
Gambar 6.10 Susunan Model dan inti (teras) untuk pengecoran piringan rem (Disk Brake)

- Rangka cetakan (lihat gambar 6.3 dan 6.4) yang akan digunakan yakni untuk drag dan cope dipersiapkan sesuai dengan pasangannya.
- Rangka cetakan bagian atas (*Drag*) ditempatkan pada papan landasan dengan posisi terbalik.
- Menyusun pola Model dan inti (teras) di atas papan landasan dengan posisi terbalik Lihat gambar 6.11.



Gambar 6.11 Kedudukan pola Model dan inti di dalam cetakan

- Memasukan pasir cetak kedalam cetakan ini dengan memberikan penguatan sedemikain rupa, dan tempatkan model (*Pattern*) pada bagian atas serta isi dengan pasir kemudian dipadatkan dengan memberikan sedikit air dan ratakan permukaan pasir pada bagian model serta cetakan tersebut, akan tetapi model harus mudah dilepas.
- Balikan cetakan (*drag*) dengan memutar pada arah "gerakan matahari" hingga posisi bawah menjadi posisi atas. Lihat gambar 6.11.



Gambar 6.12 Drag pada kedudukan yang sebenarnya

- Haluskan permukaan bentuk benda yang dihasilkan oleh bentuk model tadi dengan menaburkan debu pasir
- Proses berikutnya ialah penghitaman dengan cara memolesnya dengan larutan graphite jika cetakan menggunakan pasir kering. Tetapi untuk cetakan yang pasir basah biasanya penghitaman diberikan dengan menyemprotkan tepung batu bara tersebut, melalui proses ini juga akan diperoleh benda tuangan yang memiliki permukaan yang halus. Dalam keadaan padat cetakan ini juga harus porous sehingga dapat membuang gas yang terbentuk akibat pemanasan.

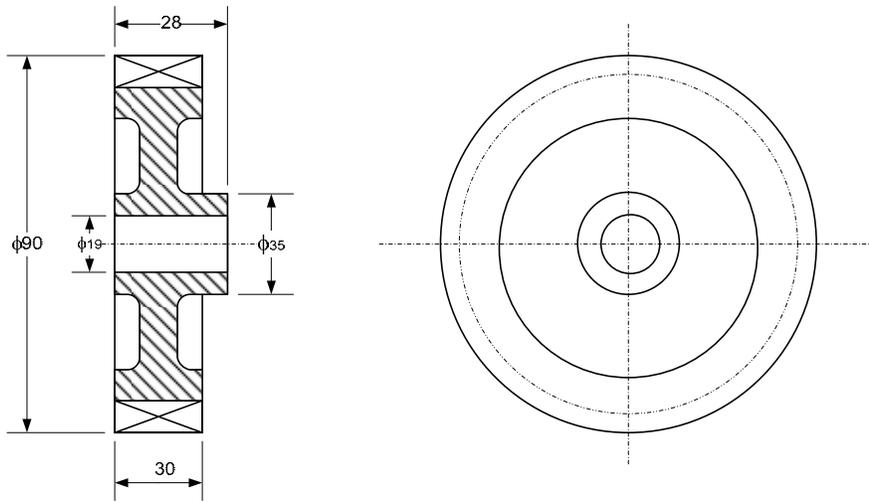
- Buatlah saluran-saluran seperti saluran “penghubung” serta saluran untuk laluan udara (gas).
- Persiapan rangka cetakan bagian atas (cope), sebagaimana juga dilakukan pada drag dimana untuk cope ini juga ditempatkan pada landasan dengan posisi terbalik.
- Mengisi pasir cetak dari jenis pasir yang diinginkan (lihat hal 57 dan 58 tentang macam-macam pasir cetakan) dengan memberikan penguatan sesuai dengan kebutuhannya serta dipadatkan.
- Lakukan pula proses penghitaman dibagian permukaan bentuk pola (patern).
- Setelah dikeringkan balikan pula cope ini sesuai dengan “arah gerakkan matahari”
- Tempatkan cope di atas drag dengan posisi sejajar menurut posisi pin pengarah.
- Buatlah lubang-lubang saluran seperti tap penuangan, tap pengisap gas dan lain-lain.
- Jika semua proses telah dilaksanakan maka cetakan siap untuk diisi dengan logam cair.

b. Seluruh bagian bentuk kerja berada pada kedua bagian cetakan (Drag dan cope).

Dalam pembentukan benda tuangan dimana bentuk model dari benda kerja berada pada kedua bagian dari cetakan yakni *drag* dan *cope* ini sebenarnya tidak terdapat perbedaan yang prinsip dimana hanya proses pengejaannya yang berbeda, tentu saja perbedaan ini tergantung pada bentuk benda kerja yang dikehendaki, jika kita melihat kerumitan pekerjaan tentu saja lebih rumit dibanding dengan contoh a kendati pada pekerjaan yang rumit kecenderungan akan risiko terjadi kesalahan ini lebih besar dari pada pekerjaan yang sederhana, namun karena tuntutan pekerjaan dan cara ini merupakan salah satu yang mungkin dapat dilakukan. Namun demikian upaya menyederhanakan pekerjaan ini hendaknya diupayakan semaksimal mungkin.

Contoh :

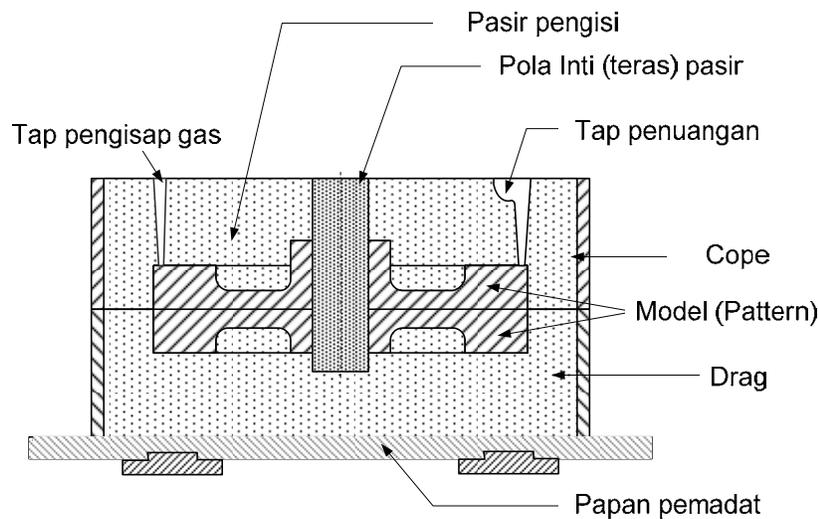
Contoh ini merupakan salah satu jenis pekerjaan pengecoran untuk pembuatan "Blank roda gigi lurus (spur-gear)" untuk $F = 1 \frac{1}{8}$ " sudut tekan 20° dari bahan Cast-Iron. Dengan spesifikasi bahan sebagaimana terlihat pada gambar 44 berikut. Contoh pekerjaan penuangan (pengecoran) ini merupakan salah satu bentuk pekerjaan dengan bentuk Model (Pattern) berada pada kedua bagian cetakan (drag dan Cope) serta betuk inti atau teras.



Gambar 6.13. Blank roda gigi lurus

Sebagaimana telah diuraikan dalam beberapa penjelasan terdahulu dimana proses pembentukan benda kerja melalui proses pengecoran ini harus diawali dengan analisis terhadap spesifikasi yang di syaratkan dari benda kerja yang diinginkan dari spesifikasi geometris yang berhubungan dengan dimensional hingga spesifikasi mekanis yang berhubungan dengan kekuatan bahan untuk menentukan jenis bahan tuangan yang akan digunakan serta kesesuaiannya dengan bahan cetakan dan metoda pembentukannya.

Pekejaan pengecoran untuk benda kerja sebagaimana terlihat pada gambar 6.13 dapat dibentuk dengan cetakan pasir dari salah satu jenis pasir yang telah kita ketahui, demikian pula dengan inti (teras)nya, namun melihat bentuk dari benda ini, Pola (model) akan berada pada kedua bagian dari cetakan sehingga bentuk model harus dibelah menjadi dua bagian, yakni sebagian berada pada drag dan sebagian lagi berada pada cope serta sebuah inti dari pasir cetak itu sendiri.



Gambar 6.14. Posisi cetakan dari bentuk cetakan blank roda gigi lurus

Proses pengerjaan untuk benda dimana bentuk benda berada pada kedua bagian cetakan ini dapat dilakukan sebagai berikut :

Pembuatan cetakan

Proses pembuatan cetakan dapat dilakukan secara manual dengan melakukan persiapan-persiapan yang meliputi :

- Peralatan
- Bahan cetakan (pasir cetak)
- Papan landasan
- Pola atau model (*patern*) untuk cetakan bawah (dag)
- Pola atau model (*patern*) untuk cetakan atas (cope)
- Pola saluran penuangan (saluran turun) dan saluran gas
- Pola Inti serta alat-alat bantu lainnya.

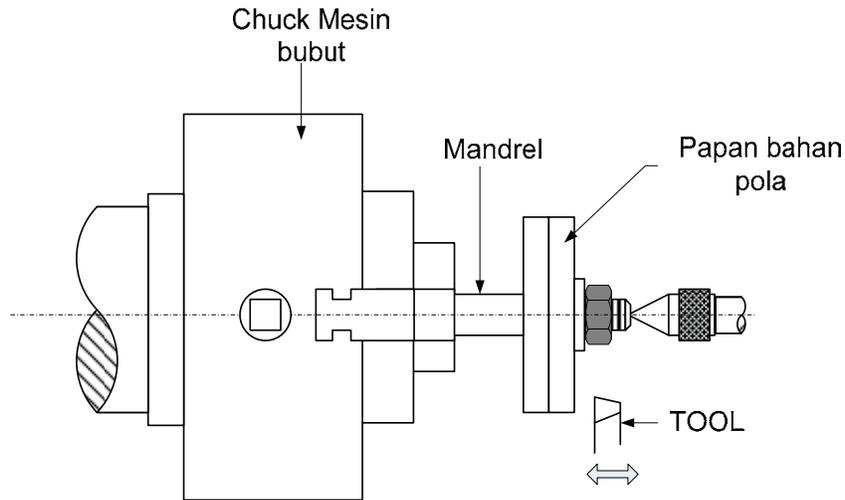
1) Peralatan

Peralatan yang diperlukan untuk pembuatan cetakan pasir yang dilakukan secara manual diperlukan berbagai peralatan pokok yakni rangka cetakan. Jika rangka cetakan tidak menggunakan rangka cetakan baja maka dapat digunakan rangka cetakan kayu yang ukurannya disesuaikan dengan ukuran benda yang akan dibuat dan masing-masing ditambah dengan ketebalan dinding cetakan, untuk

itu maka diperlukan peralatan pertukangan kayu, seperti gergaji, ketam, palu, paku dan lain-lain. Disamping itu perlatan khusus yang digunakan untuk keperluan pengecoran logam sebagaimana diperlihatkan pada gambar 6.14. serta ladle (paci tuang) seperti terlihat pada gambar 6.4 halaman 6.. Peralatan yang mungkin diperlukan juga antara lain pengayak pasir cetak yang berfungsi untuk menyeragamkan ukuran butiran (mesh) pasir itu sendiri.

2) Pelaksanaan pembuatan cetakan.

- a) Proses awal pembuatan cetakan ini dilakukan dengan terlebih dahulu membuat model atau Pola (Pattern), dengan posisi model berada pada kedua bagian cetakan yakni drag dan cope maka model dibuat dari dua keping kayu (papan) yang digabungkan, dengan model yang berbentuk bundar, pengerjaannya dapat dilakukan pada mesin bubut (dapat digunakan mesin bubut kayu atau mesin bubut besi) dengan pemegang "mandrel" lihat Gambar 6.15

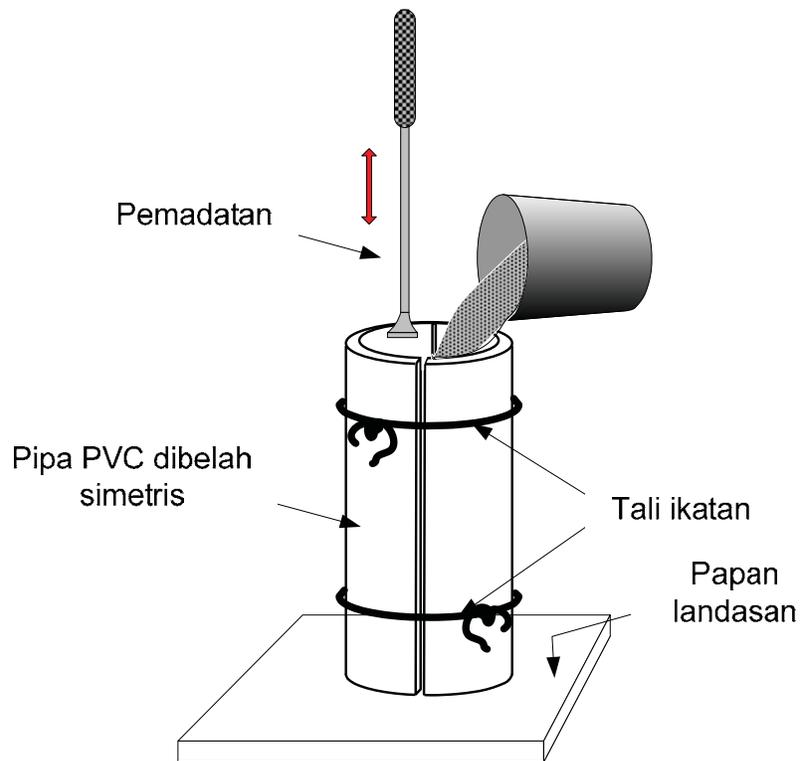


Gambar 6.15 Pembentukan pola (pattern) pada Mesin bubut

Penambahan ukuran diberikan (allowance) sebesar ketentuan pada uraian berikut dimana benda kerja akan dilakukan pengerjaan lanjutan melalui proses pemesinan (machining).

- b) Dua keping papan disatukan dengan mandrel, untuk benda bundar (bulat) seperti gambar 44 dengan bentuk simetris tidak perlu menggunakan pena pengarah, namun untuk menghindari kesalahan posisi penggunaan pena pangarah ini akan lebih baik.
- c) Pekerjaan berikutnya ialah pembuatan inti, dimana inti (teras) ini dibuat dari pasir cetak dari jenis Pasir minyak atau pasir kwarsa dengan campuran minyak nabati (lihat poin d halaman 58).

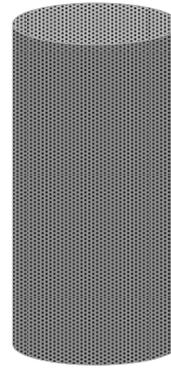
Inti atau teras ini dibentuk dengan menggunakan pola luar yang dibuat dari plat yang dirol atau jika ukurannya sesuai dengan standar pipa PVC dapat juga digunakan pipa tersebut yang dibelah simetris kemudian diikat dengan kawat untuk memudahkan membuka cetakan inti tersebut.



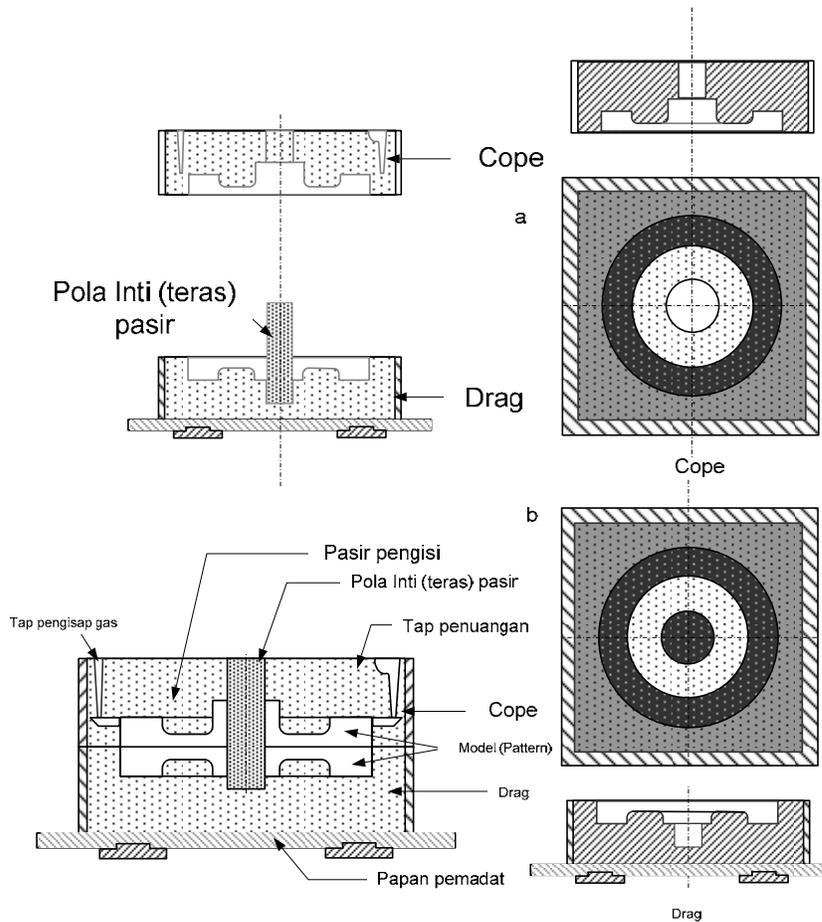
Gambar 6.16 Pembuatan pola Inti (pasir)

Model (pola) Inti (teras) dari pasir cetak hasil pencetakan.

Pola Inti yang telah terbentuk seperti pada gambar 6.17 selanjutnya diberi lapisan jelaga dapur kupola atau serbuk grafit yang dicairkan agar permukaannya rata dan halus sehingga menghasilkan permukaan hasil penuangan yang halus pula. Setelah kering pola inti ini siap untuk didudukkan pada cetakan sesuai dengan posisi yang dikehendaki lihat uraian berikut.



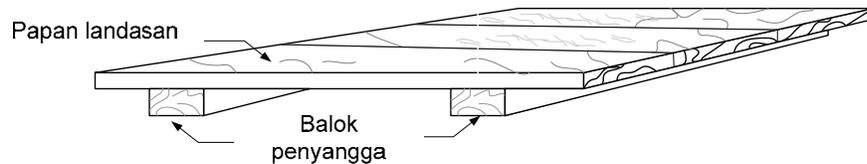
Gambar 6.17



Gambar 6.18 Pembuatan cetakan dan inti (Core)

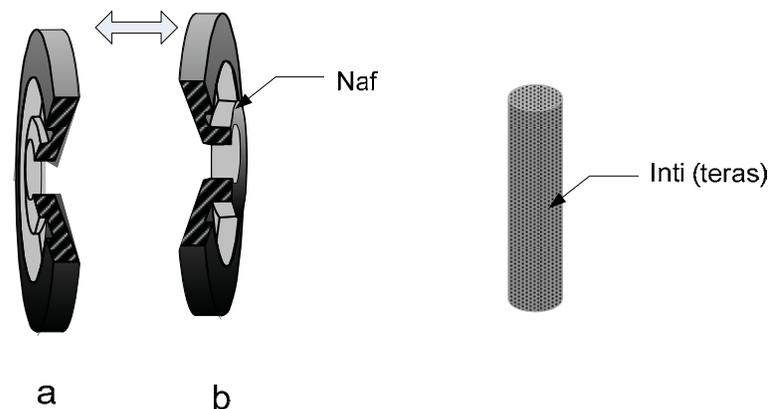
d) Urutan pekerjaan yang harus dilakukan dan dipersiapkan sebelum pengisian pasir kedalam rangka cetak, antara lain :

- Menyiapkan Plat (papan) landasan. Pelat (papan landasan) ini harus kuat agar saat pemadatan tidak bergetar sehingga merubah bentuk dari cetakan tersebut. Papan ditempatkan diatas balok penyangga untuk menyetabilkan kedudukan rangka cetak.



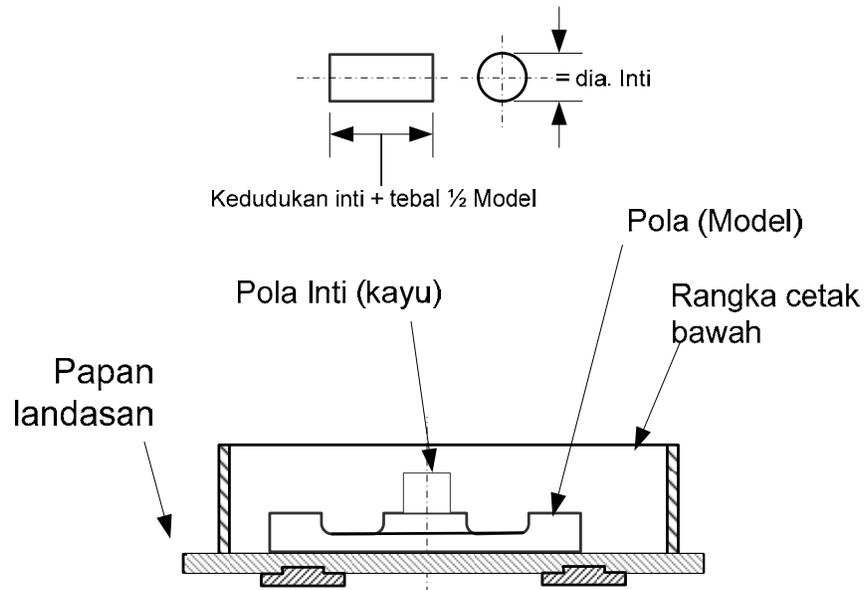
Gambar 6.19 Pelat (papan) landasan

- Model yang telah dibentuk pada poin c dilepas dari mandrelnya, dengan demikian akan didapat dua bagian Model yakni model yang akan dibentuk pada cetakan atas (Cope) dan Model yang akan dibentuk pada bagian bawah (drag).



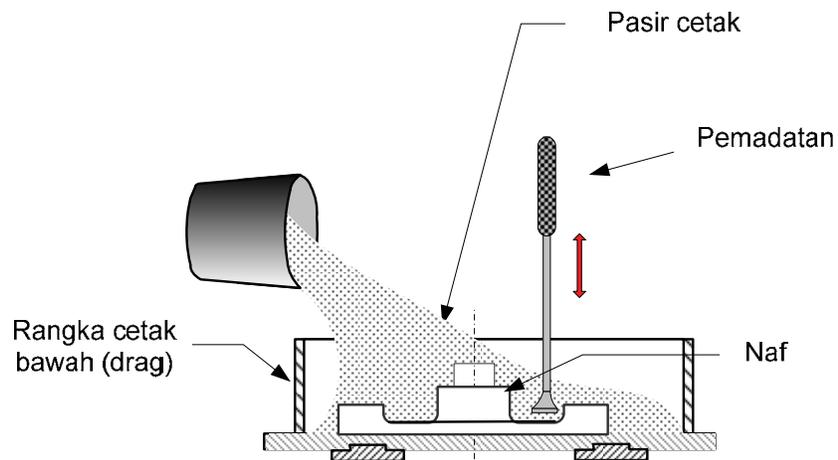
Gambar 6.20 Satu pasang model hasil pembentukan dengan mesin bubut dibelah simetris (a dan b) dan Inti (core)

- Tempatkan rangka cetak diatas papan sebagaimana terlihat pada gambar 50 dan posisikan model b (gambar 6.21) untuk cetakan bawah (drag) dengan pola inti (kayu) untuk kedudukan inti (teras) pasir. Pola kayu yang akan digunakan sebagai tempat kedudukan inti (teras) ini harus mudah dibuka agar tidak merubah bentuk cetakan selama proses pelepasan dan pemasangan pola Inti yang terbuat dari pasir cetak.



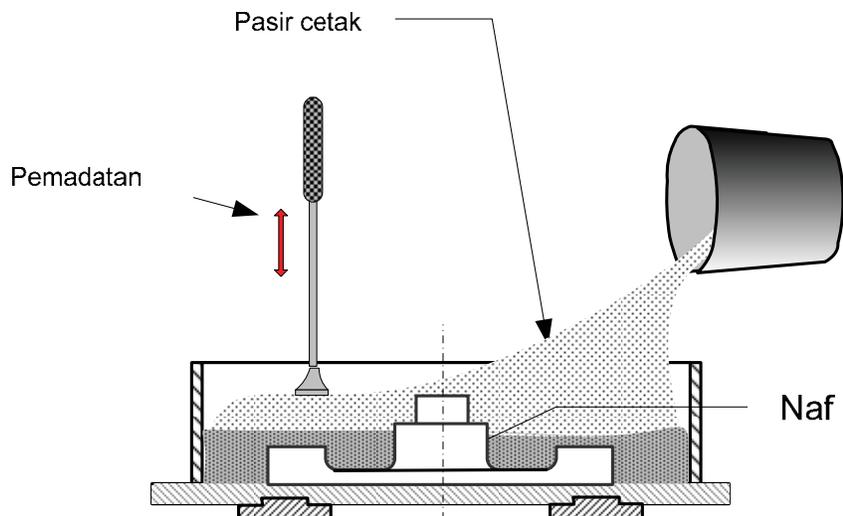
Gambar 6.21 kedudukan pola dan inti pada cetakan bawah (drag) di dalam rangka cetak

- e) Pengisian pasir kedalam rangka cetak. Untuk pengisian pasir kedalam rangka cetak dilakukan secara bertahap, yakni dengan penuangan sejumlah pasir cetak setebal ± 40 mm diatas pola. Pasir cetak pada bagian ini harus padat, yang dilakukan secara hati-hati agar tidak merubah posisi pola, untuk pemadatan ini digunakan penumbuk. (lihat gambar 6.22).

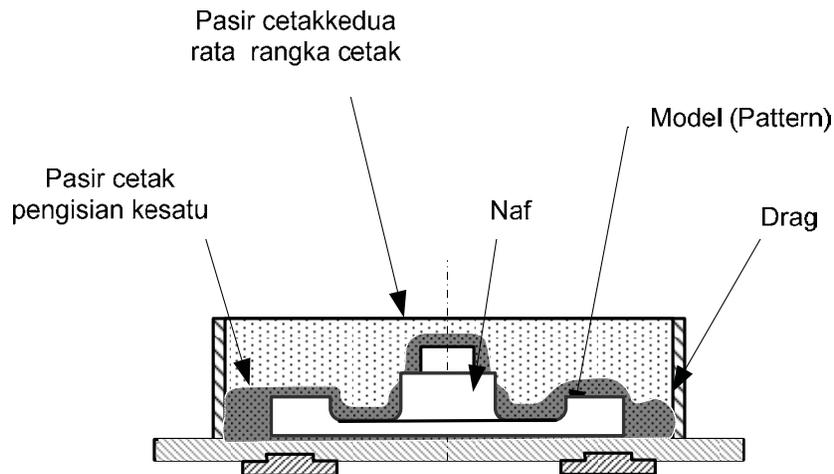


Gambar 6.22 Pengisian pasir cetak pada cetakan bawah (drag)

Pengisian pasir kedalam rangka cetak untuk tahap kedua atau langkah berikutnya dilakukan setelah pasir yang dituangkan pada tahap kesatu dipadatkan, pengisian ini dilanjutkan sedikit demi sedikit disertai pemadatan hingga ketinggian pasir rata dengan permukaan rangka cetakan, kemudian diratakan dengan mistar atau papan.



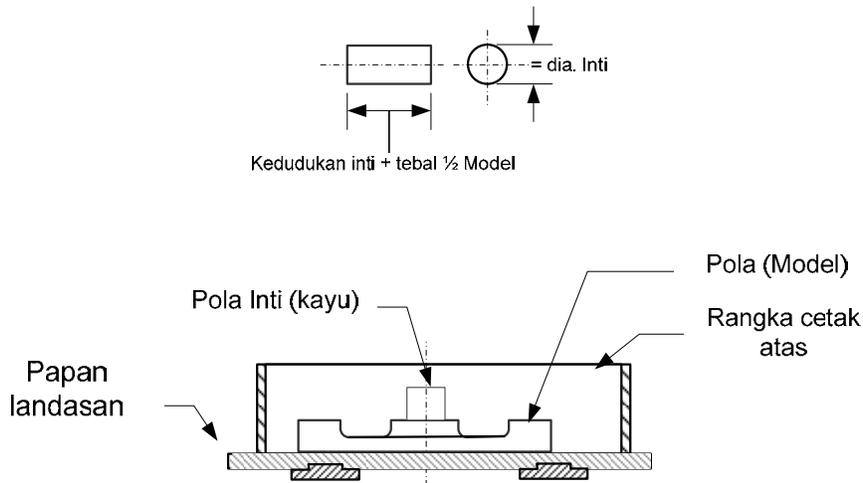
Gambar 6.23 Pengisian pasir cetak tahap ke 2 pada cetakan bawah (drag)



Gambar 6.24 Pengisian pasir cetak tahap ke 2 rata pada rangka cetakan bawah (drag)

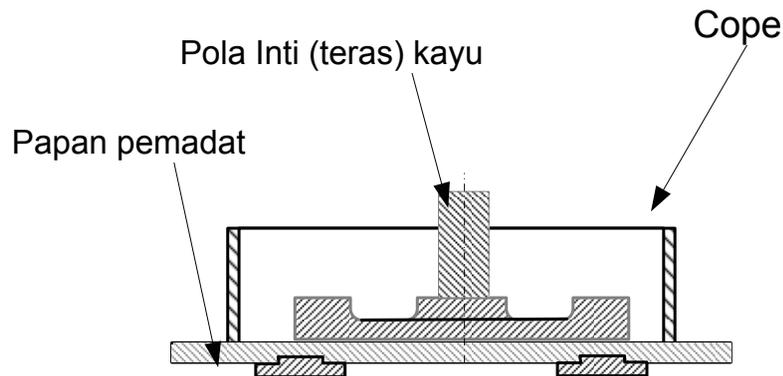
- f) Untuk selanjutnya kita akan membentuk cetakan kedua yakni bagian cetakan pada cope, sebenarnya tidak jauh berbeda dengan pembentukan cetakan pada cetakan bawah (drag), dimana proses pembentukan cope ini rangka cetak atas (cope) juga diposisikan seperti dalam pembentukan cetakan atas (drag). lihat gambar 56 berikut.

Pada bentuk benda sebagaimana diperlihatkan pada gambar 6.18a dan 6.18b yang memiliki "naf" lebih panjang dari pada 6.18a serta telah terbentuk pada drag, hal ini dimaksudkan agar mempermudah dalam proses pengecorannya. Maka untuk Cope ini digunakan untuk membuat cetakan dari bentuk model 6.18a. Pada cetakan yang dibuat pada cope ini selain bentuk model juga ditempatkan saluran-saluran, seperti saluran penuangan (pengisian), saluran isap, dan saluran pembuang gas. Oleh karena peralatan untuk pembuatannya harus dipersiapkan terlebih dahulu serta harus dirancang sedemikian rupa posisi saluran-saluran tersebut serta dipilih salah satu metoda yang tepat agar proses penuangan menghasilkan produk yang memuaskan, karena kesalahan dalam memosisikan saluran-saluran ini akan mengakibatkan terjebaknya udara atau gas sehingga hasil tuangan akan kropos (lihat pada uaian pembahasan berikutnya)



Gambar 6.25 kedudukan pola dan inti pada cetakan bawah (drag) didalam rangka cetak

Pemasangan Model Inti (teras) pada bentuk cetakan atas (cope) ini dibuat tembus ke permukaan rangka cetak atau model inti ini boleh dibuat lebih panjang melewati permukaan rangka cetak, dengan demikian pula akan mempermudah mengeluarkan pola inti tersebut. (lihat Gambar 6.26).

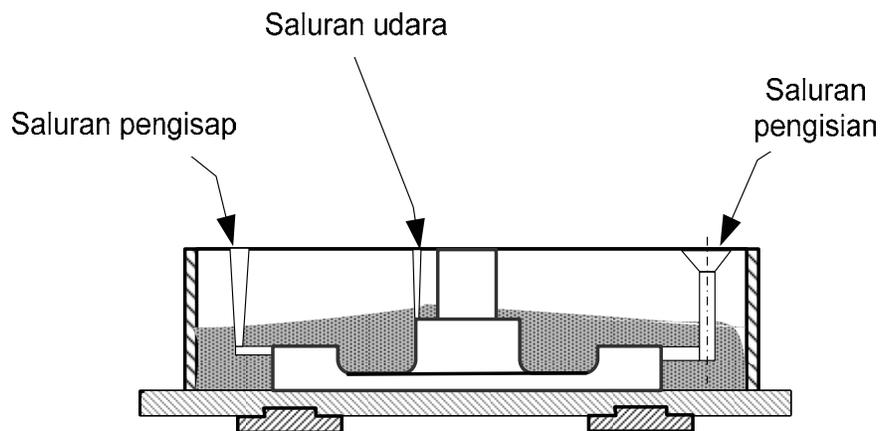


Gambar 6.26. Penempatan pola dan pola inti pada cetakan atas (Cope)

g) Menentukan system saluran. Dalam pembuatan cetakan system saluran harus dirancang sedemikian rupa agar seluruh rongga cetakan terisi logam cair secara merata, serta tidak terhambat oleh gelembung udara atau gas. System saluran dapat dipilih salah satu dari beberapa system dibawah ini :

- Saluran langsung
- Saluran tidak langsung
- Saluran cincin
- Saluran Trompet
- Saluran pensil
- Saluran betingkat
- Saluran baji dan
- Saluran bawah

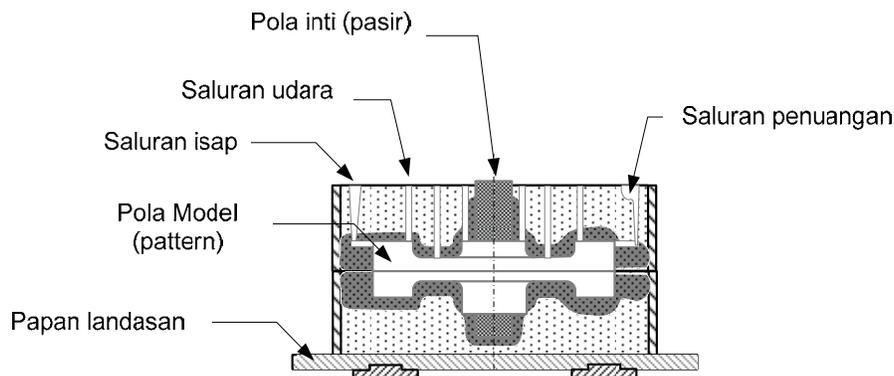
Untuk pengecoran bentuk benda sebagaimana telah dibahas sebelumnya bias dilakukan dengan memakai system saluran cincin atau saluran pisah dengan posisi saluran sebagaimana diperlihatkan pada gambar 6.27



Gambar 6.27 Posisi saluran-saluran pada cetakan atas dengan system saluran tidak langsung

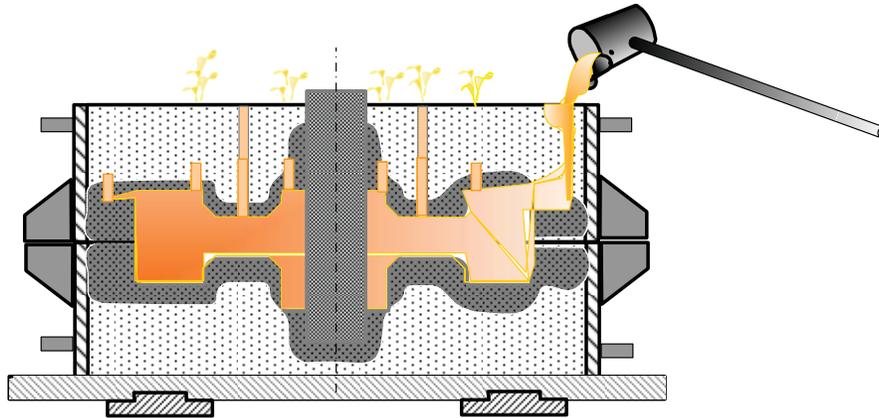
Pengisian pasir ke dalam rangka cetak. Sebagaimana juga dilakukan pada pembuatan cetakan bawah (drag) juga dilakukan untuk pembuatan cetakan atas (Cope) dimana untuk pengisian pasir kedalam rangka cetak dilakukan secara bertahap, yakni dengan penuangan sejumlah pasir cetak setebal ± 40 mm diatas pola. Pasir cetak pada bagian ini harus padat, yang dilakukan secara hati-hati agar tidak merubah posisi pola, untuk pemadatan ini digunakan penumbuk seperti pada gambar 6.22.

- h) Pekerjaan berikutnya ialah menempatkan kembali rangka cetak, yakni menggabungkan kedua cetakan (drag dan cope), pada benda bulat simetris ini sebenarnya tidak terlalu sulit dimana yang paling penting adalah penempatan posisi kedudukan teras (Inti)nya telah ditempatkan ditengah-tengah rangka cetak, dengan memposisikan lubang cope pada inti serta posisi pen pengarah dari rangka cetak dalam keadaan sejajar, maka posisi rongga sudah sejajar. Namun akan berbeda dengan pemasangan kembali Cope pada drag untuk benda-benda yang memiliki bentuk tidak beraturan atau tidak simetris dimana kita harus berpedoman pada arah membalik dari cope dan drag ; arah pergerakan matahari menjadi pedoman memposisikan rangka-rangka cetak tersebut sehingga bentuk rongga akan sama dengan bentuk benda yang kita kehendaki. Bentuk dan posisi cetakan yang telah siap untuk dilakukan pengecoran sebagaimana terlihat pada gambar 6.28.



Gambar 6.28 Posisi cetakan atas dan cetakan bawah serta saluran-salurannya

- i) Proses penuangan merupakan proses yang menentukan keberhasilan dalam pembentukan benda kerja, oleh karena itu didalam pelaksanaannya harus dilakukan secara hati-hati terutama dalam memperlakukan cetakan ini. Dan yang paling penting lagi dalam proses penuangan ini ialah factor keselamatan kerja, alat-alat keselamatan kerja seperti sarung tangan, sepatu, kaca mata dan lain-lain hendaknya sangat diperhatikan. Tentang peralatan keselamatan kerja ini akan dibahas pada bab berikutnya.

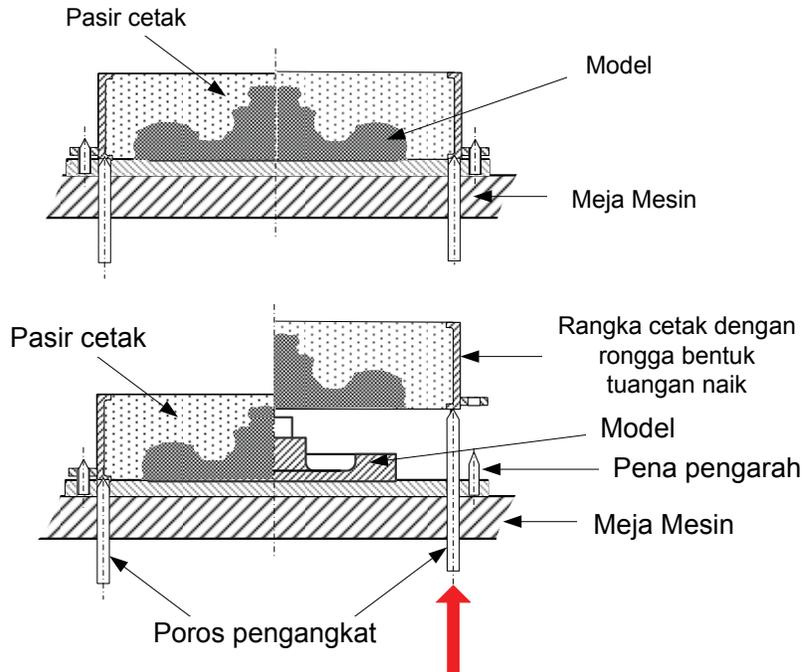


Gambar 6.29 Proses penuangan

2) **Cetakan pasir dibuat dengan cara mekanis**

a. **Vibrator bertekanan**

Proses pembuatan cetakan dari bahan pasir yang dilakukan secara mekanis ini ialah proses pembuatan cetakan dengan menggunakan mesin sebagai alat bantu terutama dalam proses pemadatan pasir didalam rangka cetak. Mesin pembuat cetakan ini akan menghasilkan cetakan yang cukup padat, akan tetapi bentuk model dari benda tuangan tetap harus kita buat sesuai dengan bentuk benda yang diinginkan. Berbagai bentuk dan sistem kerja dari mesin cetak ini diantaranya mesin bertekanan dan mesin getar (vibrator) atau gabungan dari keduanya. Keuntungan pekaian mesin ini ialah cetakan sangat kuat dan padat dan dapat membuat cetakan dua bagian sekaligus yakni bagian drag dan cope, kepadatan dapat diukur dan dikendalikan sesuai dengan tingkat kepadatan yang dikehendaki. (Lihat gambar 6.30)



Gambar 6.30 Membuat cetakan dengan menggunakan mesin cetak

b. Penyembur pasir

Mesin penyembur pasir ini merupakan mesin pengisi pasir kedalam cetakan atau terlebih dahulu pada permukaan model, pengisian pasir dengan mesin penyembur ini menghasilkan pengisian secara merata walaupun masih diperlukan pemadatan dibagian sisi pola, buiran pasir juga akan lebih seragam. Penyemburan pasir ini biasanya diberikan oleh sudu dari baling-baling.

Die Casting atau penuangan dengan cetakan logam

Proses pengecoran dengan cetakan logam prinsip penuangannya tidak jauh beda dengan penuangan pada cetakan pasir, yang berbeda pada system ini ialah bahan cetakan itu sendiri yakni cetakan dibuat dari bahan logam, tentu saja salah satu syarat dari cetakan logam ini adalah logam bahan cetakan harus tahan terhadap temperatur tinggi sehingga apabila bahan logam cair dituangkan kedalam cetakan tersebut tidak mengakibatkan perubahan bentuk pada cetakan tersebut yang akan mengakibatkan berubahnya bentuk produk hasil cetakan itu sendiri.

Disamping itu pula produk hasil pencetakan harus mudah dikeluarkan dari dalam cetaknya. Untuk kebutuhan ini sebagai bahan cetakan (dies) dipilih dari baja paduan (alloy steel) misalnya: "heat resistant steels", yang diproduksi BÖHLER dengan Standar SAE (AISI)-310/314 (30310) type : ANTI THERM FFB/FF, SAE (AISI) 305/309 (-30309) atau sejenis dari produser baja yang lainnya, atau dapat pula menggunakan baja tuang dengan kandungan *fosphor dan sulphur* atau *besi tuang perlitis*.

Pembuatan Dies ini memerlukan biaya yang cukup mahal serta penggunaan Mesin dan peralatan khusus serta disain yang cermat, namun demikian perkembangan teknologi dan rekayasa industri melalui system Computerisasi rancangan dan manufacture (CAD/CAM), pemakaian mesin EDM dan lain-lain, pembuatan dies relatif menjadi lebih mudah. Oleh karena itu die Casting biasanya diterapkan dalam pembuatan produk-produk dengan tingkat ketelitian tinggi dan produksi terus menerus (mass production) atau produksi dengan jumlah banyak dan seragam.

Dalam perkembangannya pemakaian mesin pembuat cetakan logam ini mengalami kemajuan yang pesat mengingat proses pembentukan melalui pengecoran dapat dipertimbangkan sebagai suatu proses yang cukup efisien dengan menghasilkan produk dengan kualitas yang dikendalikan sejak bahan berbentuk bahan baku yang diformulasikan secara sistematis, proses pembentukan melalui pemesinan serta memungkinkan diperbaiki sifatnya melalui proses perlakuan panas. Namun untuk itu pula diperlukan berbagai kemampuan serta senantiasa mengembangkannya sesuai dengan kebutuhan dan perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi.

B. Proses peleburan (pencairan) logam tuangan (cor)

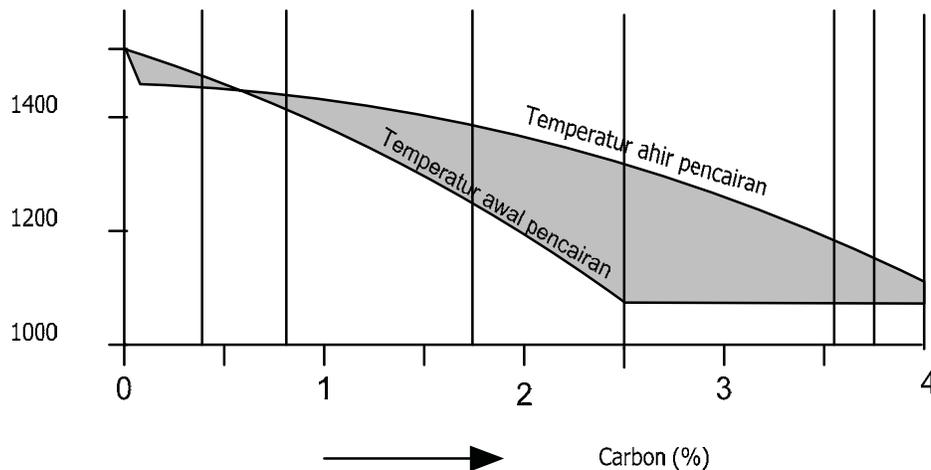
1. Berat Jenis, titik Cair dan koefisien kekentalan

Sebagaimana telah diuraikan pada bab III bahwa Besi tuang (cast Iron) ialah paduan dari besi dengan lebih dari 1,7 % Karbon, biasanya kadar Karbon ini berada pada kisaran antara 2,4 hingga 4 %. Merupakan bahan yang relatif mahal, untuk bahan yang diproduksi dari besi mentah cair, atau besi/baja tua, ini merupakan produksi Besi tuang yang memiliki fungsi mekanis sangat penting dan diproduksi dalam jumlah besar. Prosesnya sering dilakukan dengan cara menambahkan unsur graphite kedalam "ladle" sebagai pengendali. Paduan Besi tuang (Alloy Iron Castings) bahannya telah dilakukan penghalusan (refined) dan pepaduan besi mentah (pig Iron). Dalam prosesnya peleburan bahan logam ini tidak terlalu sulit terutama untuk

bahan-bahan yang diperoleh dari besi mentah (pig Iron) dengan kadar Karbon yang telah diketahui yakni antar 2,4 sampai 4%, sebagai baja hyper eutectoid hanya memerlukan pemanasan hingga mencapai temperatur cair yakni antara 1200° C hingga 1600°C hingga bahan mencair secara menyeluruh, hal ini akan berbeda tergantung kepada jenis klasifikasi dari bahan tuangan tersebut.

Sebelum kita melihat lebih jauh tentang proses pencairan logam tersebut, terlebih dahulu akan kita lihat maksud dan pengertian “*bahan dalam keadaan cair*”.

Sifat *cair* dari suatu bahan dapat dibandingkan dengan sifat cair dari “*air*” namun sifat cair dari bahan padat seperti logam akan terjadi apabila terjadi perubahan temperatur terhadap bahan padat itu sendiri, dimana terbentuknya bahan padat ini disebabkan oleh adanya gaya-gaya elektro magnetik dari partikel atom yang saling mengikat satu sama lainnya jika bahan tadi berada pada temperatur ruangan (room temperatur). Perubahan temperatur atau peningkatan temperatur akan menurunkan kemampuan daya ikat dari gaya elektromagnetik atom-atom tersebut. Pada temperatur tertentu, seperti logam Ferro hypo-eutectoid maupun hyper-eutectoid akan berubah strukturnya apabila dipanaskan pada temperatur diatas 723°C. Temperatur ini hanya akan mengubah struktur bahan ini artinya secara Visual dapat dilihat baja masih dalam keadaan padat (solid), namun demikian struktur atomnya sudah mulai terbuka dan dengan peningkatan temperatur bahan akan mendekati titik awal pencairan.



Gambar 6.31 Diagram hubungan antara kadar karbon dengan temperatur awal pencairan dan ahir pencairan

Pada titik awal dimana proses pencairan itu terjadi, sebagian besar dari komposisi bahan masih dalam keadaan padat, bahkan pada temperatur dimana proses pencairan terjadi secara menyeluruh, laju aliran akan berbeda dengan sifat cair dari air tersebut disamping pengaruh grafitasi yang dipengaruhi oleh berat jenis dari abahan itu sendiri. Tabel berikut ini memperlihatkan beberapa jenis bahan yang berbeda berat jenis titik cair dan koefisien kekentalannya.

Tabel 6.1 Berat Jenis, titik Cair dan koefisien kekentalan

Bahan	Berat jenis (g/mm ³)	Titik Cair (0 ⁰ C)	Koefisien kekentalan (Cm ² /det)
A i r	0,9982 (20) ⁰ C	0	0,010064
Air raksa	13,56 (20) ⁰ C	38,9	0,00114
Timah Putih	5,52 (232) ⁰ C	232,0	0,00199
Timah Hitam	10,55 (440) ⁰ C	327,0	0,00156
Seng	6,27 (420) ⁰ C	420,0	0,00508
Alumunium	2,35 (760) ⁰ C	660,0	0,00508
Tembaga	7,84 (1.200) ⁰ C	1.083,0	0,00395
Besi	7,13 (1.600) ⁰ C	1.537,0	0,00560
Besi Tuang/Cor	6,9 (1.300) ⁰ C	1.170,0	0,00230

2. Proses peleburan bahan tuangan

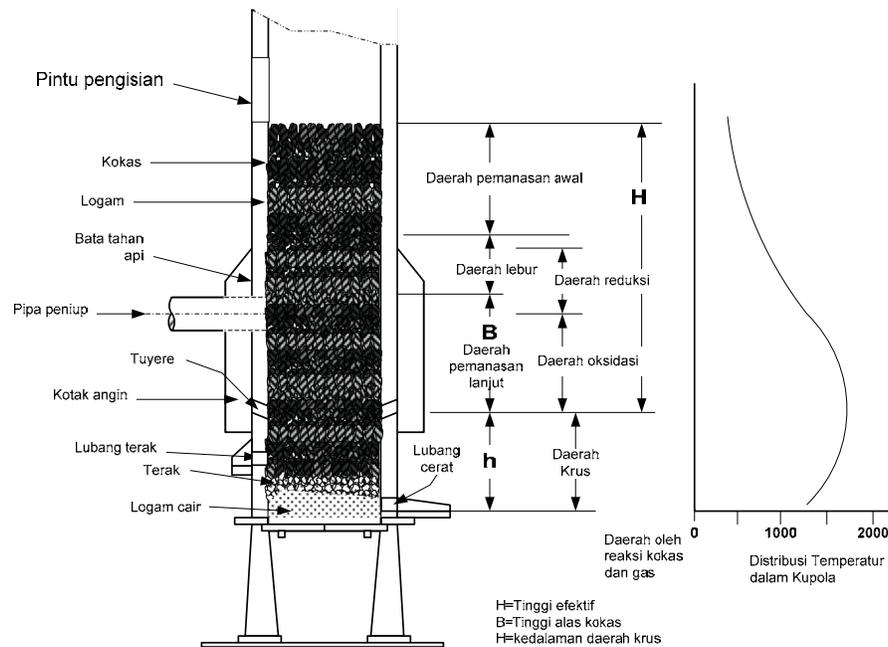
Proses peleburan bahan tuangan dilakukan dengan pemanasan didalam dapur *Cupola* dan dapur induksi frekwensi rendah (lihat uraian halaman 22 sampai 26)

Peleburan dengan dapur Kupola (*Cupola Furnace*) merupakan cara peleburan yang paling banyak digunakan dibanding dengan pemakaian dapur listrik dan dapur-dapur lainnya karena memiliki beberapa keunggulan, antara lain :

1. Konstruksi dapur kupola sangat sederhana dan mudah dalam pengoperasian
2. Biaya operasional relatif rendah
3. Kapasitas relatif besar
4. Komposisi kimia mudah dikendalikan
5. Dapat digunakan dalam peleburan secara terus-menerus.

3. Prosedur kerja pengoperasian dapur kupola

Dapur kupola dibuat dari baja berbentuk silinder dengan posisi tegak, pada dinding bagian dalam dimana proses peleburan itu terjadi dilapis dengan bata tahan api. Sebagai bahan bakar yang diperlukan untuk peleburan baja ini digunakan Kokas (batu bara). Bahan baku yakni bahan logam yang akan dilebur dimasukan kedalam dapur ini, tentu saja dengan susunan yang benar. Untuk itu pula dapur kupola didisain sedemikian rupa agar mudah dalam pengoperasiannya. Secara rinci susunan bagian-bagian dari dapur kupola ini dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 6.32 Konstruksi Dapur Kupola

Sebagaimana terlihat susunan bahan-bahan dalam konstruksi dapur kupola pada gambar diatas, dimana bahan baku logam yang terdiri atas besi kasar (pig Iron dan besi-besi bekas) serta kokas sebagai bahan bakarnya dimasukan kedalam dapur melalui saluran pengisi, secara berlapis dimulai dari kokas hingga dapur tersebut terisi penuh, selanjutnya setelah semua unsur dipersiapkan dengan benar maka mulailah melakukan pembakaran dimana sebagai pemantik atau pembakaran awal dilakukan dengan pembakaran

yang menggunakan arang kayu yang ditiup oleh udara melalui saluran yang disebut *Tuyere*, yakni suatu bagian dari dapur Kupola, dimana *Tuyere* dari *dapur kupola* ini terdapat dalam berbagai bentuk misalnya *silinder*, *segi empat* atau *Rotary Blower* biasanya system ini digunakan pada dapur Kupola yang ukuran besar dan sedang, namun dari semua system peniup ini prinsip kerjanya sama dimana udara yang ditiupkan ini ditampung terlebih dahulu didalam kotak kotak udara sebelum ditiupkan melalui *Tuyere* tersebut.

Dapur Kupola dengan konstruksi dari beberapa bagian dengan fungsinya masing-masing, antara lain :

1. Bagian atau daerah pemanasan awal, yaitu bagian mulai dari pintu pengisian sampai pada tempat dimana logam mulai mencair.
2. Bagian daerah peleburan, yakni bagian dari alas kokas dan di tempat ini logam sudah mencair.
3. Bagian daerah pemanasan lanjut, yakni bagian yang berada pada daerah lebur dari *Tuyere*, pada daerah ini dilakukan pemanasan pada logam cair yang mengalir diantara sela-sela kokas.
4. Daerah Krus yaitu bagian dari batas *tuyere* hingga dasar Kupola dimana pada bagian ini logam cair bersama dengan terak ditampung.

Selain dari bagian-bagian tadi juga terdapat bagian dimana akibat reaksi dari kokas itu akan terjadi oksidasi, pada bagian ini disebut sebagai :

- a. Daerah Oksidasi, yakni daerah yang terdapat diantara *tuyere* hingga bagian tengah dari alas kokas. Proses oksidasi ini terjadi karena proses pembakaran kokas dengan bantuan udara yang ditiupkan melalui *Tuyere*.
- b. Daerah Reduksi yaitu daerah yang berada dibagian atas dari daerah oksidasi dimana Gas CO_2 yang terbentuk didaerah Oksidasi direduksi oleh kokas.

Ukuran dapur peleburan Kupola ditentukan berdasarkan tinggi efektif yang dihitung dari pertengahan *Tuyere* hingga bagian bawah dari pintu pengisian dimana terjadi proses pemanasan awal pada logam. Panjang tinggi efektif sebagaimana digambarkan harus memiliki ukuran 4 sampai 5 kali diameter dapur kupola tersebut. Ukuran yang terlalu panjang akan menghasilkan tahanan yang besar terhadap laju aliran dari gas, akan tetapi jika terlalu pendek pemindahan panas menjadi tidak efektif.

Dengan proses peleburan ini nampak bahwa perbedaan sifat cair dari benda padat dibanding dengan sifat air sebagaimana yang terjadi pada logam cair dimana akan mengalir turun sesuai dengan berat jenisnya dan *relatif* tidak membasahi bagian apapun yang dilaluinya. Kendati demikian produk yang dihasilkan masih kurang baik terutama kemurniannya.

4. Proses peleburan dengan menggunakan dapur Listrik

Tuntutan modernisasi diberbagai aspek, mutu dan kualitas serta produktifitas menjadi sangat penting kendati harus dibayar mahal, hal ini terjadi pula dalam proses peleburan dalam upaya menghasilkan produk yang bermutu tinggi dikembangkan pemakaian energi listrik sebagai sumber panasnya.

Dalam beberapa hal pemakaian energi listrik ini memiliki berbagai keunggulan, antara lain :

- a. Memberikan jaminan homogenitas kemurnian bahan tuangan sesuai dengan komposisi yang diharapkan
- b. Temperatur pemanasan dapat dikendalikan pada konstanta yang diinginkan
- c. Dapat memperbaiki mutu logam dari bahan baku dengan mutu rendah.

Dapur peleburan dengan Induksi listrik frekwensi rendah

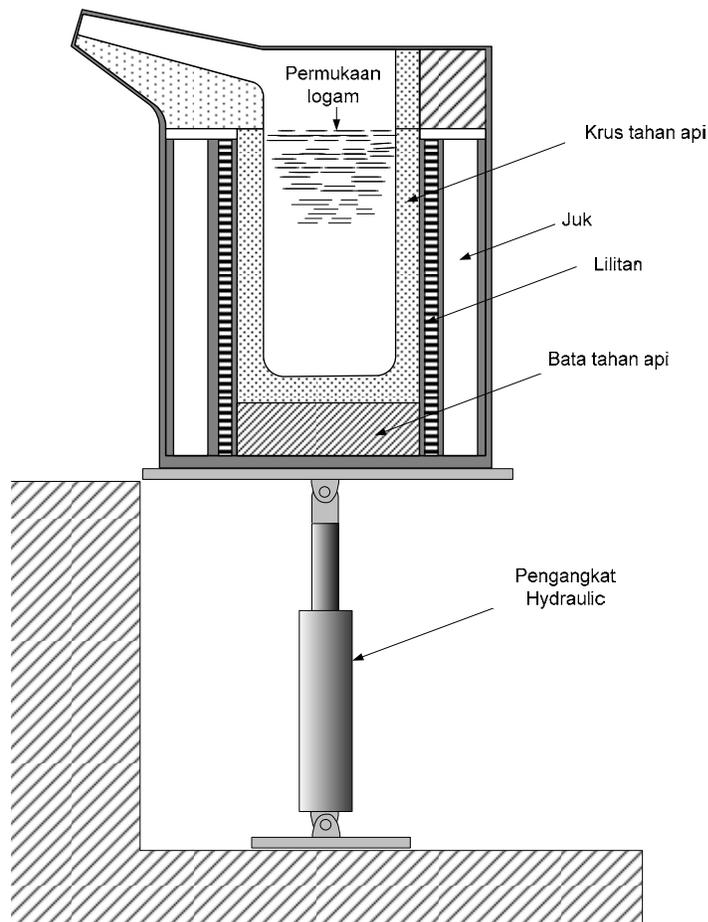
Industri-industri pengecoran logam dewasa ini banyak menggunakan dapur listrik dalam proses peleburannya, dimana dapur listrik yang digunakan ini terdapat dua type, yakni :

Dapur Induksi dan dan dapur busur listrik (lihat uraian pada Bab III hal 97). Untuk dapur induksi ini merupakan dapur yang paling banyak digunakan dalam proses peleburan karena biaya operasionalnya murah serta mudah pengoperasiannya sehingga disebut sebagai dapur induksi frekwensi rendah. Yang termasuk dalam dapur jenis ini antara lain :

- a) Dapur listrik jenis Krus
- b) Dapur listrik jenis saluran

Dapur Krus

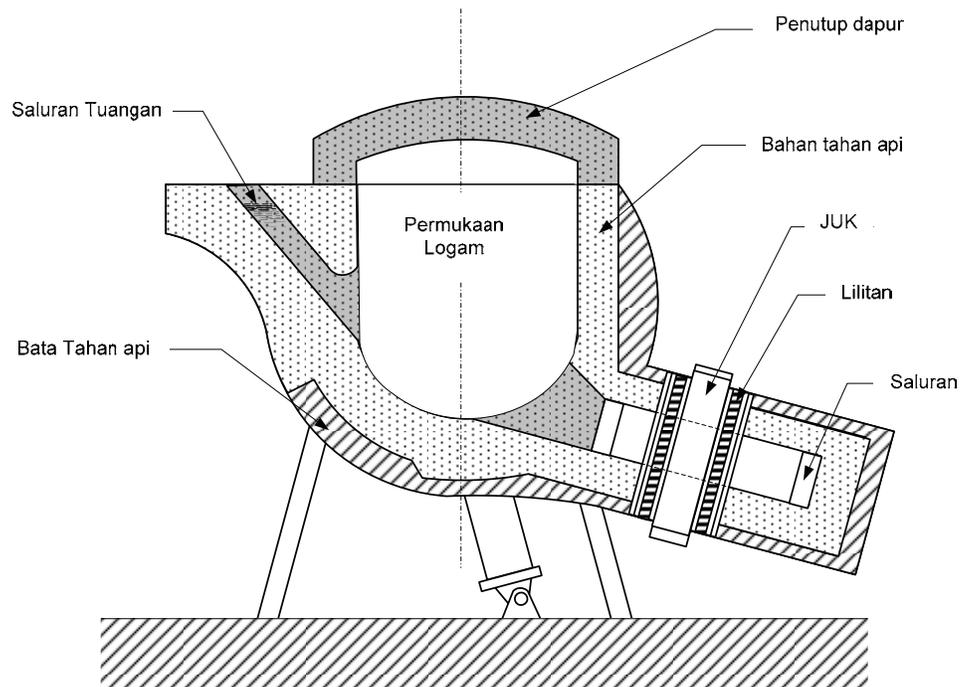
Dapur krus ialah salah satu dari dapur listrik yang menggunakan induksi listrik sebagai sumber panasnya. Dapur ini disebut sebagai dapur *Krus* atau disebut juga dapur *tak beriinti* karena tempat peleburannya berbentuk Krus atau bak atau kubangan. Dapur ini dibentuk dari system pemanas listrik yang dilindungi oleh bahan tahan api dan dinding baja. (lihat gambar).



Gambar 6.33 Dapur Induksi Krus

Dapur Induksi saluran

Dapur induksi saluran ini konstruksinya terbagi menjadi dalam dua bagian yakni bagian pemanasan dan bagian krus dan disebut sebagai dapur berinti, induksi listriknya diperoleh dari dua bagian yakni dari bagian Krus dan bagian saluran. (lihat gambar berikut). Dapur induksi saluran ini konsumsi listriknya relatif kecil sehingga pemanasannya dilakukan pada kurang lebih 20% sampai 30% dari bahan yang akan dilebur kemudian ditambah setelah peleburan ini, disamping itu dapur ini juga memerlukan bata tahan api yang bermutu tinggi dari berbagai jenis yang disesuaikan dengan kebutuhan (lihat tabel berikut). Konstruksi dapur ini memungkinkan pengeluaran hasil peleburan melalui sudut kemiringan yang kecil, dapur dengan ukuran kecil ini sering digunakan sebagai penyimpanan dan pemanasan duplek untuk pembakaran pada dapur kupola. Tabel berikut dapat digunakan sebagai pedoman pemilihan dan pemakaian batu tahan api pada dapur listrik dengan frekwensi rendah.



Gambar 6.34 Dapur Induksi dengan sistem saluran

Bahan-bahan seperti besi tuang, besi kasar baru, skrap serta potongan-potongan baja dapat dilebur pada dapur ini, hal ini sangat berbeda dengan dapur kupola dimana skrap lebih banyak dilebur maka untuk memperoleh sifat besi tuang sesuai dengan yang diinginkan diperlukan pengetahuan dan teknologi yang tinggi.

Proses peleburan dengan menggunakan dapur listrik ini tidak menimbulkan pengarbonan sehingga diperlukan penambahan kadar karbon yakni dengan memasukan bubuk karbon atau bubuk kokas.

Untuk mencegah penurunan suhu didalam dapur pengisian harus dilakukan secara bertahap sedikit demi sedikit. Pada saat awal dimana skrap baja dimasukan dan saat mulai mencair kira-kira 2/3 bagian dari bahan pengarbon dimasukan kedalam dapur dan setelah itu ditambah besi kasar baru, sekrap besi dan potongan-potongan baja dimasukan dan kemudian paduan besi.

Setelah aliran listrik dihentikan, Terak yang terbentuk oleh proses peleburan ini harus dikeluarkan sebelum logamnya. Untuk mengetahui perilaku bahan logam cair menuju proses pembekuan dapat dilihat kembali diagram pembekuan pada Bab IV.

Tabel 6.2 Batu tahan api dan cara pemasangannya

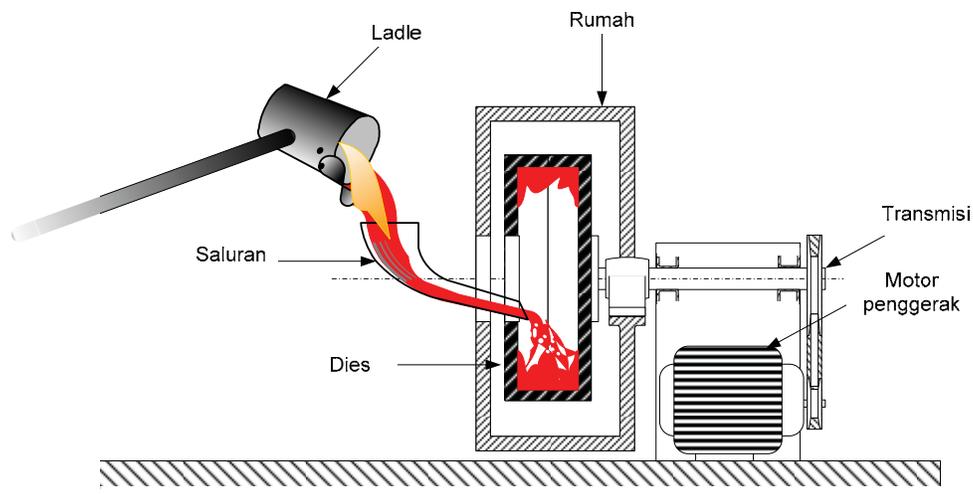
Penggolongan	Bahan	Pemasangan	Keterangan
Asam	Pasir silika Silika lelehan	Kering Basah	Terutama untuk dapur jenis krus
Netral	Alumina	Basah	Terutama untuk dapur jenis saluran
Basa	Magnesia Magnesia lelehan	Kering Basah	Terutama untuk dapur jenis saluran

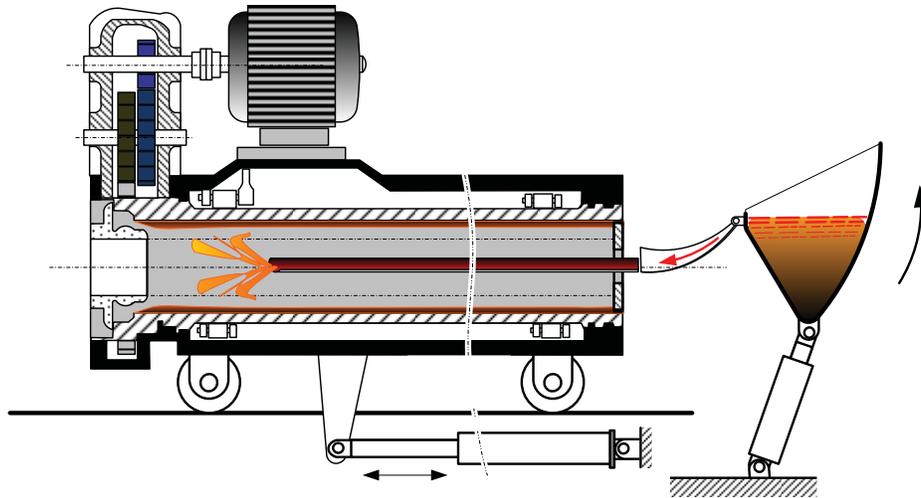
C. Proses penuangan (pengecoran)

Proses penuangan (pengecoran) ialah pengisian rongga cetakan dengan bahan tuangan yang telah dileburkan (dicairkan), berbagai cara penuangan dapat dilakukan sesuai dengan system pengecoran yang digunakan, seperti penuangan pada cetakan pasir dilakukan dengan system penuangan menggunakan panci tuang (ladle), dimana cetakan dibuat pada rangka cetak. (lihat gambar 6.3 dan 6.4). Untuk pengecoran dengan cetakan logam dimana bentuk luar dari cetakan itu sendiri telah didisain sesuai dengan perencanaan dalam proses pengecorannya.

1. Centrifugal casting (pengecoran)

Proses penuangan (pengecoran) dengan metoda sentrifugal dilakukan pada pengecoran dengan menggunakan cetakan logam (die casting), tidak semua bentuk benda tuangan dapat dilakukan dengan metoda ini, benda-benda bulat silinder dan simetris sesuai dengan konstruksinya dapat di cor dengan metoda sentrifugal ini. Secara prinsip proses pengecoran dengan sentrifugal ini dapat dilihat pada gambar berikut.





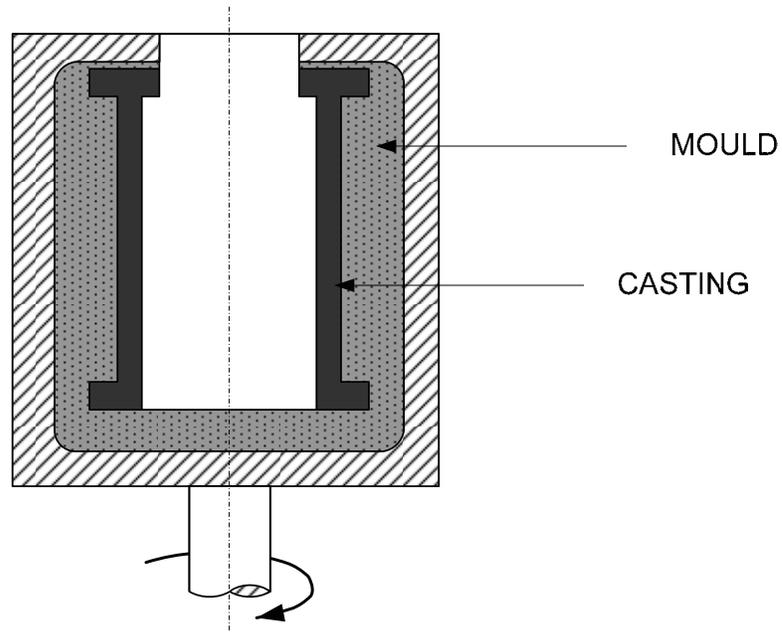
Gambar 6.35 Proses penuangan (pengecoran)

Penuangan (pengecoran) dengan cara centrifugal ini ialah menggunakan putaran yang tinggi dari dies dengan demikian logam cair yang cukup berat akan terlempar keluar dari posisi penuangan yakni ke posisi bentuk dies sebagai bentuk benda kerja yang kita kehendaki.

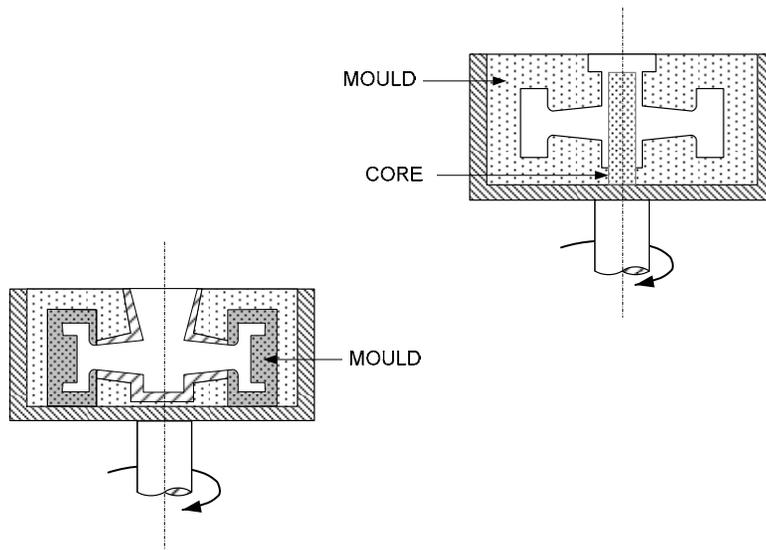
Pada Gambar diatas diperlihatkan proses penuangan dengan system centrifugal pada posisi Horizontal, sebenarnya proses penuangan sentrifugal ini dapat dilakukan pula secara Vertical atau semi sentry fugal, hal ini tergantung bentuk benda kerja yang akan dicor tersebut.

Jadi walaupun sebenarnya centrifugal casting memiliki keunggulan seperti hasil penuangan yang padat, permukaan tuangan yang halus serta dapat membentuk dinding tuangan pada ukuran yang tipis dan lain-lain, namun hal ini akan bergantung pula pada kemungkinan pengecoran yang paling baik yang dapat dilakukan untuk menghasilkan benda cor yang memuaskan menurut bentuk yang dikehendaki.

Pada gambar berikut diperlihatkan prinsip pengecoran dengan centrifugal secara Vertical dan semi centrifugal.



Gambar 6.36 Prinsip pengecoran dengan centrifugal secara vertikal dan semi centrifugal.

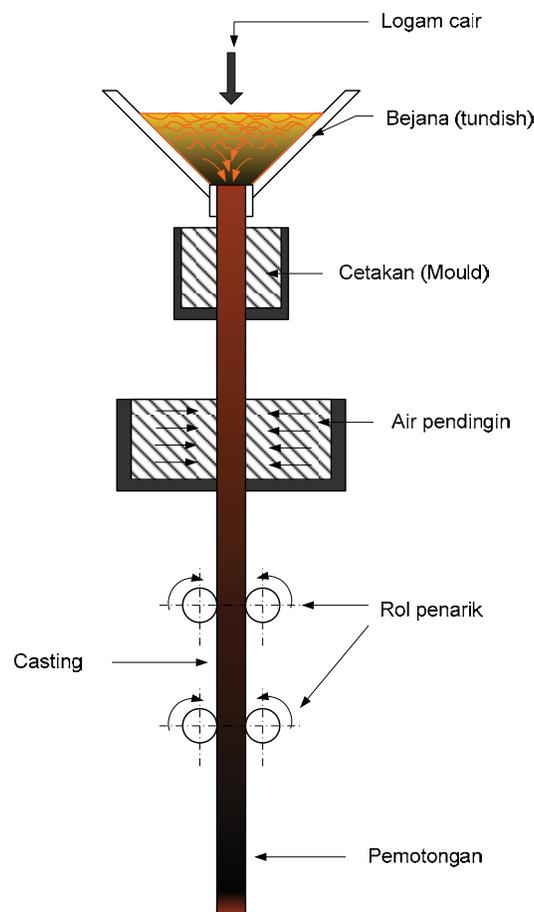


Gambar 6.37 Metode pengecoran sentrifugal
a. Metode pengecoran pada bentuk silinder tanpa menggunakan core (inti)
b. Metode pengecoran sentrifugal penuh posisi vertikal
c. Metode pengecoran semi-sentrifugal

2. Continuous casting (pengecoran)

Teknik konvensional yang lain penerapan proses pembentukan melalui penuangan (pengecoran) dengan cetakan ini ialah pembuatan baja batangan (Ingot), dimana pemanasan ulang pada ingot untuk menghasilkan bentuk serta ukuran yang sesuai dan dikehendaki.

Bongkahan-bongkahan (billets), dan lembaran-lembaran (slabs) dibentuk dalam keadaan panas merupakan dasar metoda pemanasan ulang pada *hot working processes* yang akan kita bahas lebih lanjut. Pada gambar berikut diperlihatkan prinsip-prinsip tersebut dalam penerapannya pada penuangan (pengecoran).



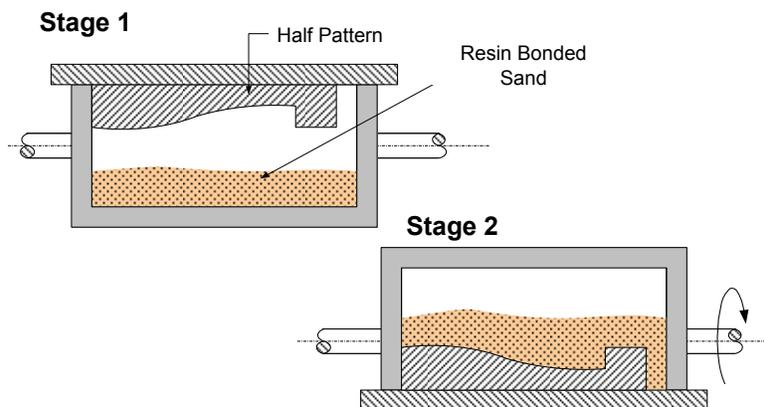
Gambar 6.38 Prinsip dasar penuangan berlanjut (Continuous Casting)

Proses penuangan berlanjut (Continouos Casting) bertujuan untuk menghasilkan benda tuangan yang panjang yang dapat dipotong ssuai dengan kebutuhan benda kerja. Mesin penuangan (Continouos Casting machine) terdiri atas bagian yang sejajar dengan saluran pada bejana dimana logam cair dituangkan dan mengalir ke dalam cetakan (Mould) dari bahan tembaga yang berbentuk pipa sepanjang ± 1 m dengan dinding yang dilapisi dengan chromium bagian ini dilengkapi juga dengan air pendingin. Setelah casting melewati cetakan juga didinginkan yang selanjutnya ditarik dan diarahkan oleh roller khusus (straightening roller). Mesin ini juga memiliki sisitem pengendalian gerakan casting hingga masuk pebagian pemotongan (flying shears) yang akan memotong casting ini sepanjang yang diinginkan.

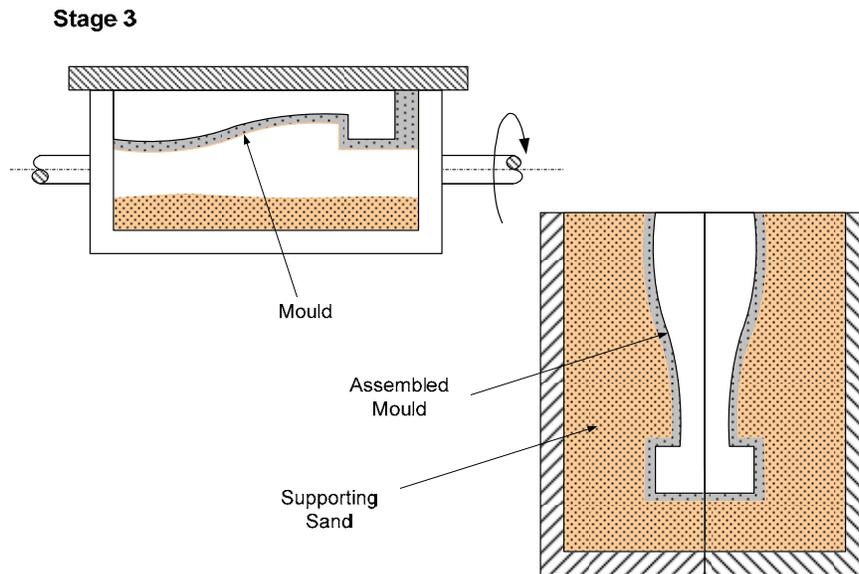
Continouos casting ini dapat diterapkan dalam pembentukan bagian yang berukuran kecil serta menghasilkan produk dengan kualitas baik dan mendekati kualitas yang dihasilkan oleh *hot working processes* serta dengan gerakan kerja secara automatic.

3. Shell Moulding

Shell Moulding merupakan salah satu bentuk cetakan pasir dimana cetakan tipis bentuk benda yang terbagi atas dua bagian dan dibuat dari pasir dengan perekat *resin-bond*, cetakan dihasilkan melalui pemanasan model yang diperoleh dari proses pengerasan kimiawi bahan resinoid, dengan demikian maka akan diperoleh bentuk dan ukuran yang akurat dari cetakan yang diinginkan, namun dalam pembuatannya memerlukan teknik serta biaya yang relatif mahal. Sebagai ilustrasi dapat dilihat pada gambar 6.39 berikut.



Gambar 6.39 Prinsip dasar penuangan berlanjut (continouos casting) langkah pembuatan cetakan (mould) pada system shell moulding



Gambar 6.40 Langkah pembuatan cetakan (mould) pada system shell moulding

4. Die Casting

Sebagaimana telah dibahas pada uraian terdahulu tentang proses pengecoran dengan cetakan Logam, bahwa cetakan logam ini dirancang tidak saja pada bentuk benda kerja yang dikehendaki akan tetapi karakteristik serta kualitas dari benda tuangan itu sendiri *penting* menjadi pertimbangan dimana kualitas dari benda tuangan ini juga dipengaruhi oleh proses penuangan yang dilakukannya. Proses penuangan sebagaimana dilakukan dengan sentrifugal casting memiliki tujuan tertentu yang berbeda dengan proses penuangan dengan metoda yang lain, antara lain metoda penuangan pada die casting ini dibedakan menjadi dua selain metoda sentrifugal yang telah diuraikan diatas, antara lain :

1. Pressure die casting
2. Gravity die casting

a) *Pressure die casting (injection moulding)*

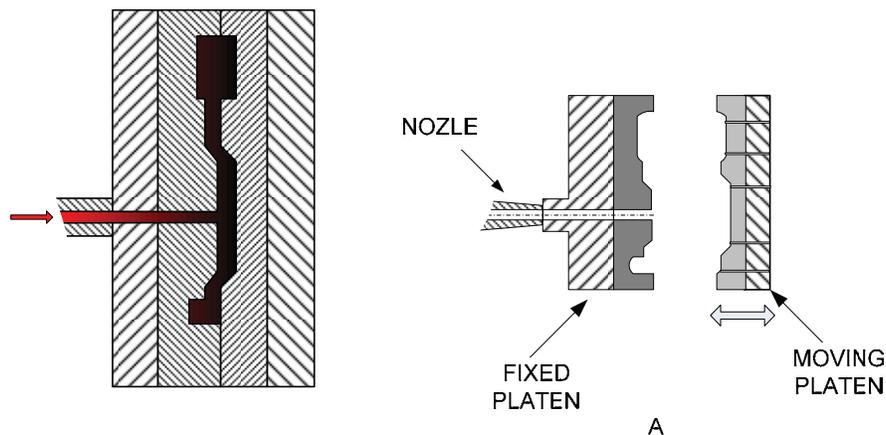
Pressure die casting merupakan salah satu proses pengecoran yang cepat, dimana proses pengecoran dilakukan pada mesin penekan yang akan menekan logam cair kedalam cetakan, mesin ini juga dilengkapi dengan bagian yang dapat membuka dan menutup cetakan untuk memudahkan dalam melepaskan hasil cetakan dari benda tuangan. Tentu saja dengan mesin yang otomatis ini akan menghasilkan benda tuangan yang

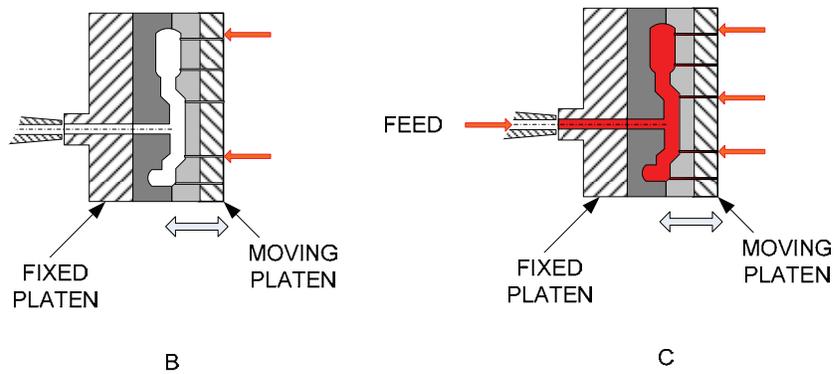
memiliki tingkat akurasi tinggi, namun demikian proses ini hanya cocok digunakan pada proses pengecoran benda-benda yang berukuran kecil dimana ukuran kapasitas mesin yang biasanya terbatas serta tidak dapat dilakukan pada semua jenis bahan logam tuangan dan sangat baik digunakan dalam pengecoran bahan paduan seng (zinc base alloy). Gambar berikut ilustrasi yang memperlihatkan prinsip kerja pengecoran dengan metoda pressure die casting.

Proses pengecoran dengan pressure die casting (*injection moulding*) dilakukan dengan langkah-langkah sebagaimana diperlihatkan pada gambar ilustrasi berikut, antara lain :

Sesuai gambar :

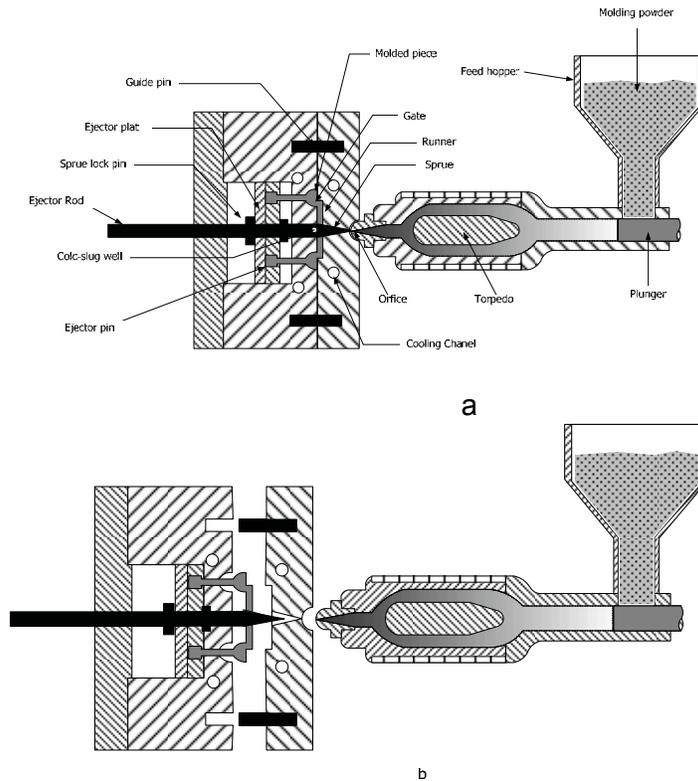
- A. Pemasangan dan penyesuaian kedudukan die pada mesin injeksi (*injection moulding machine*)
- B. Penyetelan posisi dari kedua bagian dies yang biasanya dalam pembentukan bagian luar dari dies diberi tanda penyesuai antara keduanya.
- C. Proses Injeksi yakni memasukkan bahan tuangan (logam cair) ke dalam rongga cetakan.
- D. Tekanan dihentikan jika lubang-lubang saluran dibelakang telah terisi melepaskan tekanan dengan menggeser bagian cetakan (*moving platen*)
- E. Benda tuangan dapat dikeluarkan.





Gambar 6.41 Pressure die casting

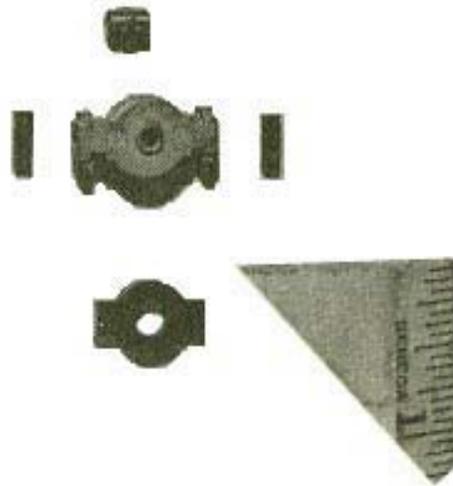
Dies dibuat melalui proses pembentukan dipemesin sesuai dengan bentuk yang dikehendaki, bagian dari badan dies disesuaikan dengan bentuk kedudukan pada Mesin injeksi yang digunakan atau dapat disesuaikan dengan pemakaian Jig.



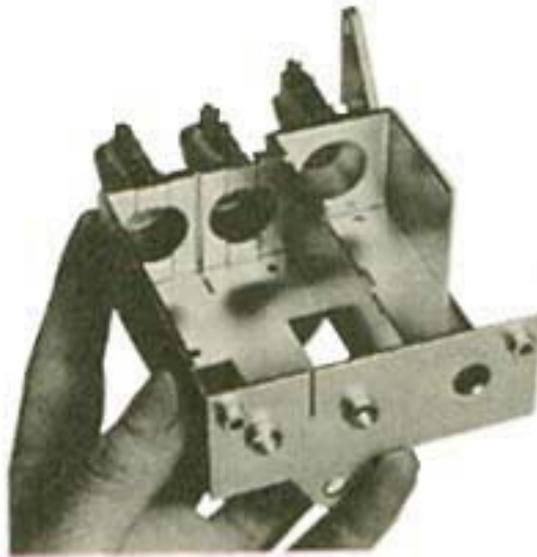
Gambar 6.42 : Skematik diagram dari proses *injection molding* dalam operasi kerja yang ditunjukkan pada gambar a dimana mold dalam keadaan tertutup, dan pada gambar b keadaan mould terbuka.

b) Gravity die Casting (Penuangan Curah)

Gravity die Casting (*penuangan curah*) ialah proses penuangan logam cair kedalam cetakan dengan cara dicurahkan melalui saluran-saluran cetakan yang telah disediakan pada cetakan dengan menggunakan panci tuang (*ladle*). Proses penuangan ini dilakukan sebagaimana dijelaskan pada contoh dalam pengecoran bahan roda gigi.



Gambar 6.43 Electric witch component.

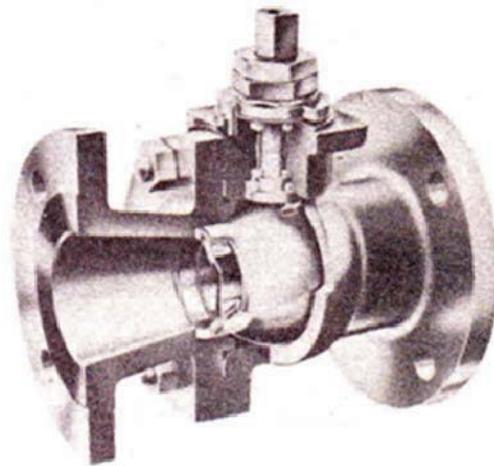


Gambar 6.44 Tuner housing untuk suku cadang Televisi dibuat dengan die-Casting dengan Injection Molding

5. Investment casting

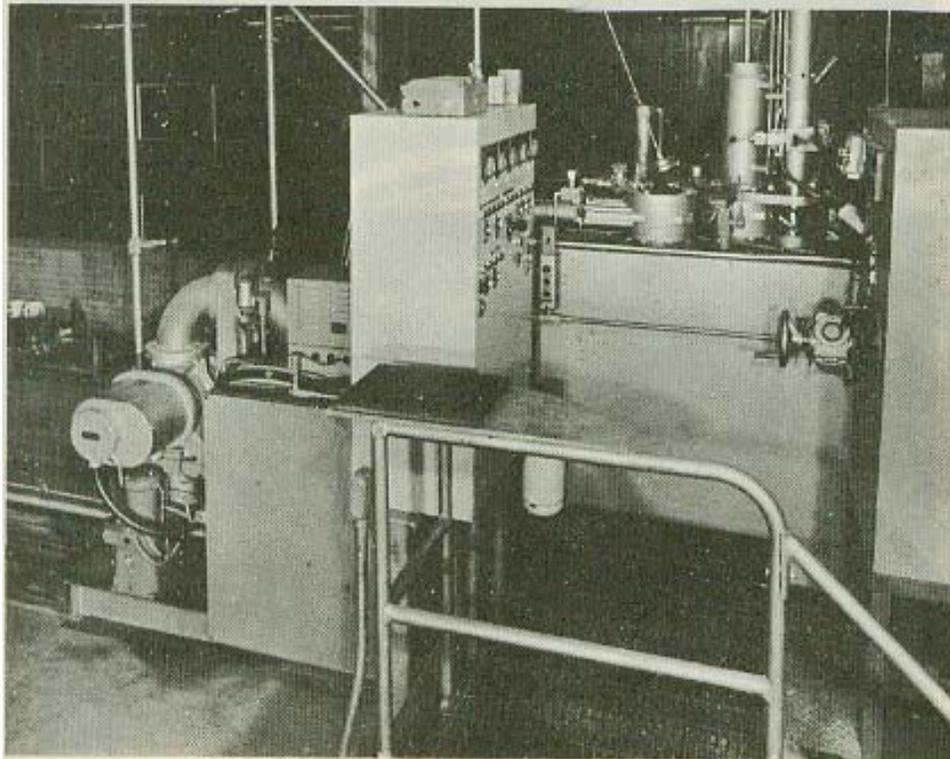
Investment casting merupakan salah satu cara/metoda pembentukan produk melalui proses pengecoran dimana berbeda dengan metoda yang telah dibahas seperti sand casting, Dies casting dan lain-lain terutama dalam proses pembentukan cetakannya. Proses pembentukan cetakan dimana cetakan dibuat dari pasir cetak (sand casting) diawali dengan pembuatan model (pattern) dan untuk model yang dipakai dalam proses ini ialah dipilih dari bahan-bahan yang memiliki titik cair sangat rendah misalnya lilin (*wax*), ini digunakan dalam berbagai pembuatan model dengan bentuk yang sangat rumit, dalam proses ini model dibentuk dengan bahan lilin, selanjutnya dilapisi dengan bahan pelapis seperti etil atau sodium silikat untuk menghaluskan permukaan model. Kemudian model ini ditempatkan (*invested*) didalam bahan cetakan seperti “resin” yang, selanjutnya investment dikeringkan melalui pemanasan, proses pengeringan dengan pemanasan dari 100⁰ sampai 110⁰C ini akan mengakibatkan lilin sebagai model (pattern) ini menjadi lumer dan mengalir melalui pori-pori bahan cetakan sehingga membentuk rongga sesuai dengan bentuk produk yang diinginkan, kemudian pemanasan dilanjutkan sampai 1000⁰C untuk mengerasakan cetakan tersebut.

Proses pengecoran dengan Investment casting ini menghasilkan produk yang akurat karena mould (cetakan)nya sangat kaku (*rigid*) serta digunakan hanya untuk satu buah produk dan untuk produk berikutnya harus membentuk mould baru, namun dalam satu rangka cetak dapat terdiri dari beberapa buah pola untuk beberapa buah produk yang tersusun dengan perencanaan saluran tunggal untuk proses penuangan (*mono-shelles Mold*).



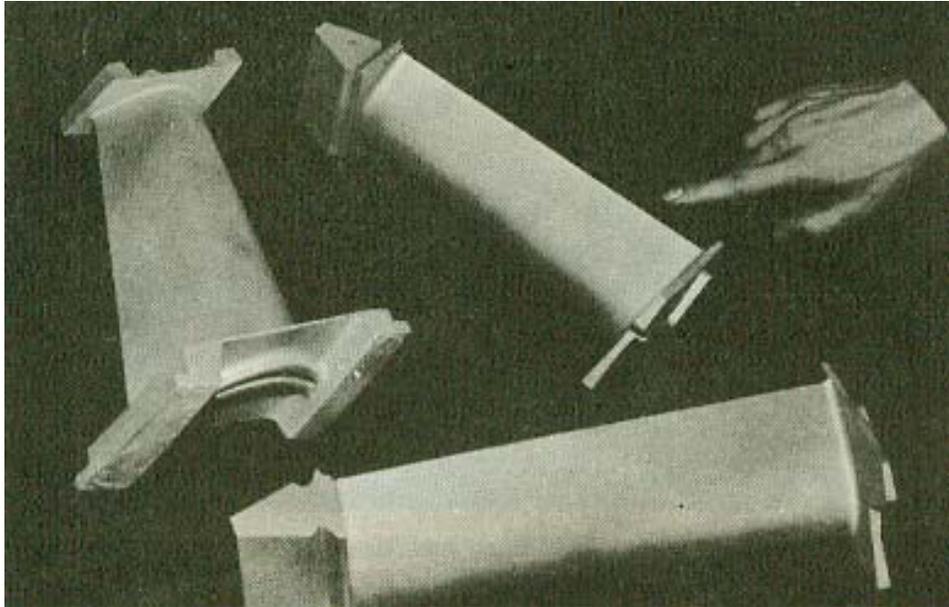
Gambar 6.45 Valve assy merupakan salah satu bentuk hasil pengecoran dengan investment casting.

Proses pengecoran dengan metode Investment Casting ini dilakukan pada dapur Vacuum untuk menghindari terbentuknya rongga yang diakibatkan oleh gelembung uap atau udara. Investment Casting memungkinkan untuk membentuk benda tuangan yang tidak mungkin untuk dibentuk dengan metode-metode yang lain seperti sand Casting dan lain-lain yang menuntut kemudahan dalam melepas model (Pattern) sebagaimana terjadi dalam metode Sand Casting atau mungkin kemudahan dalam mengeluarkan benda hasil penuangan dari dalam cetakan sebagaimana yang terjadi dalam Dies Casting.

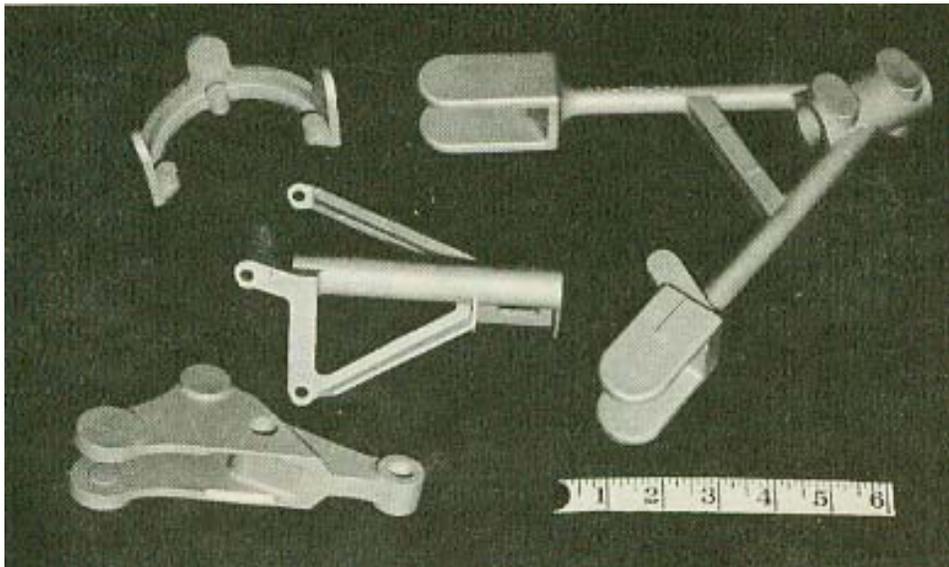


Gambar 6.46 Vacuum – Furnace

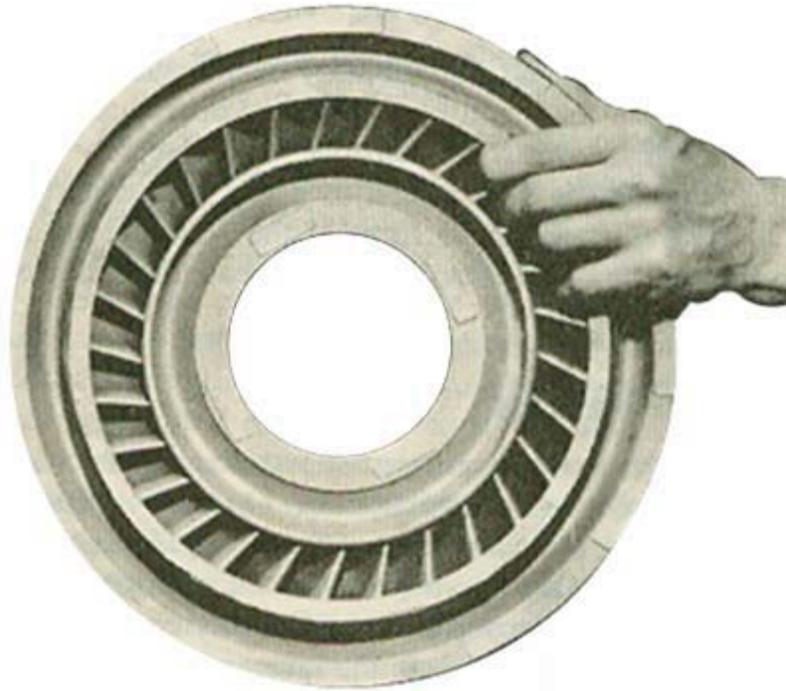
Investment casting relatif mahal tetapi sering dilakukan hanya untuk produk-produk tertentu yang tidak mungkin dibentuk dengan berbagai metode pembentukan seperti pemesinan, dan lain-lain, hal ini karena investment casting menghasilkan produk dengan permukaan yang sangat halus yakni hingga 5 sampai 10 μ dengan penyimpangan sebesar 0,05 sampai 0,1



Gambar 6.47 “Land-base Turbine airfoils” salah satu produk pengecoran dengan metoda Investment casting.



Gambar 6.48 Struktural hardware Air-Cast Alloy salah satu produk pengecoran Precision Casting dengan metoda Investment casting



Gambar 6.49 “Turbine-Nozle” salah satu produk pengecoran ,
air or vacuum Alloys



Gambar 6.50 “Turbine-wheel” salah satu produk pengecoran
Precision Casting dari paduan Cobalt alloy dan Nikel Alloy
(Vacuum-Casting Alloys) dengan ukuran yang lebih besar dibentuk
dengan metoda Investment casting

D. Faktor-faktor penting dalam proses penuangan (pengecoran)

Faktor-faktor penting yang harus diperhatikan dalam proses pembuatan produk penuangan (pengecoran) adalah bahwa perubahan temperatur pada bahan produk penuangan tersebut akan mengakibatkan pula perubahan terhadap bentuk dari produk itu sendiri, dengan keragaman dimensional produk akan terjadi perbedaan ketebalan bahan sehingga proses pendinginan pun tidak akan merata, dengan demikian maka akan terjadi tegangan yang tidak merata pula, maka deformasi pun tidak dapat dihindari, akibatnya benda kerja akan mengalami perubahan bentuk secara permanent disamping dapat merugikan sifat mekanis dari bahan tersebut. Oleh karena itu tindakan preventif harus dilakukan, antara lain :

- Tambahan penyusutan
- Tambahan penyelesaian mesin
- Tambahan Deformasi atau distorsi

1. Tambahan penyusutan

Tambahan ukuran bahan diberikan pada saat pembuatan cetakan yang direncanakan sejak pembuatan model (pattern), walaupun tidak sangat akurat penambahan ukuran ini dapat dianalisis dari bentuk dimensi produk tersebut melalui bentuk Model yang kita buat dapat ditentukan besarnya kelebihan ukuran yang harus dilebihkan, dimana penyusutan pada bahan yang tipis akan berbeda dengan penyusutan bahan yang lebih tebal. Untuk itu table berikut dapatlah kiranya dijadikan acuan dalam menentukan kelebihan ukuran (Allowance) terhadap kemungkinan terjadi penyusutan.

Tabel 6.3 Tambahan ukuran penyusutan

No	Jenis bahan	Tambahan penyusutan
1	Besi cor, baja cor yang tipis	8/1000
2	Besi cor, baja cor yang tipis dengan penyusutan besar	9/1000-10/1000
3	Alumunium	10/1000
4	Paduan Alimunium, Bronz, Baja cor dengan ketebalan 5-7 mm	12/1000
5	Kuningan tegangan tinggi, Baja cor	14/1000
6	Baja cor tebal lebih tebal dari 10 mm	16/1000
7	Baja coran yang besar	20/1000
8	Coran Baja yang besar dan tebal	25/1000

2. Tambahan penyelesaian mesin (machining)

Pada beberapa produk bagian tertentu dari produk penguangan diperlukan permukaan dengan kualitas tertentu sehingga dipersyaratkan penyelesaian dengan pekerjaan pemesian (machining).

Benda yang demikian ini biasanya merupakan bagian dari konstruksi rakitan sehingga masing-masing komponen akan terpasang secara baik, misalnya Cylinder Block dengan Cylinder head pada engine dan lain-lain. Untuk itu maka benda tuangan tersebut harus diberikan kelebihan ukuran, sehingga setelah pemesian ukuran akhir sesuai dengan yang dikehendaki, oleh karena itu pula analisis terhadap gambar kerja menjadi sangat penting sebelum pembentukan model yakni drag dan cope dilakukan.

Tabel berikut merupakan acuan dalam memberikan ukuran tambahan pada cetakan sesuai dengan ukuran benda yang akan dikerjakan.

Tabel 6.4 Tambahan ukuran untuk benda tuangan besi (casting iron) untuk penyelesaian mesin (machining).

Ukuran Coran	Ukuran tambahan (mm)	
	Cope	Drag
s/d 100	2	5
100 - 300	3 - 4	5
300 - 600	4 - 5	5 - 6
600 - 800	5 - 6	6 - 7
800 - 1100	6 - 7	7 - 8
1100 - 1500	7 - 8	8 - 9
1500 - 3000	8 - 12	9 - 14

Tabel 6.5 Tambahan ukuran untuk benda tuangan bukan besi (casting non-iron) untuk penyelesaian mesin (machining).

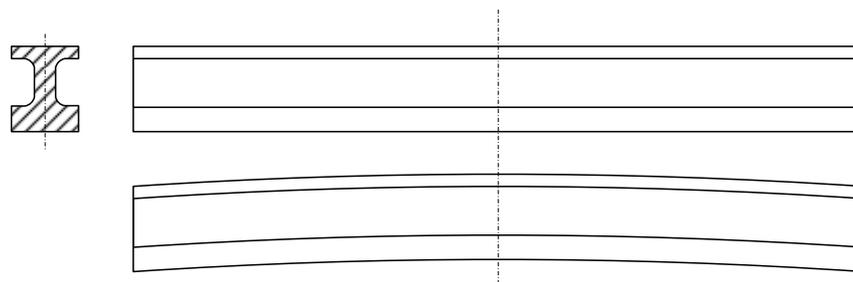
Ukuran Coran	Ukuran tambahan (mm)	
	Cope	Drag
s/d 100	2	4
100 - 300	2 - 3	4 - 5
300 - 600	4 - 5	5 - 6
600 - 1000	5 - 6	6 - 7
1000 - 1500	6 - 7	7 - 8
Lebih besar dari 1500	7 - 8	8

Tabel 6.6 Tambahan ukuran untuk benda tuangan baja (casting steel) untuk penyelesaian mesin (machining).

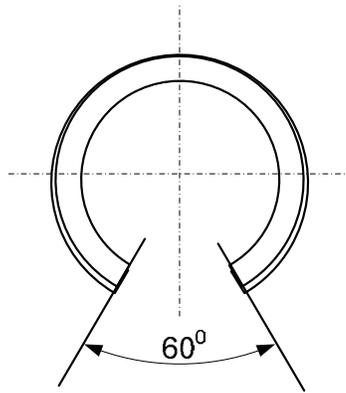
Ukuran Coran	Ukuran tambahan (mm)		
	Pekerjaan kasar rata-rata	Cope	Drag
s/d 100	2	7	5
100 - 400	2 - 3	7	5 - 10
400 - 800	2 - 3	7	10
800 - 1500	3 - 5	7 - 12	10

3. Tambahan Pelengkungan (Bending Allowance)

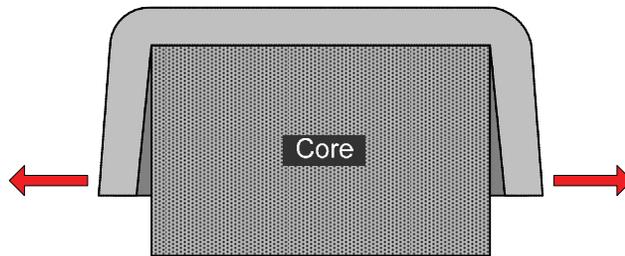
Distorsi bahan dalam pekerjaan panas tidak dapat dihilangkan, oleh karena itu upaya untuk meminimalkannya harus selalu dilakukan, dan ini merupakan keterampilan yang berkembang sesuai dengan pengalaman sehingga dapat memperkirakan kemungkinan arah pelengkungan itu terjadi. Pada beberapa bentuk coran dapat dilakukan dengan memberikan penguatan, seperti penulangan dengan rusuk-rusuk sehingga membentuk profil penguat, namun penguatan ini tidak mungkin dilakukan untuk benda dengan bentuk dan kebutuhan tertentu. Cara lain dengan menambah/merubah bentuk atau ukuran sehingga apabila terjadi pelengkungan, maka pelengkungan itu akan berada pada posisi bentuk yang diinginkan, dan cara yang lain ialah dengan mengatur kecepatan laju pendinginan yakni dengan menempatkan "chil". Tentang Chil ini akan dibahas lebih lanjut. Bentuk-bentuk penanganan pelengkungan ini dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 6.51 Tambahan bentuk penguatan untuk pelengkungan

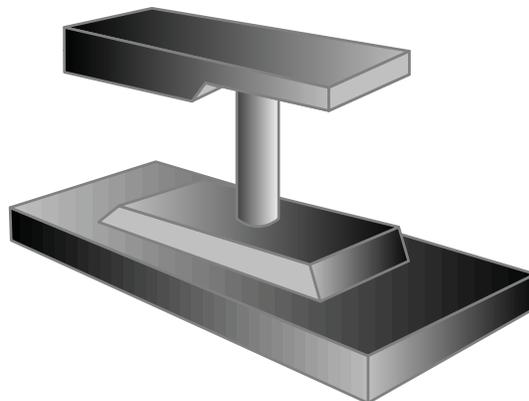


Gambar 6.52 Pengurangan ukuran.

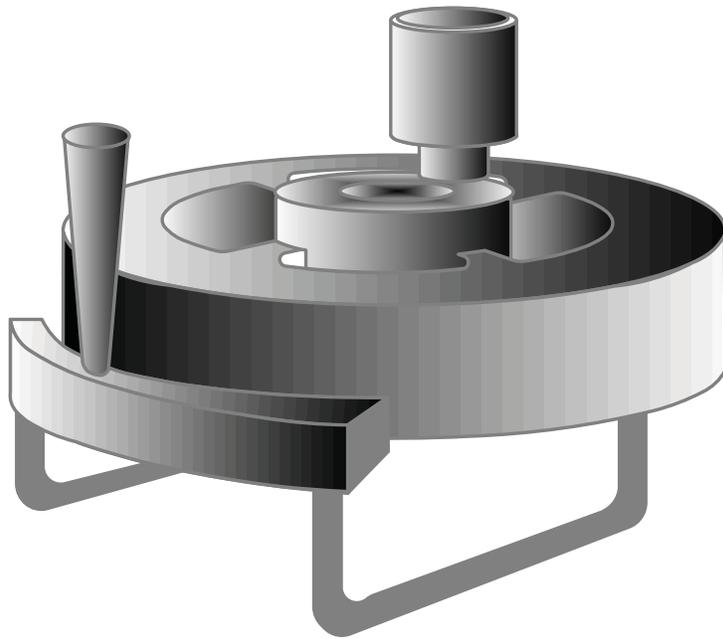


Gambar 6.53 Tambahan keluar

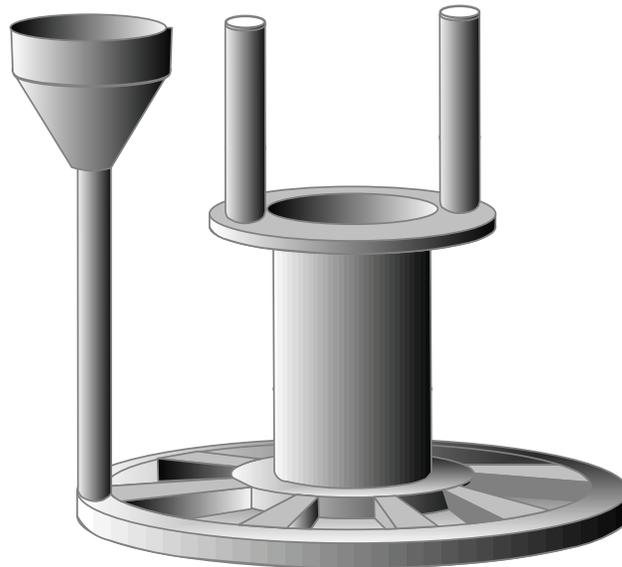
4. Sistem saluran



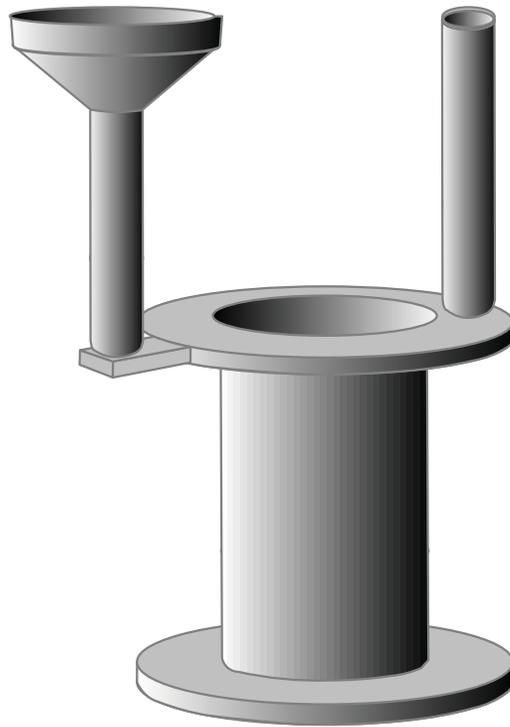
Gambar 6.54 Saluran langsung



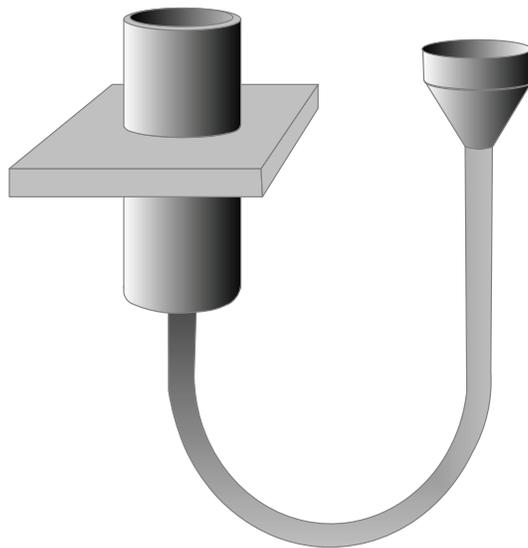
Gambar 6.55 Saluran bawah



Gambar 6.56 Saluran cincin



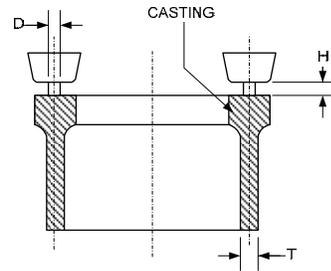
Gambar 6.57 Saluran pisah



Gambar 6.58 Saluran terompet



Gambar a Saluran pensil



Gambar b Saluran pensil

Gambar 6.59 Saluran pensil

Saluran pensil

Saluran pensil dibuat untuk mencegah penyusutan, juga bertujuan agar penuangan logam cair kedalam rongga cetakan menjadi rata. Bentuk saluran pensil ini dapat dilihat pada gambar a dan untuk menentukan ukuran saluran pensil dapat dilihat pada Gambar 6.59 b.
 $D \leq 0,5 T$

Keterangan gambar 6.60 b.

D = Ukuran diameter saluran pensil

T = Tebal coran

H = Tinggi coran

Jumlah saluran pensil pada penuangan disesuaikan dengan berat tuangan serta ukuran diameter saluran pensil. Untuk menentukan perbandingan antara berat tuangan dengan diameter dan jumlah saluran pensil dapat dilihat pada table berikut.

Berat Coran dihitung berdasarkan Volume dan masa jenis dengan formulasi sebagai berikut :

$$G = V \text{ (kg)}$$

Keterangan :

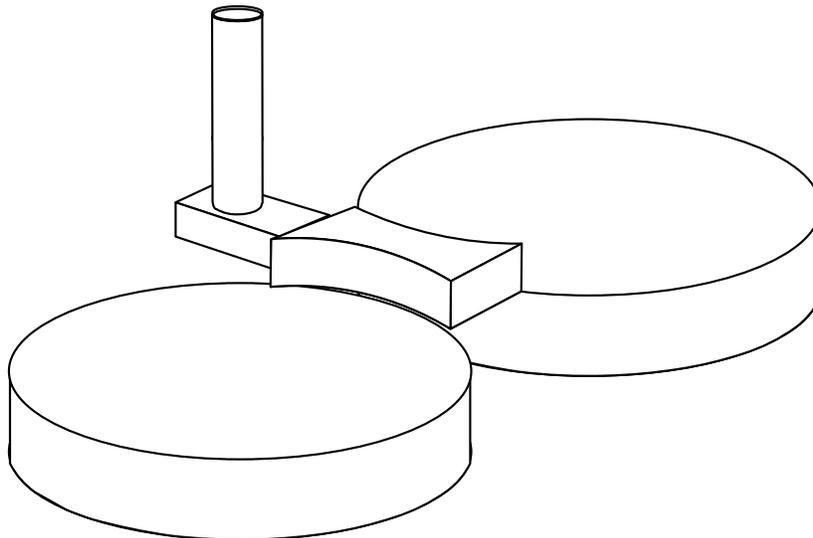
G = Berat coran (kg)

V = Volume (dm³)

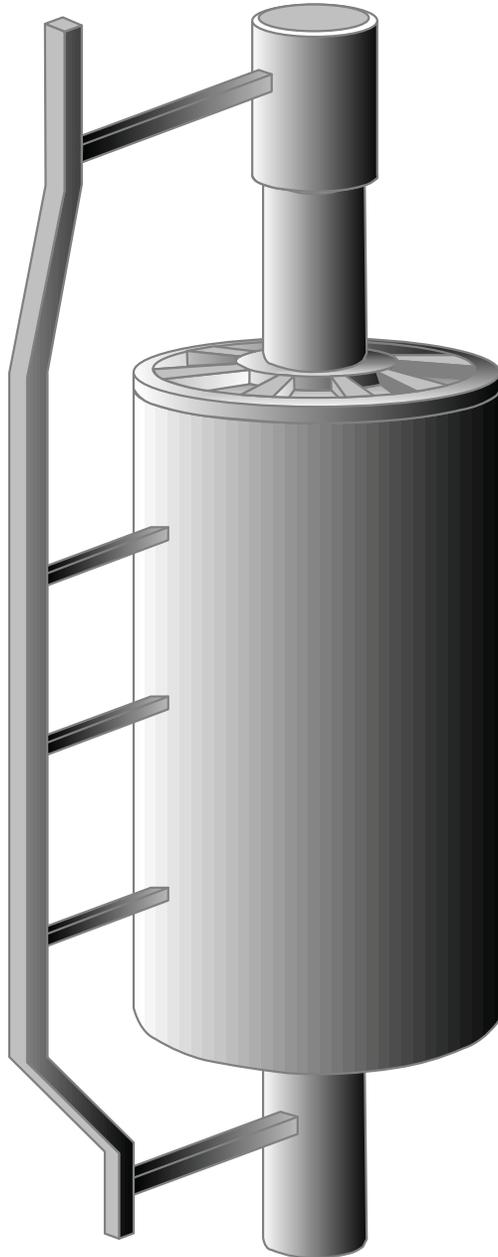
γ = massa jenis (kg/dm³)

Tabel 6.7 Perbandingan antra berat tuangan dengan ukuran diameter dan jumlah saluran

Berat Tuangan (kg)	Diameter dan jumlah saluran Pensil							
	9	10	12	14	16	18	20	22
20 – 50	5	3	2	-	-	-	-	-
50 – 75	6	4	3	2	-	-	-	-
75 - 100	8	5	3	2	2	-	-	-
100 – 125	8	5	4	3	2	2		
125 – 150	10	6	4	3	2	2	2	-
150 – 200	11	7	7	4	3	2	2	2
200 – 300	16	10	7	5	4	3	3	2
300 – 400	18	11	7	6	5	3	3	2
400 – 600	20	13	9	7	5	4	3	3
600 – 800	24	15	11	8	6	5	4	3
800 - 1000	25	16	11	9	6	4	3	2



Gambar 6.60 Saluran baji



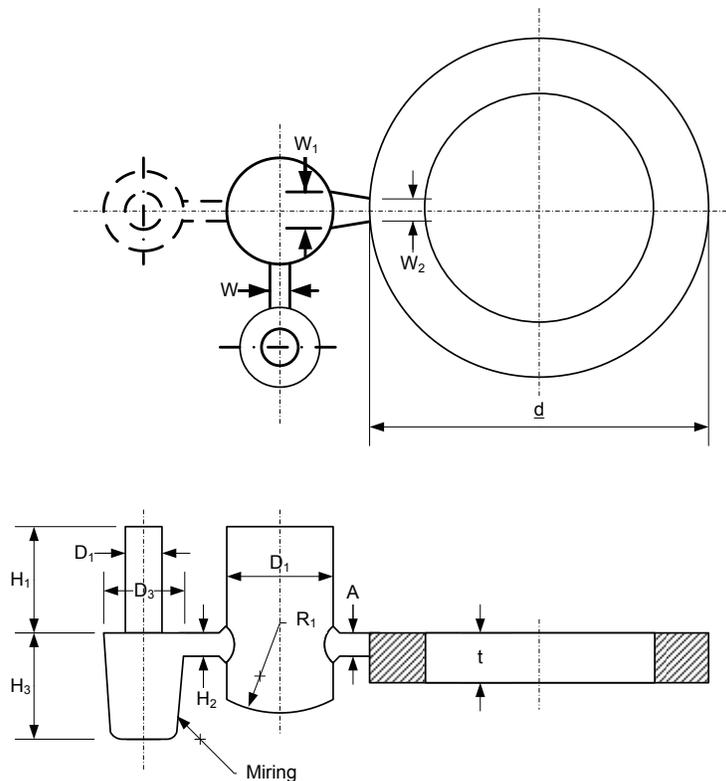
Gambar 6.61 Saluran bertingkat

5. Standarisasi ukuran saluran

Besarnya diameter saluran ditentukan berdasarkan berat coran yang akan digunakan, untuk mengetahui perbandingan antara berat coran dengan ukuran diameter saluran dapat dilihat pada table berikut.

Tabel 6.8 Perbandingan antara berat coran dengan ukuran diameter saluran

Berat Coran (kg)	Ukuran diameter D_1 (mm)
S/100	15 – 20
100 – 200	20 – 23
200 – 300	23 – 26
300 – 500	26 – 28
400 – 600	28 – 30
600 – 700	30 - 31
700 – 800	31- 32
800 – 900	32 – 33
900 - 1000	33 – 34



Gambar 6.62 Bagian-bagian saluran-saluran tambahan

Pada gambar diatas diperlihatkan dimensi saluran sesuai dengan penjelasan sebagai berikut :

$$D_2 = 3 t$$

T = Tebal Coran

Ukuran standar lainnya :

$$H_1 = 1,5 D_2 \text{ s/d } 2 D_2$$

$$W_1 = 0,5 D_2 \text{ Untuk bentuk batang}$$

$$W_1 = 0,8 D_2 \text{ Untuk bentuk pelat}$$

$$A = 0,8 D_2 \text{ Untuk batang}$$

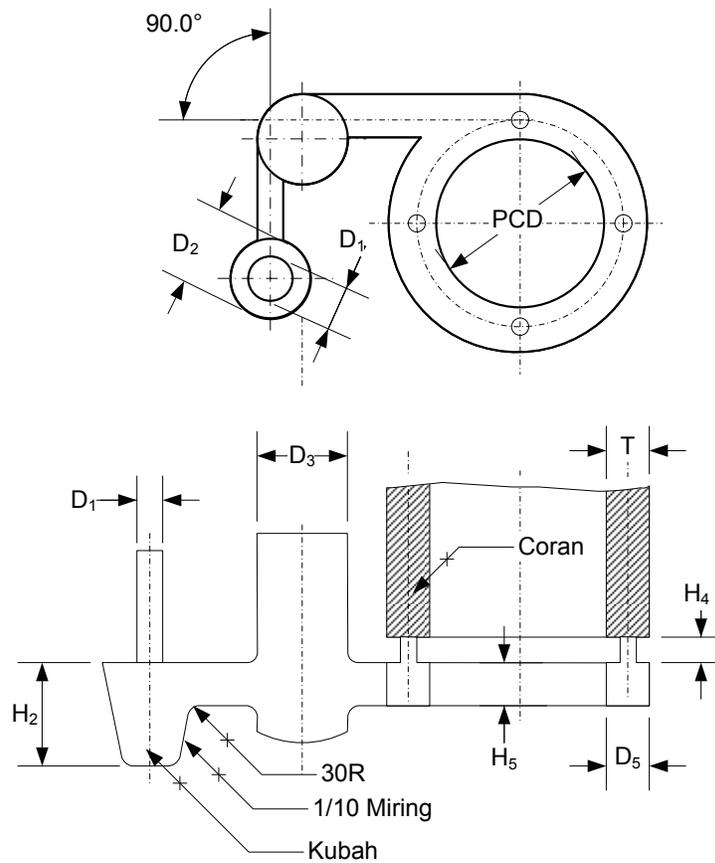
$$A = 0,8 D_2 \text{ Untuk bentuk plat}$$

$$H_2 = 1,5 A$$

$$R_1 = D_2$$

$$H_3 = 2.D_3$$

$$D_3 = 3 D_1$$



Gambar 6.63 Bagian-bagian Saluran bawah

Jika logam cair dari paduan membentuk terak, maka saluran yang digunakan adalah saluran bawah, yakni saluran pengaliran berada dibagian bawah coran utama, untuk menentukan ukuran pada system saluran ini berat bahan coran harus diketahui terlebih dahulu, kemudian diameter saluran masuk (D_1) serta perbandingan perbandingan yang lainnya sebagaimana pada uraian dibawah ini.

$$D_2 = 2,5 D_1 \quad H_2 = 75 \text{ mm}$$

$$D_3 = 3 D_1 \quad H_3 = 2 D_3 = 6 D_1$$

$$D_4 = \frac{1}{2} T \text{ dan } D_4 \geq 8 \text{ mm} \quad H_4 = 4 D_4$$

Untuk menentukan ukuran saluran pengalir D_5 dan tinggi pengalir H_5 dapat digunakan formulasi berikut ini :

$$H_5 = 1,2 D_5 \quad \text{Banyaknya saluran masuk (n) :}$$

$$D_5 = \sqrt{a_2/1,2}$$

$$n = a_1 : (\pi/4 D_4)^2$$

Ukuran diameter saluran turun, ukuran diameter lubang pengalir dan ukuran saluran masuk harus disesuaikan dengan berat coran sebagaimana terlihat pada table berikut :

Tabel 6.9 Berat coran dan ukuran saluran

Berat Coran (kg)	Diameter saluran turun	Ukuran pengalir		Ukuran saluran masuk	
		Tunggal	Ganda	Tunggal	Ganda
50 – 100	30	20 X 20	15 X 15	90 X 6	45 X 6
100 – 200	35	30 X 30	22 X 22	100 X 7	50 X 7
200 – 400	40	35 X 35	25 X 25		60 X 8
400 – 800	50	40 X 40	30 X 30		75 X 10
800 - 1000	60	50 X 50	35 X 35		90 X 12

6. Chill – Iron

Chill – Iron merupakan unsur penting dalam proses pembentukan benda kerja dengan pengecoran. Sebagaimana telah diuraikan pada poin 3.8 tentang pengendalian struktur benda tuangan, bahwa keragaman komposisi yang terkandung didalam bahan tuangan termasuk dalam senyawa besi (Fe) itu sendiri misalnya Sulphur, Phosphor, Silikon dan lain-lain memiliki sifat reaksi yang berbeda dalam menerima perubahan temperatur, serta bentuk produk yang tidak seragam, perbedaan ketebalan benda tuangan itu sendiri akan berbeda dalam penyerapan panasnya.

Oleh karena itu pemakaian Chill ini menjadi sebuah metoda penting untuk dilakukan tujuannya antara lain :

- Mengendalikan struktur logam tuangan
- Mempercepat laju pendinginan
- Mengurangi penyusutan
- Memperbaiki kualitas hasil pengecoran.

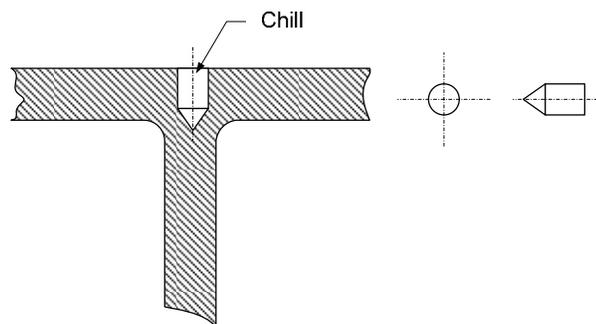
Dilihat dari posisi penempatannya, Chill ini dibedakan menjadi :

- Chill dalam
- Chill luar

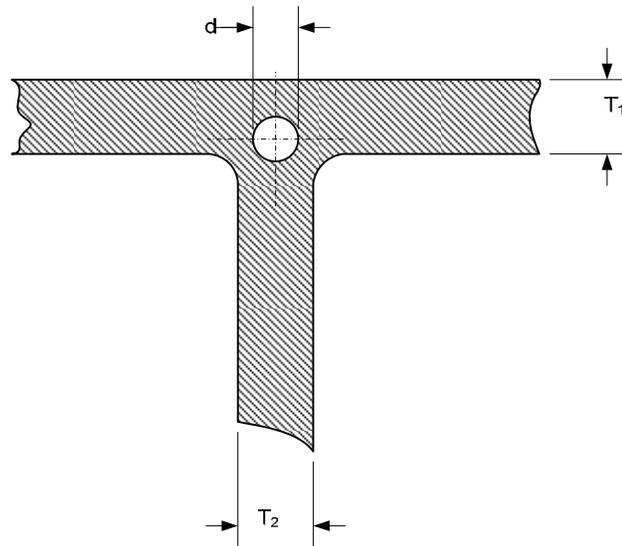
a. Chill dalam

Chill dalam ialah chill yang ditempatkan dibagian dalam , biasanya dibagian sudut pertemuan antara dua sisi dimana pada bagian ini ketebalan bahan menjadi berbeda dengan ketebalan pada dinding yang lainnya, Chill dalam dibuat dari besi berbentuk bulat atau segi empat atau batang bulat dengan lilitan, atau dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu Chill batang atau Chill Jarum dan Chill batang dengan lilitan. (lihat gambar).

▪ Chill batang atau Chill jarum



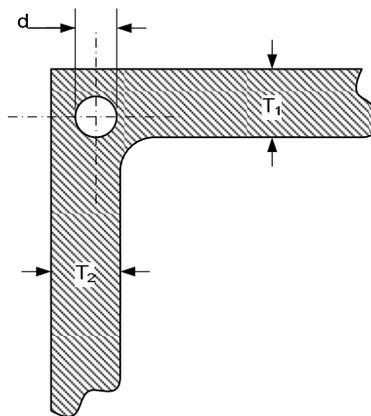
Gambar 6.64 Chill batang (Chill Jarum)



Gambar 6.65 Menentukan ukuran diameter Chill batang (Chill Jarum)

Ukuran diameter chill dengan menggunakan formulasi berikut :

$$d = 1/4(T_1 + T_2) \text{ (mm)}$$



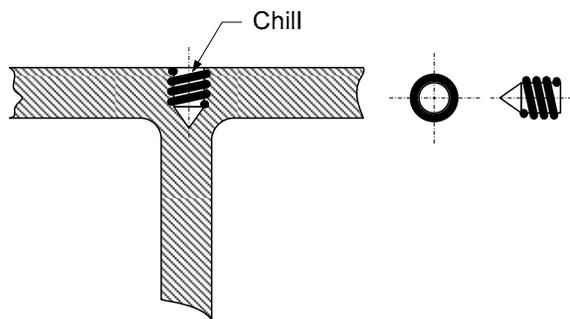
Gambar 6.66 Menentukan ukuran diameter

Diameter Chill seperti gambar diatas dengan menggunakan formulasi berikut :

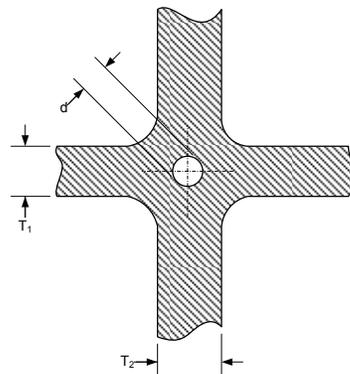
$$d = 3/14(T_1 + T_2) + 2 \text{ (mm)}$$

▪ **Chill batang dengan lilitan**

Pemberian lilitan pada batang chill ini akan lebih baik dimana perambatan panas pada lilitan itu akan lebih cepat, Chill batang dengan lilitan ini biasanya digunakan pada benda-benda tuangan yang lebih tebal.



Gambar 6.67 Chill batang dengan lilitan



Gambar 6.68 Benda seperti gambar di atas dengan :

$$T_1 < T_2 \text{ Diameter Chill (d)} \\ = 0,5 T_1$$

b. Chill Luar



Gambar 6.69 Chill luar samping

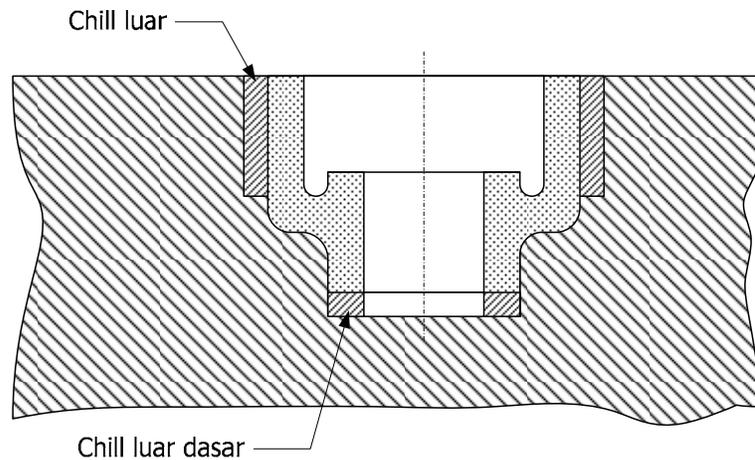


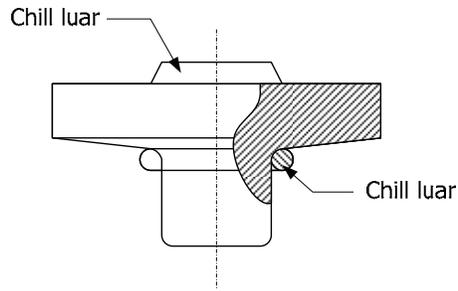
Gambar 6.70 Chill luar dasar

Pemasangan Chill luar dilakukan dengan menempatkannya pada bagian luar dari permukaan bidang yang rata atau sudut-sudut pertemuan bagian luar.

▪ **Ukuran Chill luar**

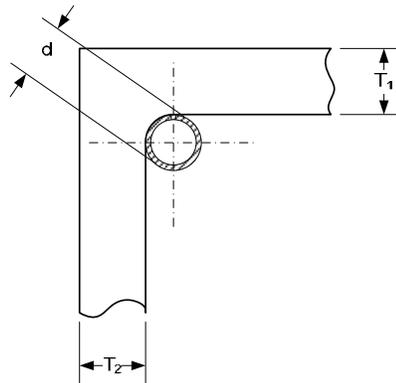
Pemakaian Chill luar yang efektif harus memiliki ukuran dengan perbandingan tertentu terhadap ketebalan bahan coran sehingga aliran panas akan merata dan laju pembekuan (Solidification) juga akan merata, hal ini dilakukan pada benda tuangan yang memiliki ketebalan bahan yang bervariasi, kendati kita dapat mengatur laju pembekuan ini sesuai dengan jenis tuangan yang kita kehendaki.



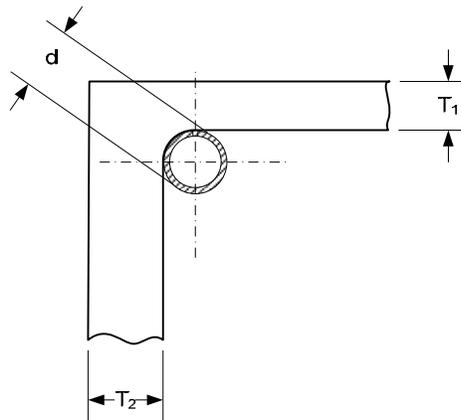


Gambar 6.71 Pemakaian Chill luar dan Chill Luar dasar

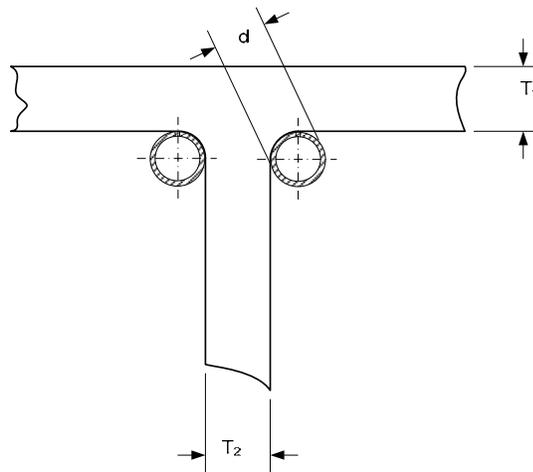
Untuk perbandingan Chill dengan ketebalan bahan dapat dilihat pada gambar berikut.



Jika $T_1 = T_2$ maka $d = \frac{2}{3} T_1$

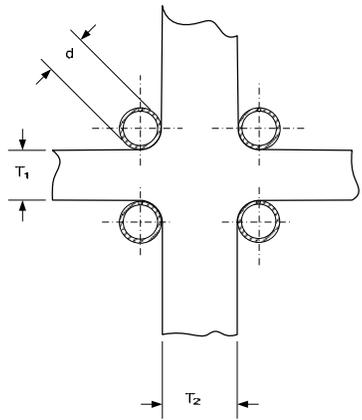


Jika $T_1 < T_2$ maka $d = T_1$



Gambar 6.72 Perbandingan antara ukuran diameter chill dengan ketebalan bahan pada bentuk "T"

$$T_1 = T_2 \text{ maka, } d \geq \frac{3}{4} T_1$$

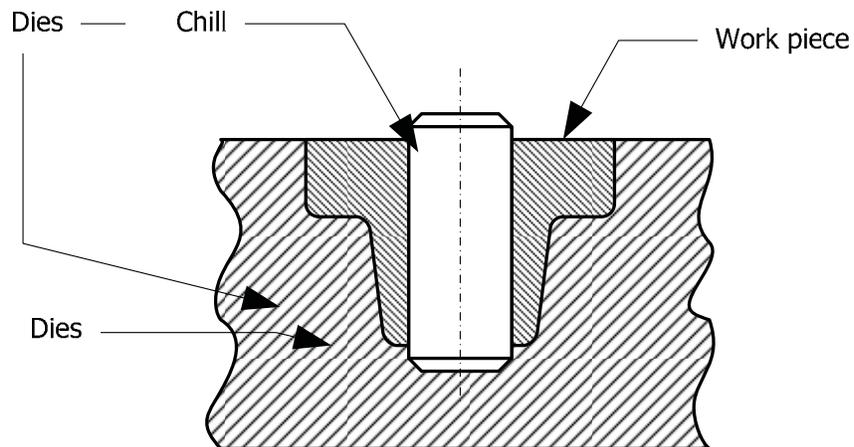


Gambar 6.73 Pemakaian chill pada bentuk benda bersilang "X"

$$T_1 < T_2 \text{ maka, } d = T_1$$

c. Cetakan logam sebagai Chill

Pada dasarnya penggunaan chill ini ialah menempatkan logam dalam keadaan padat diantara proses pendinginan logam cair kearah pematatan (solidification), pemakaian cetakan pasir dalam penuangan dimana terdapat perbedaan yang signifikan antara dua material ini dalam penyerapan panasnya, disamping itu pula cetakan pasir yang berpori memberikan penyerapan pendinginan yang lebih cepat terutama pada logam cair yang berhubungan langsung dengan bagian dinding rongga cetakan. Dengan ditematkannya bahan logam padat sebagai (chill) ini panas dari logam cair akan diserap oleh chill tersebut. Pemakaian cetakan logam (dies) tentu saja tidak memerlukan chill tambahan karena dies itu sendiri merupakan logam padat dan sudah berfungsi sebagai chill.



Gambar 6.74 Cetakan logam sebagai chill

7. Pembersihan produk pengecoran

Proses pembersihan terhadap benda-benda kerja yang dihasilkan melalui proses pengecoran terutama benda kerja yang dibentuk melalui cetakan pasir diperlukan metoda-metoda khusus selain pembersihan secara manual atau menggunakan alat bantu mekanik dan power tool seperti sikat, gerinda, ampelas yang digerakkan dengan tenaga listrik atau pneumatic. Tentu saja alat-alat ini memiliki keterbatasan terutama pada mekanismenya yang tidak memungkinkan untuk selalu dapat menjangkau bagian-bagian yang rumit dari kontur benda kerja tertentu.



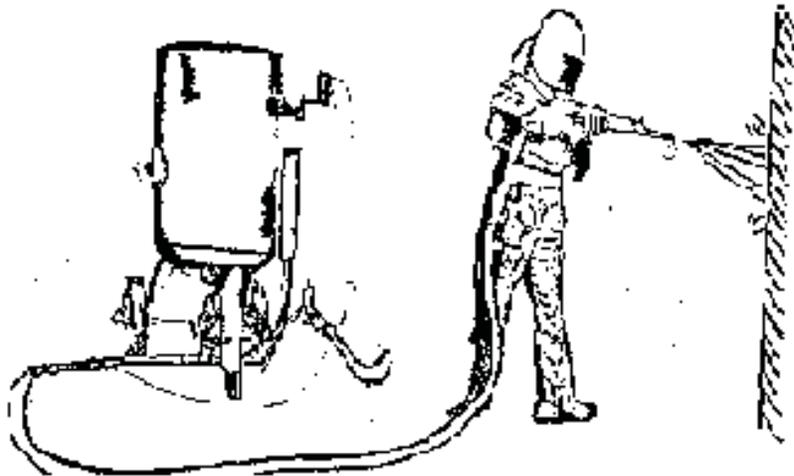
Gambar 6.75 Alat bantu mekanik (Mesin gerinda tangan)

- **Blasting system**

Blasting system merupakan salah satu metoda pembersihan yang cocok untuk berbagai jenis Casting (benda cor) terutama benda-benda dengan bentuk yang rumit dan berongga yang tidak mungkin terjangkau oleh peralatan mekanik seperti bentuk-bentuk peralatan pada contoh yang digambarkan pada Gambar 6.75 dan Gambar 6.76 diatas. Sistem pembersihan ini dibedakan menurut media yang digunakannya, yakni Abrasive Blasting antara lain :

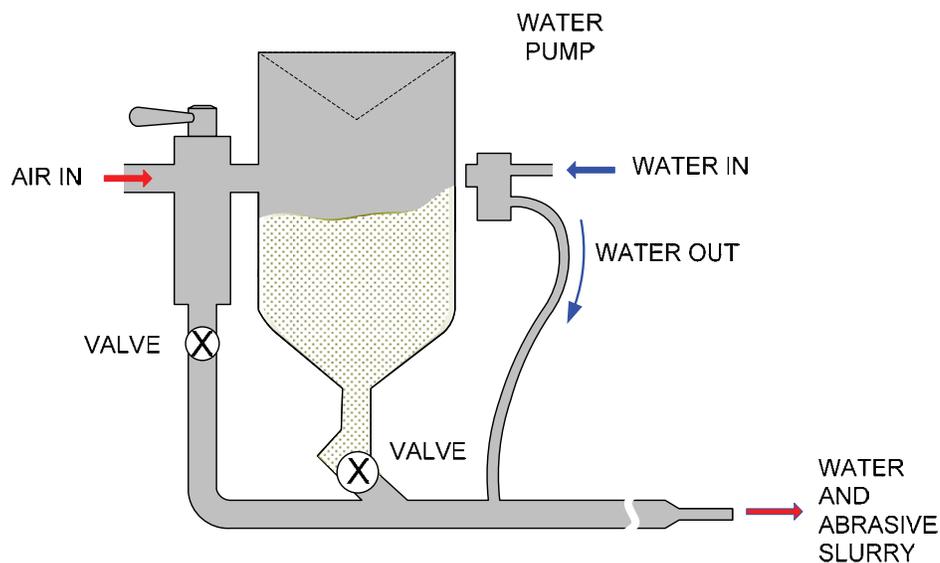
1. Sand Blasting
2. Grit blasting

Skema pengerjaan dari system blasting ini tidak ada perbedaan, yakni seperti digambarkan pada ilustrasi gambar berikut.

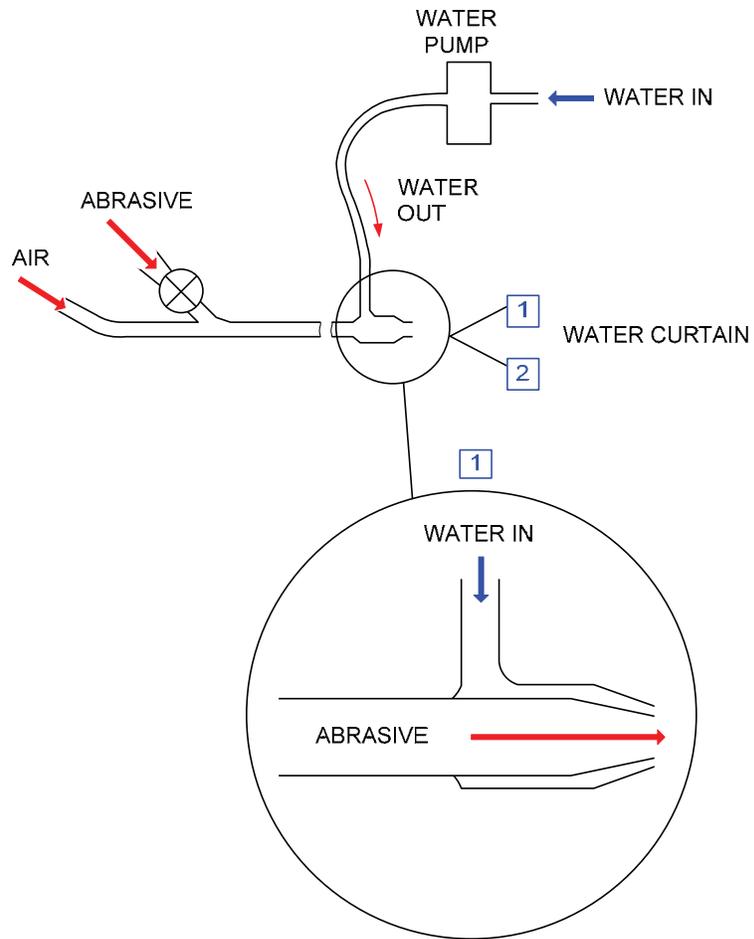


Gambar 6.76 Semprotan pasir pasir

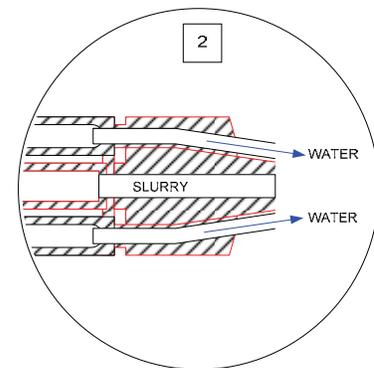
- Sand Blasting
Sand blasting ialah metoda pembersihan permukaan dengan menyemprotkan pasir oleh udara yang bertekanan antara 6 – 7 kg/Cm² ke permukaan benda kerja tekanan udara ini diperoleh dari air Compressor untuk menekan pasir yang ditempatkan didalam tabung melauai slang. Dengan penyemprotan ini semua partikel yang menempel pada casting akan terlepas sehingga permukaan casting menjadi bersih dengan bentuk permukaan yang agak kasar
- Grit Blasting
Grit blasting ialah cara pembersihan permukaan dengan menyemprotkan bijih besi atau butiran partikel besi yang tajam. Prosesnya seperti yang dilakukan pada sand blasting namun karena media yang disemprotkannya berbeda maka akan menghasilkan kualitas permukaan yang lebih baik dan tidak menghasilkan debu yang mengkontaminasi permukaan seperti yang terjadi pada Sand Blasting.
- Wet Blasting atau wet abrasive blasting (penyemprotan basah)
Prosesnya sama seperti pada sand blasting dan grit blasting akan tetapi pada prose ini penyemprotan pasir yang dicampur dengan air serta unsur additive sebagai bahan pencegahan (inhibitor). Wet Blasting digunakan pada daerah pekerjaan dimana tidak dibolehkan terjadi percikan abunga api (spark), misalnya proses area/ chemical area. Untuk wet blasting ini secara skematik dapat dilihat pada gambar berikut.



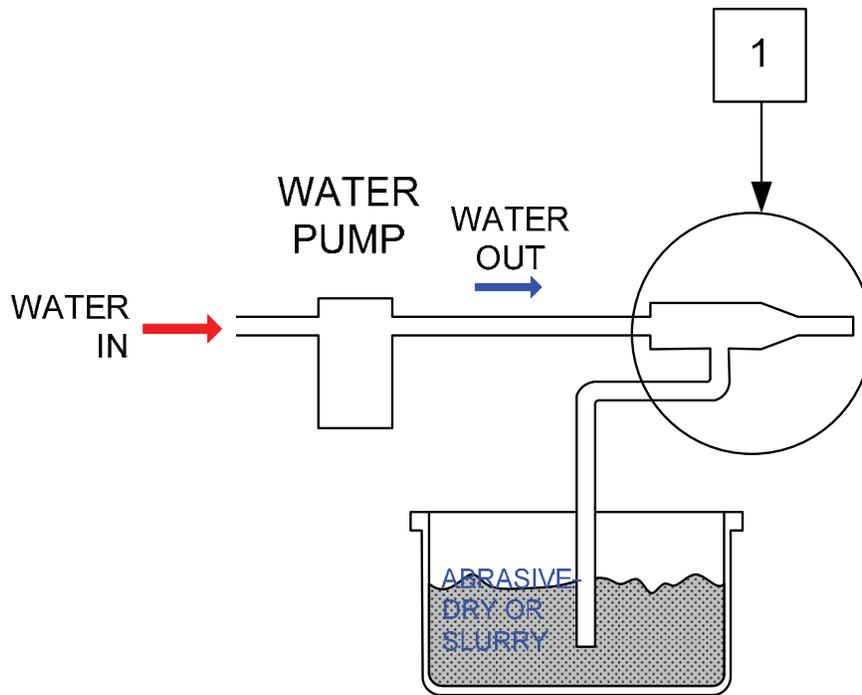
Gambar 6.77 Water Injection method



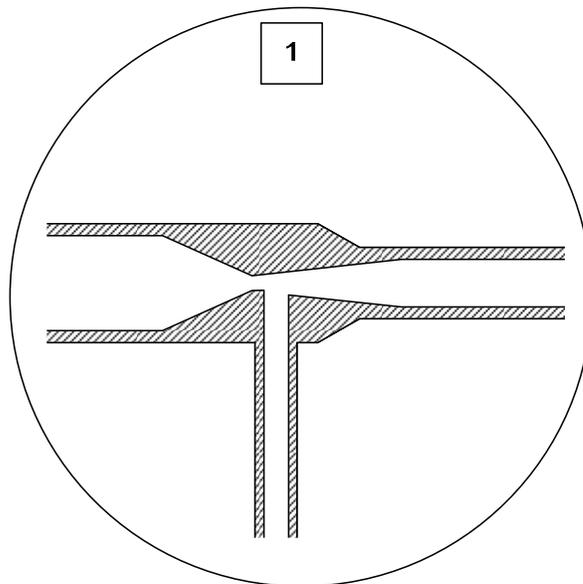
Gambar 6.78 Water Shroud method



Gambar 6.79 Water curtain



Gambar 6.80 Ventury method



Gambar 6.81 Water curtain

Rangkuman

Pengecoran atau penuangan (casting) merupakan salah satu proses pembentukan bahan baku/bahan benda kerja yang relatif mahal dimana pengendalian kualitas benda kerja dimulai sejak bahan masih dalam keadaan mentah. Komposisi unsur serta kadarnya dianalisis agar diperoleh suatu sifat bahan sesuai dengan kebutuhan sifat produk yang direncanakan namun dengan komposisi yang homogen serta larut dalam keadaan padat.

Pengembangan peralatan dan mesin-mesin perkakas moderen sebagaimana yang kita gunakan pada saat ini merupakan bagian dari produk penuangan, dengan salah satu metoda penuangan menggunakan dengan cetakan pasir (sand casting) antara lain meliputi :

Sand casting (penuangan dengan cetakan pasir), Die casting (penuangan dengan cetakan matres), Centrifugal casting (penuangan dengan cetakan putar), Continuous casting dan Shell moulding Investment casting.

Bagian-bagian dari cetakan pasir ini antara lain Pola, mal atau model (*pattern*), Inti (*core*), *Cope*, *Drag*, dan *Gate Riser* .

Pembuatan cetakan ditentukan menurut jenis dan cara pembuatannya, antara lain :

Cetakan pasir dibuat dengan tangan dan Cetakan pasir dibuat dengan mesin atau secara mekanis.

Dalam Proses peleburan (pencairan) logam tuangan (cor) harus mempertimbangkan Berat Jenis, titik Cair dan koefisien kekentalan.

Peleburan dengan dapur Kupola (*Cupola Furnace*) merupakan cara peleburan yang paling banyak digunakan dibanding dengan pemakaian dapur listrik dan dapur-dapur lainnya karena memiliki beberapa keunggulan, antara lain :konstruksi dapur kupola sangat sederhana dan mudah dalam pengoperasian, biaya operasional relatif rendah, kapasitas relatif besar, komposisi kimia mudah dikendalikan dan dapat digunakan dalam peleburan secara terus-menerus.

Sebagai bahan bakar yang diperlukan untuk peleburan baja ini digunakan Kokas (batu bara). Ukuran dapur peleburan Kupola ditentukan berdasarkan tinggi efektif yang dihitung dari pertengahan Tuyere hingga bagian bawah dari pintu pengisian.

Pemakaian energi listrik ini memiliki berbagai keunggulan, antara lain Memberikan jaminan homogenitas kemurnian bahan tuangan, Temperatur pemanasan dapat dikendalikan pada konstanta yang

diinginkan dan dapat memperbaiki mutu logam dari bahan baku dengan mutu rendah.

Proses penuangan (pengecoran) ialah pengisian rongga cetakan dengan bahan tuangan yang telah dileburkan (dicairkan), sesuai dengan cara penuangan dalam system pengecoran yang digunakan.

Penuangan (pengecoran) dengan cara centrifugal ini ialah pengecoran dengan menggunakan putaran yang tinggi dari dies sehingga logam cair yang cukup berat akan terlempar keluar dari posisi penuangan keposisi bentuk dies sebagai bentuk benda kerja yang kita kehendaki.

Proses penuangan berlanjut (Continouos Casting) bertujuan untuk menghasilkan benda tuangan yang panjang yang dapat dipotong ssuai dengan kebutuhan benda kerja.

Faktor-faktor penting yang harus diperhatikan dalam proses pembuatan produk penuangan (pengecoran) adalah Tambahan penyusutan, Tambahan penyelesaian mesin dan tambahan Deformasi atau distorsi

Chill ialah sebuah metoda penting untuk dilakukan yang bertujuan antara lain : Mengendalikan struktur logam tuangan, mempercepat laju pendinginan, mengurangi penyusutan dan memperbaiki kualitas hasil pengecoran. Chill ini dibedakan menjadi : Chill dalam, Chill luar.

Soal-soal :

1. Jelaskan, apa yang anda ketahui tentang pembentukan produk benda kerja ?
2. Jelaskan apakah yang dimaksud dengan pembentukan benda kerja dengan pengecoran (penuangan) !
3. Sebutkan beberapa cara pembentukan benda kerja dengan cara penuangan (pengecoran) !
4. Sebutkan bagian-bagian dari cetakan pasir !
5. Sebutkan macam-macam pasir yang digunakan sebagai bahan cetakan pasir untuk pengecoran logam !
6. Jelaskan cara membersihkan benda kerja yang dihasilkan melalui pengecoran !
7. Apakah yang anda ketahjui tentang Sand-blasting !
8. Apakah perbedaan antara Sand Blasting dengan great blasting dan weat blasting ?
9. Lakukan proses pengecoran dengan menggunakan metoda cetakan pasir untuk bahan pembuatan roda gigi lurus dengan jumlah gigi 25 dan modul 3, ukuran poros $\varnothing 12$ mm.Lihat perencanaan roda gigi lurus dari referensi yang ada di sekolah anda !
10. Buatlah langkah kerja dari soal nomor 6.

BAB VII

PENGUKURAN DAN PENANDAAN

A. Pengertian

Kompetensi *Pengukuran* merupakan syarat utama diantara syarat-syarat yang lain seperti; *Membaca gambar* dan *Teknologi pembentukan* yang kemudian disusul dengan pengetahuan tentang *Bahan Teknik (Material for engineering)* yang harus dikuasai oleh seorang “*Teknisi* ” apapun bidang pekerjaannya, apakah *bidang pengecoran logam*, pekerjaan plat (*sheet metal forming*), konstruksi, permesinan dan lain-lain. Tiga kompetensi utama yang saling mendukung dan tidak dapat ditawar-tawar lagi bahkan pada level kompetensi yang lebih tinggi sekalipun.

Pada bab-bab sebelumnya telah dibahas tentang gambar teknik (*engineering drawing*) *how to read an use*, bagaimana membaca gambar dan bagaimana menggunakan gambar teknik diimplementasikan dalam bidang pekerjaan, dimana dalam gambar memuat berbagai informasi tentang kualitas produk yang diinginkan oleh perencana yang meliputi kualitas mekanis, kualitas geometris dimensional dan lain-lain yang dituangkan melalui garis-garis, simbol-simbol dan tanda pengerjaan serta ukuran yang disyaratkan. Garis-garis, simbol-simbol dan tanda pengerjaan serta ukuran serta ini merupakan aspek-aspek dalam *pengukuran*.

Pengukuran sering dimasukkan dalam divisi Quality Control (QC) yakni pengendalian kualitas yang berhubungan dengan kualitas dimensional geometris. Oleh karena itu pengukuran menjadi tolok ukur kualitas produk sampai pada kualitas fungsional yang telah diuraikan dalam Bab X tentang “Pengujian Logam”. Untuk itulah *Metrologi Industri* menjadi sangat penting dimana pengukuran merupakan bagian dari metrologi industri.

Definisi :

“Metrologi industri ialah ilmu pengetahuan tentang pengukuran terhadap kualitas dan sifat serta karakteristik suatu produk dengan menggunakan alat dan cara yang tepat sedemikian rupa sehingga hasilnya dianggap sebagai yang paling dekat dengan ukuran yang sesungguhnya”.

“Pengukuran ialah proses membandingkan suatu besaran dengan besaran standar”.

Berdasarkan definisi metrologi industri sebagaimana disebutkan memiliki lingkup kerja yang sangat luas dan memiliki dasar hukum baik pada lingkup Nasional maupun Internasional. Oleh karenanya maka aspek pengukuran ditentukan berdasarkan standarisasi secara Internasional yang berlaku diseluruh dunia, standarisasi tersebut ialah International Sistem of Unit, SI-Units, dan le sisteme Internatinal d’units yang hingga kini masih dipergunakan, yakni *tujuh besaran dasar dengan satuan standar* serta berbagai ketentuan dalam standar secara Nasional yang diakui memenuhi ketentuan syrsrat suatu besaran standar, yakni :

- Dapat didefinisikan secara phisik
- Jelas dan tidak berubah karena waktu dan
- Dapat digunakan sebagai pembanding dimana pun didunia ini.

Pada Industri logam dan mesin, Pengukuran dimensional geometris yang meliputi pengukuran pada besaran panjang menggunakan sistem Isometric dengan satuan dasar meter dan Imperial satuan Inchi, serta satuan tambahan yakni sudut bidang dalam derajat (⁰) atau radian, dan satuan satuan ini memenuhi syarat sebagai satuan besaran satndar.

Gambar kerja telah menginformasikan pemakaian alat ukur yang berhubungan dengan kualitas alat ukur tersebut, misalnya kapasitas dan ketelitian alat ukur yang dapat digunakan dalam pengukuran benda yang diinginkan oleh gambar tersebut dengan melihat toleransi umum dan khusus serta tanda-tanda pengerjaan, namun tidak menyebutkan jenis dan cara pengukurannya, hal ini merupakan tugas kita untuk memilih secara tepat serta menggunakannya sesuai dengan metoda penggunaan alat ukur tersebut dalam mencapai kesesuaian ukuran dengan ukuran produk yang direncanakan.

Berdasarkan hal tersebut maka kita harus mengetahui berbagai jenis dan karakteristik serta cara-cara pemakaian alat ukur tersebut. Untuk itu maka akan kita lihat terlebih dahulu uraian berikut.

- **Jenis dan cara pengukuran**

- a) Jenis pengukuran

Dalam proses pengukuran pada dimensional geometri dari suatu benda kerja dapat dipandang dalam tiga aspek geometris yaitu : dimensi atau ukuran, bentuk dan kekasaran permukaan, yang meliputi :

- | | |
|--------------------------------|-------------------------|
| 1. Pengukuran Linear | 5. Pengukuran ulir |
| 2. Pengukuran sudut kemiringan | 6. Pengukuran roda gigi |
| 3. Pengukuran kedataran | 7. Penyetelan posisi |
| 4. Pengukuran profil | 8. Kekasaran permukaan |

- b) Jenis alat ukur

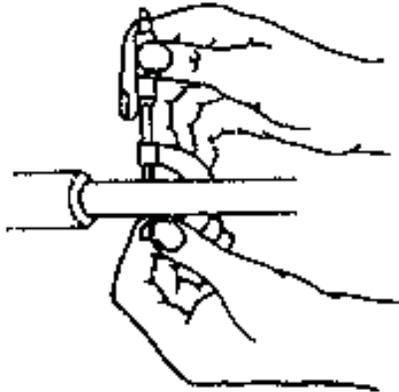
- Alat ukur langsung, ialah jenis alat ukur yang memiliki penunjuk ukuran yang telah dikalibrasi dalam bentuk jam (dial), skala (Vernier) atau digital.
- Alat ukur Pembanding, ialah alat ukur dengan penunjuk yang memiliki kapasitas ukur terbatas, sehingga pemakaiannya hanya untuk melihat perbedaan ukuran dari ukuran yang seharusnya.
- Alat ukur Standar, ialah alat ukur yang mampu menunjukkan suatu harga ukur, digunakan bersama-sama dengan alat ukur pembanding untuk mengetahui dimensi suatu objek ukur.
- Alat ukur Batas, ialah alat ukur yang digunakan untuk mengetahui apakah suatu dimensi berada didalam atau diluar batas toleransi.
- Alat ukur Bantu, ialah bukan merupakan alat ukur tetapi sangat penting dalam membantu pengukuran.

c) Cara pengukuran

Dengan menganalisis gambar kerja serta mengetahui berbagai jenis alat ukur yang dapat dipilih sesuai dengan bentuk produk atau benda kerja maka kita akan berfikir bagaimana cara pelaksanaan pengukuran tersebut. Hal ini dapat dijelaskan sebagai berikut :

Pengukuran langsung

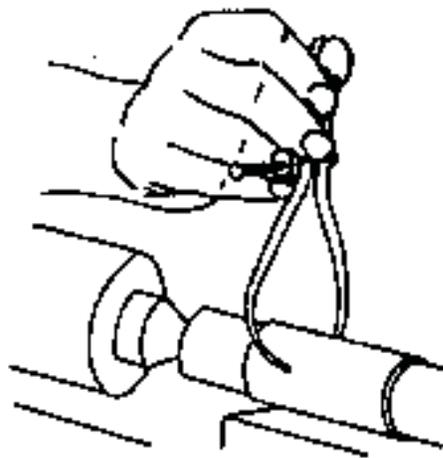
Pengukuran langsung yaitu pengukuran dengan menggunakan alat ukur langsung misalnya , Mistar baja mistar sorong, mikrometer dan lain-lain, kemudian membaca hasil pengukuran tersebut melalui penunjuk ukuran seperti Vernier (Skala ukur) Jam (dial) atau digital. (Gambar 7.1)

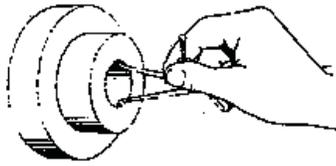


Gambar 7.1 Pengukuran dengan Mikrometer

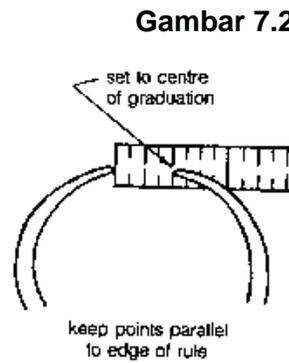
Pengukuran tak langsung

Pengukuran tak langsung, ialah pengukuran dengan menggunakan alat ukur ialah pemakaian alat ukur pembanding, standar dan alat ukur Bantu. Perbedaan harga ukur yang ditunjukkan oleh alat ukur pembanding dan alat ukur standar , sewaktu mengukur suatu objek ukur dapat digunakan dalam menentukan dimensi dari objek ukur. Lihat gambar 7.2 7.3, 7.4 dan 7.5



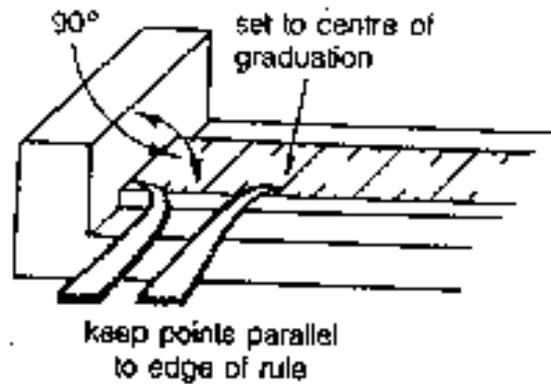


Gambar 7.3



Gambar 7.2

Gambar 7.4



Gambar 7.5

Pengukuran dengan caliber batas (*limit gauge*),

Pengukuran dengan caliber batas ialah proses pengukuran pada suatu objek ukur tanpa menentukan ukuran suatu dimensi tertentu dan hanya melihat apakah suatu dimensi tersebut berada didalam atau diluar batas daerah toleransi, proses pengukuran yang cepat karena caliber yang terdiri dari dua ukuran yakni ukuran "go" adalah ukuran dimensi yang sebenarnya dikurangi oleh harga toleransi dan "not go" yakni ukuran dimensi yang sebenarnya ditambah dengan harga toleransi (untuk poros dan sebaliknya untuk lubang)

Membandingkan dengan bentuk standar

Antara lain pengukuran dengan menggunakan *profil projector* merupakan salah satu contoh, contoh yang lainnya antara lain membandingkan ukuran tirus dengan bentuk standar tirus (taper morse)

B. Pengukuran dan penandaan

Pengukuran dan penandaan suatu proses yang dilakukan secara bersamaan dan berhubungan satu sama lainnya. Sebagaimana yang telah dijelaskan pada bagian 11.1 bahwa berdasarkan SI-Units pengukuran panjang menggunakan satuan meter, dan dalam pekerjaan engineering untuk ukuran panjang ini menggunakan turunannya yakni millimeter atau 1/1000 meter, selanjutnya dibagi menjadi 10 atau seratus.

Tuntutan tingkat akurasi dalam pengukuran ini maka sebaiknya kita pelajari lebih rinci tentang efisiensi dalam penggunaan alat ukur ini.

Penggores

Penggores merupakan salah satu alat penandaan yang digunakan untuk membuat garis diatas permukaan benda kerja, karena benda kerja ini dibentuk dari baja, maka penggores ini pun dirancang khusus dengan menggunakan baja perkakas yang dikeraskan serta ditemper serta diruncingkan dengan gerinda mulai dari bawah ujung yang runcing hingga bagian yang runcing dengan pendingin minyak. Pada gambar 7.6 diperlihatkan dua macam penggores, yakni penggores lurus dan penggores bengkok (Straight and bent scribers)

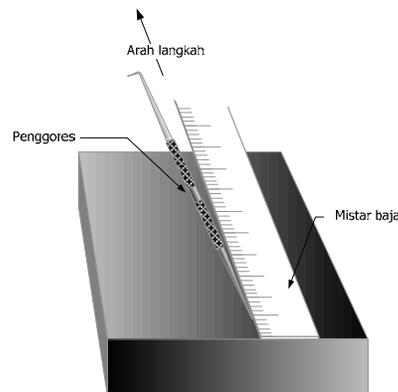
Pemakaian penggores.

Untuk menghasilkan sebuah garis lurus yang halus, hendaknya memperhatikan beberapa hal berikut :

- Sudut penggores harus benar dan tajam.
- Ujung Penggores harus merapat dengan sisi sudut dari mistar baja (lihat gambar 7.7)
- Posisi sudut penggores tetap hingga ujung sepanjang arah goresan.
- Langkah penggoresan dilakuakn dengan gerakan tangan dan jari.



Gambar 7.6 Penggores



Gambar 7.7 Pemakaian penggores

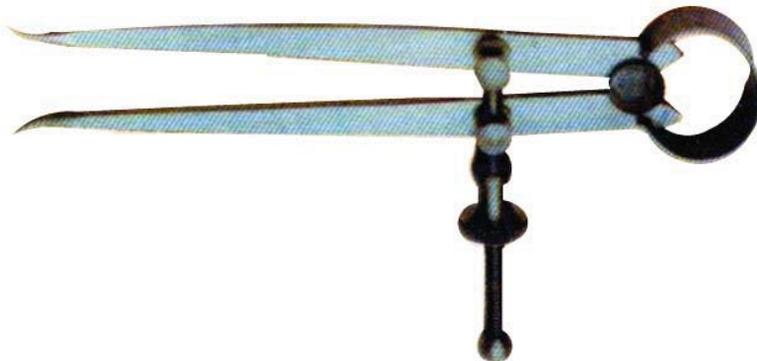
Jangka tusuk atau pembagi (Dividers) dan jangka bengkok

Jangka tusuk atau pembagi (divider) digunakan sebagai penggores dalam membentuk lingkaran atau lengkung, garis pembagian dan memindahkan ukuran dari mistar baja ke benda kerja (work piece).



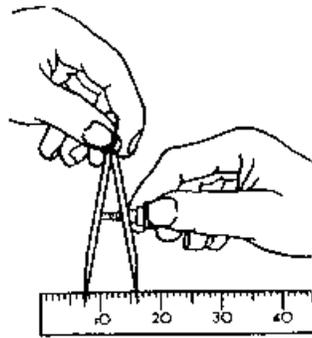
Gambar 7.8 Jangka tusuk (spring dividers)

Jangka tusuk yang digunakan dalam engineering pada umumnya menggunakan jangka pegas. Lihat gambar 7.9. Jangka tusuk memiliki titik ketajaman yang sama pada kedua kakinya. Ujung jangka tusuk dapat distel pada sumbu dalam tahapan penandaan sejajar dengan sisi mistar baja. Lihat gambar 7.10 dan 7.11

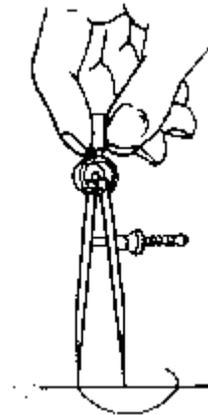




Gambar 7.9 Jangka bengkok



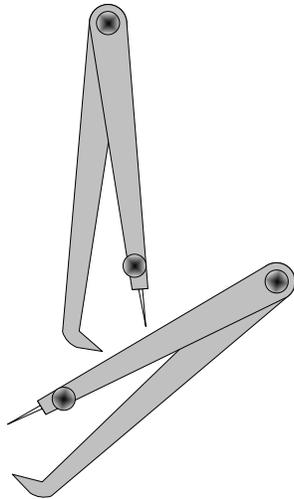
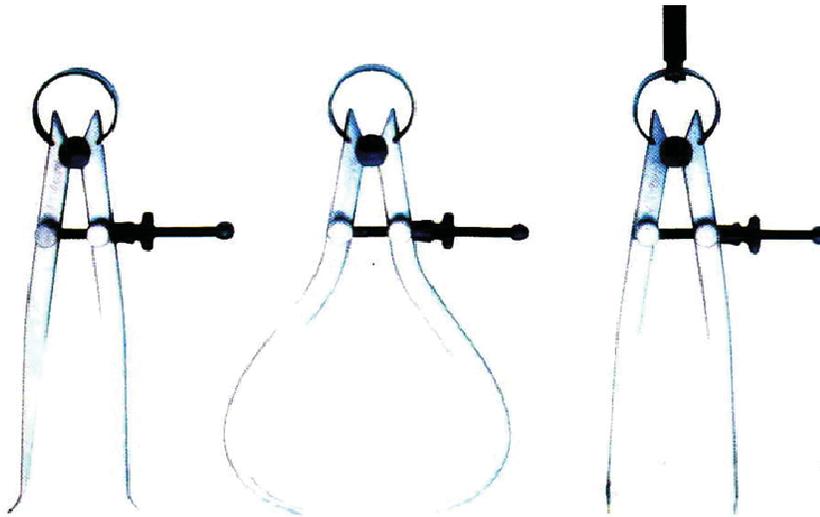
Gambar 7.10 Penyetelan posisi jangka tusuk pada mistar baja



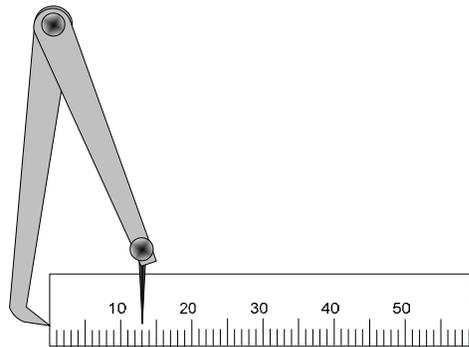
Gambar 7.11 Pemakaian jangka tusuk

Jangka “banci” (Hermaphrodite Caliper)

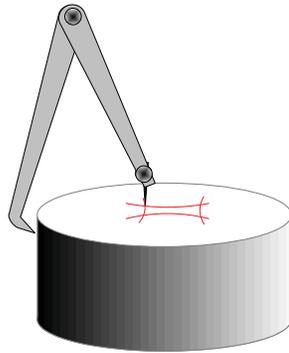
Jangka banci atau disebut juga sebagai jangka ganjil ialah jangka dengan dua buah atau sepasang kaki dan masing-masing kaki memiliki bentuk yang berbeda (lihat gambar 7.12)



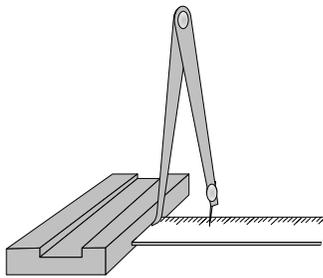
Gambar 7.12 Jangka banci atau jangka ganjil.



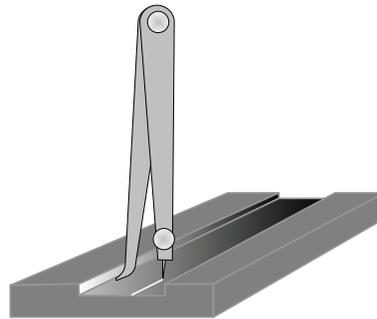
Gambar 7.13 Jangka banci atau jangka ganjil.



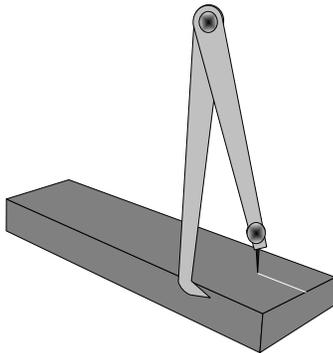
Gambar7.14 Jangka banci digunakan untuk menentukan titik pusat



Gambar 7.15 Penyetelan dengan jangka ganjil dengan kaki terbalik



Gambar7.16 Menggores sejajar bagian dalam



Gambar 7.17 Menggores sejajar bagian luar



Gambar 7.18 Trammel (jangka batang)

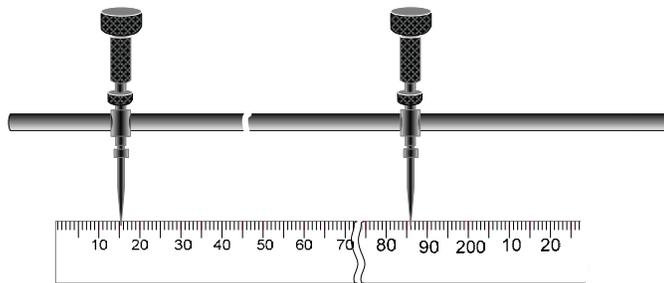
Jangka batang (Trammels)

Jangka batang (Trammels), Memiliki fungsi yang sama dengan jangka-jangka pada umumnya namun digunakan pada penandaan pekerjaan yang ukurannya lebih besar, (gambar 7.18). Trammels ini diperlengkapi dengan mata penggores (rod) yang dapat diganti atau ditukar dengan yang sesuai dengan kebutuhan Gambar 7.19.



Gambar 7.19. Mata penggores (rod)

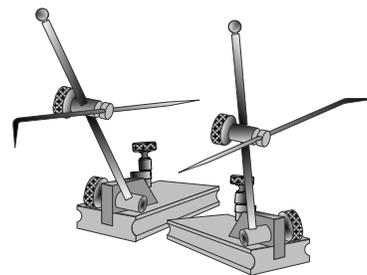
Jangka batang (Trammels) distel pada mistar baja sebagaimana dilakukan pada jangka tusuk (Gambar 7.20)



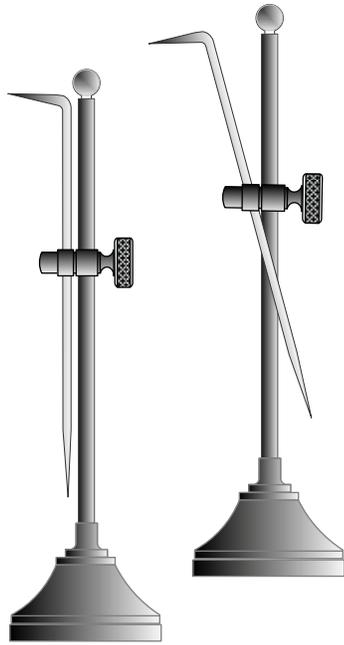
Gambar 7.20 Penyetelan Trammels pada mistar baja

Surface gauges

Surface gauges merupakan salah satu alat peraba kekasaran yang sederhana, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 7.21



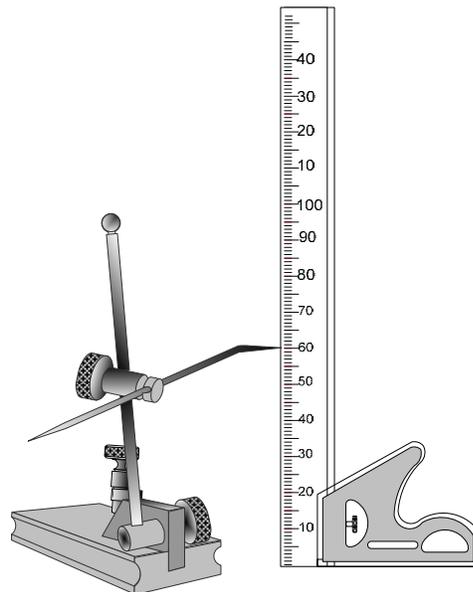
Gambar 7.21 Universal Surface gauges



Gambar 7.22 Surface gauges sederhana

Universal surface gauge dikembangkan dari Surface gauge sederhana dengan kelengkapan penyetelan, yakni baut penyetelan halus dengan penahan pegas, batang penggores terpasang pada landasan yang memungkinkan untuk penyetelan pada posisi Vertical, dan menyudut serta pengatur ketinggian, bagian landasan dapat digunakan sebagai pengarah dalam penyetelan pada mesin perkakas.

Penyetelan ketinggian dapat dilakukan dengan pemakaian "Combination set". Lihat gambar 7.23.

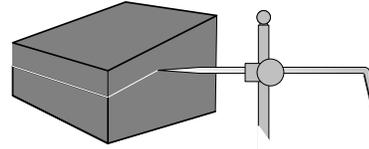


Gambar 7.23 Universal Surface gauges dalam menyetel ketinggian pada "Combination set"

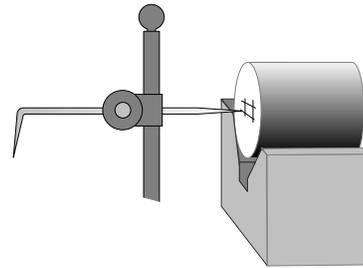
Penggunaan surface gauge dalam pembuatan garis pada pada benda kerja.

Proses pembuatan garis (melukis benda kerja) dengan menggunakan surface gauge dilakukan dengan langkah sebagai berikut :

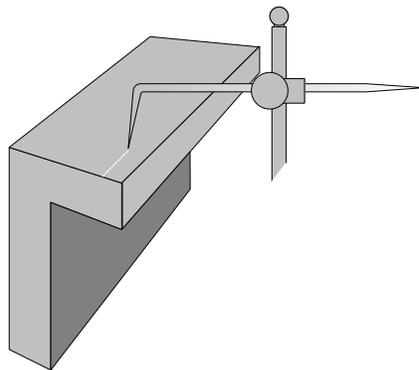
- Pekerjaan dilakukan di atas meja perata, pastikan bahwa permukaan meja perata atau landasan surface gauge itu sendiri dalam keadaan bersih sehingga surface gauge dapat bergerak bebas.
- Genggam dengan tangan dudukan surface gauges dan pastikan bahwa dudukan surface gauge tidak terlepas dari permukaan meja perata.
- Berikan sedikit penekanan untuk membuat goresan pada permukaan benda kerja.
- Lakukan hanya dengan satu langkah agar terbentuk garis tunggal (single lines).



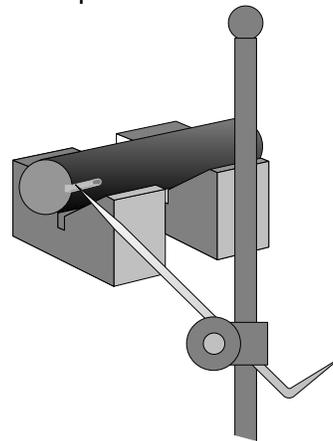
Gambar 7.24 Surface gauges dalam pekerjaan melukis garis pada benda kerja.



Gambar 7.25 Surface gauges dalam pekerjaan mencari titik pusat.



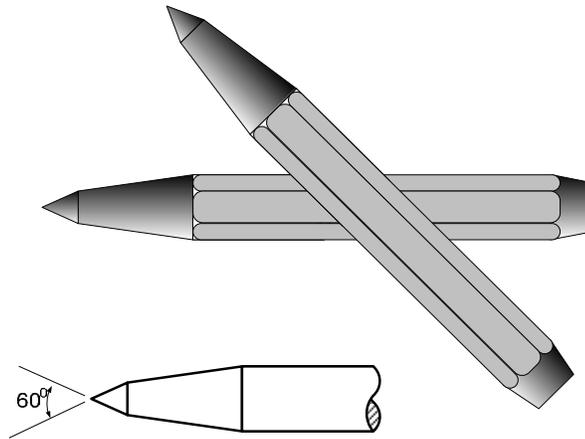
Gambar 7.26 Surface gauges dalam pekerjaan melukis garis pada benda kerja.



Gambar 7.27 Surface Gauges Dalam pekerjaan menentukan posisi alur pasak.

Pick punch

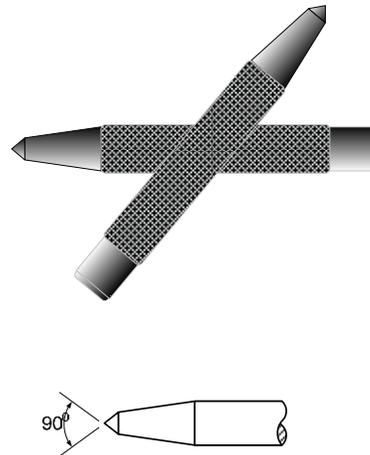
Pick Punch digunakan titik penandaan dalam melukis atau titik pembagian. (lihat gambar 7.28)



Gambar 7.28 Prick punch (sudut penitik 90°).

Punches (Penitik)

Penitik (Punches) ialah salah satu alat penandaan yang paling banyak digunakan dibengkel untuk berbagai keperluan terutama penandaan dalam pekerjaan awal pengeboran, oleh karena itu *punches* ini dibuat dengan berbagai macam, akan tetapi bagian utamanya yakni bagian yang tajam (runcing) ini tetap sama yakni menyudut 60° untuk Prick punch dan 90° untuk Centre punch. Lihat gambar 7.29



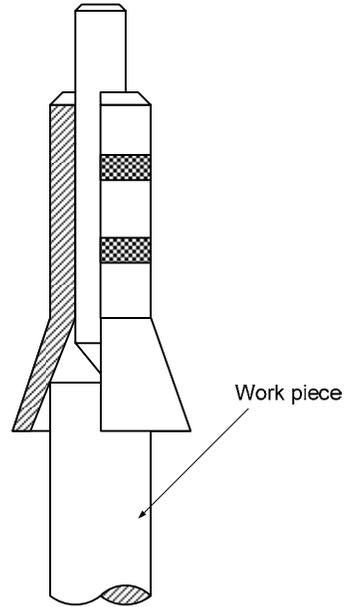
Gambar 7.29 Center punch (sudut penitik 90°).

Bell Punch

Bell Punch ialah salah satu Punch yang digunakan untuk menentukan titik pusa secara tepat (lihat gambar 7.31)



Gambar 7.30 Automatic Punch.



Gambar 7.31 Bell Punch.

C. Pengukuran dengan mistar sorong (Venier caliper)

Mistar sorong (Venier Caliper) merupakan salah satu alat ukur presisi yang paling banyak digunakan dalam berbagai proses pengukuran, hal ini dikarenakan mistar sorong (Vernier Caliper) memiliki fungsi yang banyak dalam pengukuran dimensi benda kerja. Mistar sorong termasuk alat ukur langsung dan dengan mudah dan cepat memperoleh hasil pengukuran.

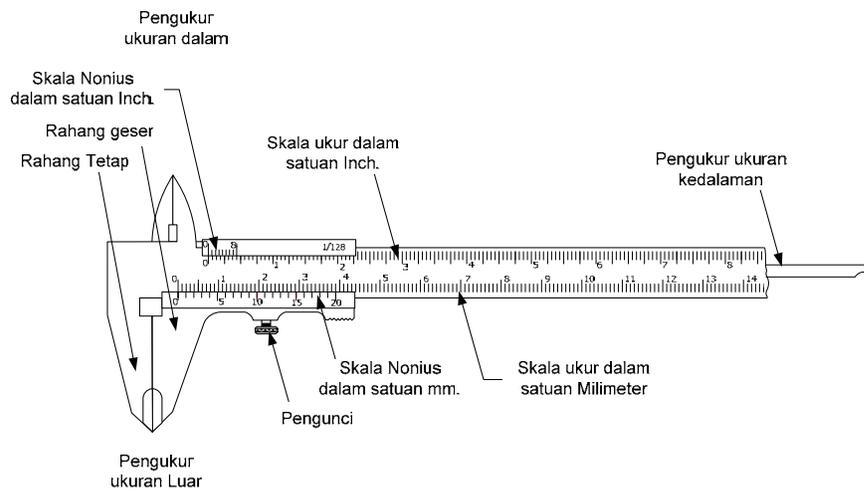
Mistar sorong (Venier Caliper) disebut sebagai “Vernier” karena pada umumnya memiliki penunjuk ukuran berbentuk *Vernier* atau berskala, dalam perkembangannya Mistar sorong ini dibuat pula penunjuk skala digital dan Jam (dial) namun tetap saja namanya adalah Vernier Caliper.

Alat ukur yang termasuk alat ukur presisi ialah ditandai dengan adanya skala Nonius, dimana skala nonius akan memperjelas pembacaan skala ukur hingga ketelitian yang sangat kecil. Untuk Mistar sorong biasanya dapat mencapai 0,02 dan 0,05 untuk satuan millimeter dan 1/128” hingga 1/1000” untuk satuan inchi.

Sebagaimana alat ukur pada umumnya Mistar sorong memiliki komponen-komponen utama antara lain, sensor, pengubah dan penunjuk ukuran, serta memiliki kapasitas ukur dan ketelitian pengukuran.

- **Kapasitas ukur**

Skala ukur dari mistar sorong (vernier Caliper) terdiri atas dua skala ukuran yakni skala utama, yaitu skala ukur yang memiliki harga ukur standar dalam satuan millimeter atau satuan inchi. Skala ukur ini ditempatkan pada batang ukur atau disebut sebagai batang tetap. Selain harga ukur ini batang tetap memiliki kapasitas ukur yaitu ukuran terpanjang yang dapat ditunjukkan dalam proses pengukuran. Mistar sorong memiliki kapasitas ukur yang berbeda-beda dari ukuran kecil atau biasa 150 mm hingga 600 mm, namun demikian kapasitas ukur ini pun masih tetap dibatasi karena disamping menjadi tidak praktis juga semakin panjang skala ukur maka akan semakin besar peluang penyimpangannya dalam penunjukan harga ukur. (lihat gambar 7.32)



Gambar 7.32 Mistar sorong (Vernier Caliper)

- **Ketelitian Mistar Sorong (vernier Caliper)**

Semua alat ukur memiliki ketelitian yang berbeda-beda, yang dimaksud dengan ketelitian ialah kemampuan suatu alat ukur untuk menunjukkan harga ukur terkecil dalam proses pengukuran.

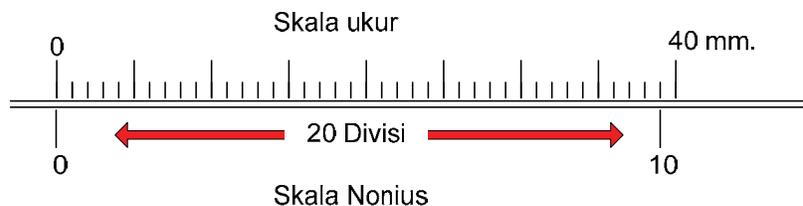
Mistar sorong biasa sebagaimana kita lihat pada gambar 7.32, memiliki tiga fungsi pengukuran, yakni pengukuran pada ukuran luar, pengukuran pada ukuran dalam dan pengukuran pada ukuran kedalaman, semua bagian dari fungsi-fungsi tersebut menggunakan skala ukur yang sama dalam pembacaannya, dimana pada mistar sorong jenis ini memiliki satuan dalam millimeter dan satuan dalam Inchi.

Angka ketelitian dari mistar sorong sering dicantumkan pada mistar sorong tersebut, misalnya untuk satuan millimeter ; 0,02; 0,05 dan untuk satuan Inchi ;1/28 dan 1/1000 Inchi, ini menunjukkan bahwa jarak ukur satu bagian atau satu divisi skala nonius ini memiliki harga ukur sesuai dengan angka ketelitiannya. Oleh karena itu jika mistar sorong itu tidak mencantumkan angka ketelitiannya maka kita harus menghitungnya, karena jika tidak diketahui maka kita tidak dapat membaca mistar sorong tersebut. Angka ketelitian mistar sorong itu dapat mudah diketahui Karena ketelitian mistar sorong itu ialah selisih bagian dari skala ukur dengan bagian dari skala Nonius.

Untuk menghitung ketelitian mistar sorong itu dapat digunakan formula sebagai berikut :

$$\text{Ketelitian} = \text{Div. Skala Ukur} - \text{Div. Skala Nonius}$$

Untuk mengetahui harga setiap divisi skala nonius harus diukur dengan skala ukur pada bagian mistar sorong tersebut karena jarak divisi skala nonius bukan ukuran sebenarnya. Cara pengukurannya ialah dengan menentukan posisi garis 0 skala Nonius tersebut dengan garis 0 pada skala ukurnya (lihat gambar 7.33 menunjukkan panjang skala Nonius 39 mm).



Gambar 7.33. Mengukur panjang skala Nonius, Contoh panjang skala Nonius 39 mm.

Pada Gambar 7.33 diperlihatkan contoh pengukuran skala Nonius dimana garis 0 skala nonius ditentukan segaris dengan garis 0 dari skala ukur, garis terakhir skala nonius yang berangka 20 berada pada garis ke 39 artinya panjang skala nonius ini ialah 39 mm. Tanda penah menunjukkan bahwa skala Nonius ini dibagi menjadi 20 divisi, sehingga jarak ukur setiap divisinya adalah $39 : 20 = 39/20$ mm.

Jika kita mengambil selisih dari satu divisi skala ukur, harga satu divisi skala noniusnya mendekati 2 mm. sehingga kita ambil 2 divisi atau 2 milimeter.

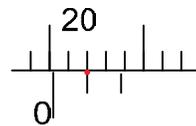
Dengan formulasi :

$$\begin{aligned} \text{Ketelitian} &= \text{Div. Skala Ukur} - \text{Div. Skala Nonius} \\ &= 2 \text{ mm} - 39/20 \text{ mm} \\ &= 40/20 \text{ mm} - 39/20 \text{ mm} \\ &= 1/20 \text{ mm} \\ \text{Ketelitian} &= \underline{0,05 \text{ mm}} \end{aligned}$$

Cara mengetahui ketelitian ini sebenarnya berlaku untuk semua alat ukur Vernier yang memiliki skala Nonius, maka dengan diketahuinya angka ketelitian ini kita dapat membaca harga ukur dari pengukuran dengan Vernier Caliper (Mistar sorong) ini. Untuk menentukan ketelitian mistar sorong dengan satuan inchi tidak ada perbedaan dengan cara dan menggunakan formulasi tersebut angka ketelitian mistar sorong dapat diketahui. Beberapa contoh berikut diperlihatkan cara membaca hasil ukur dengan mistar sorong tersebut.

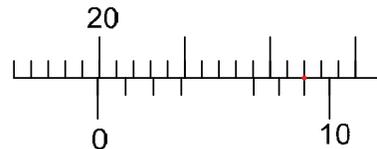
Contoh cara membaca hasil ukur dengan Mistar sorong (Vernier Caliper)

Hasil ukur : 20,05 mm



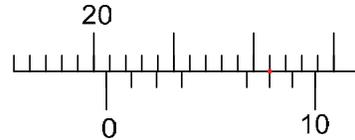
Tanda titik menunjukkan garis pertama skala nonius segaris dengan garis ukur

Hasil ukur : 19,95 mm



Tanda titik menunjukkan garis pertama skala nonius segaris dengan garis ukur

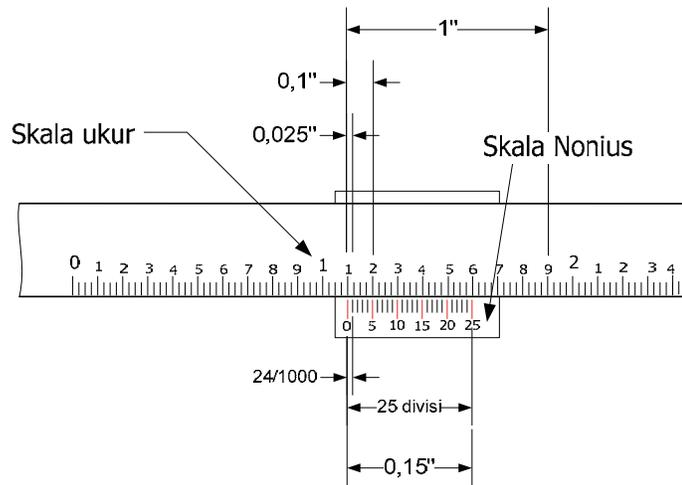
Hasil ukur : 20,90 mm



Tanda titik menunjukkan garis pertama skala nonius segaris dengan garis ukur

Pada mistar sorong dengan satuan Inchi yang umum digunakan dibengkel ialah dengan ketelitian $1/128''$. Pada mistar sorong ini skala ukurnya terdapat dibagian atas dari skala ukur dengan satuan millimeter. Pembagian skala ukurnya adalah 16 divisi pada setiap Inch.-nya. Sehingga jarak setiap divisinya adalah $1/16''$. Jika diukur skala Noniusnya garis terakhir dari skala Nonius ini berada pada garis ke-7 , artinya panjang skala Nonius ini ialah $7 \times 1/16'' = 7/16''$. Pembagian skala Noniusnya adalah 8 divisi, maka jarak setiap divisi skala Nonius ini ialah $7/16'' : 8 = 7/128''$. Dengan formulasi yang digunakan untuk mengetahui harga ketelitian tersebut dapat diketahui bahwa :

$$\begin{aligned}
 \text{Ketelitian} &= \text{Div. Skala Ukur} - \text{Div. Skala Nonius} \\
 &= 1/16'' - 7/128'' \\
 &= 8/128 - 7/128'' \\
 \text{Ketelitian} &= 1/128''
 \end{aligned}$$



Gambar 7.34 Harga ukur setiap divisi pada Mistar sorong dengan satuan Inchi dan ketelitian $1/1000''$

Analisis ketelitian Mistar sorong dengan ketelitian 1/1000" (lihat gambar 7.34) :

- **Harga ukur setiap divisi skala ukur**

Skala ukur dibuat dengan pembagian skala tiap jarak 1" yang diberi nomor 0; 1; 2; dst. Pada setiap jarak 1" ini dibagi lagi masing-masing kedalam 10 bagian, maka harga ukur setiap bagiannya adalah $1 : 10 = 1/10" = 0,1"$, pada jarak 0,1" ini dibagi lagi masing-masing menjadi 4 bagian, maka jarak setiap bagiannya ialah $0,1" : 4 = 0,025"$

- **Harga ukur setiap divisi skala Nonius**

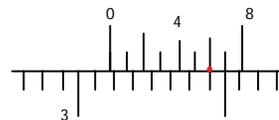
Jika kita ukurkan panjang Skala Nonius ini kepada skala ukur sebagaimana diperlihatkan pada gambar 11.26, ternyata panjang ukurnya adalah $6 \times 0,1" = 0,6"$, pada panjang ini skala nonius tersebut dibagi menjadi 25 divisi, maka jarak ukur setiap divisinya ialah : $0,6" : 25 = 0,024"$. Pada formulasi ketelitian penunjukan ukuran berskala (Vernier) ditetapkan :

$$\begin{aligned} \text{Ketelitian} &= \text{Div. Skala Ukur} - \text{Div. Skala Nonius} \\ &= 0,025" - 0,024" \\ &= 0,001 \\ \text{Ketelitian} &= 1/1000" \end{aligned}$$

Untuk mempelajari cara pembacaan dari mistar sorong ini dapat dilihat pada beberapa contoh pembacaan berikut.

Harga ukur diketahui :

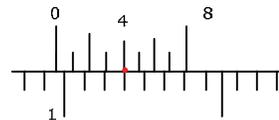
$$\begin{aligned} \text{Angka bulat} &= 3" \\ \text{Jarak 1 divisi} &= 1/16" \\ \text{Garis sejajar} & \\ \text{Dengan skala} & \\ \text{Nonius } 6 \times 1/128 &= 6/128 \\ &= 3 + 1/16 + 6/128 \\ &= 3 + 8/128 + 6/128 \\ &= 3 + 14/128 \\ &= 3 \frac{7}{64} " \end{aligned}$$



Tanda titik menunjukkan garis skala nonius sejaris dengan garis ukur

Harga ukur diketahui :

$$\begin{aligned} \text{Angka bulat} &= \\ \text{Jarak 1 divisi} &= 15/16" \\ \text{Garis sejajar} & \\ \text{Dengan skala} & \\ \text{Nonius : } 4 \times 1/128 &= 4/128 \end{aligned}$$



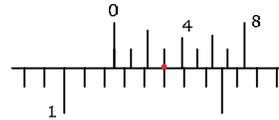
Jadi hasil ukurnya :
 $= 15/16 + 4/128$
 $= 30/32 + 1/32$
 $= 31/32''$

Harga ukur diketahui :
 Angka bulat = 1''
 Jarak 1 divisi =
 $2/16''$
 Garis sejajar
 Dengan skala
 Nonius 3 X 1/128 =
 $3/128$
 $= 1 + 2/16 + 3/128$
 $= 3 + 16/128 + 3/128$
 $= 3 + 19/128$
 $= 3 \frac{19}{128}''$

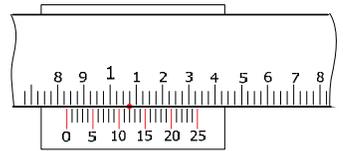
Harga ukur diketahui:
 Angka bulat 0 = 0
 Jarak 8 divisi x 0,1 =
 $0,8''$
 Garis sejajar
 Dengan skala
 Nonius 12 X 1/1000 =
 $0,012''$
 $= 0,8 + 0,012 = 0,812''$

Harga ukur diketahui :
 Angka bulat 1 = 1''
 Jarak 8 divisi x 0,1 =
 $0,8''$
 Jarak 1 divisi x 0,025 =
 $0,025''$
 Garis sejajar
 Dengan skala
 Nonius 21 X 1/1000 =
 $0,021''$
 $= 1 + 0,8 + 0,021 =$
 $1,821''$

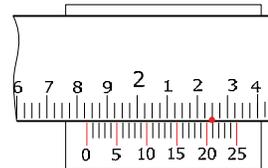
Tanda titik menunjukkan garis skala nonius segaris dengan garis ukur



Tanda titik menunjukkan garis skala nonius segaris dengan garis ukur



Tanda titik menunjukkan garis skala nonius segaris dengan garis ukur

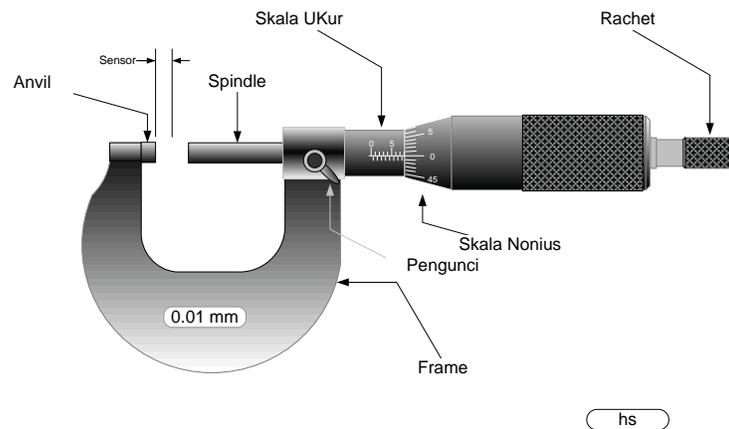


Tanda titik menunjukkan garis skala nonius segaris dengan garis ukur

Penggunaan satuan Inchi ini umum digunakan pada industri-industri logam dan memiliki tuntutan akurasi yang tinggi bahkan dengan satuan millimeter sekalipun terlebih jika kita konversikan antara keduanya, namun demikian karena hasil ukurnya tidak selalu berangka bulat maka teknisi enggan menggunakannya, kecuali pada tujuan –tujuan pengukuran yang bersifat khusus, misalnya pengukuran ulir, tirus morse dan lain-lain.

D. Pengukuran dengan mikrometer.

Mikrometer merupakan alat ukur yang sangat presisi, disamping dilengkapi dengan skala nonius juga konstruksinya yang *rigid* dan permukaan sensor yang lebih lebar sehingga menjangkau kehalusan permukaan yang lebih luas dengan tingkat kepadatan pengukuran yang tinggi. Mikrometer memiliki ketelitiannya 0,01 mm dan 1/1000 Inchi. Mikrometer tidak lazim digunakan dalam mengukur benda kerja oleh operator dibengkel-bengkel, karena mikrometer hanya memiliki satu fungsi pengukuran untuk satu mikrometer dengan kapasitas ukur yang terbatas, sehingga Mikrometer tidak pernah dibawa seperti mistar sorong. Sesuai kebutuhan pengukuran Mikrometer ini dibuat dengan berbagai jenis yaitu Mikrometer luar (Outside Mikrometer), Mikrometer dalam (Inside Mikrometer), Mikrometer Kedalaman (Depth Mikrometer), Mikrometer Ulir (Threads Mikrometer), dan lain-lain, namun demikian skala ukurnya memiliki karakteristik yang sama dan hanya mekanisnya yang disesuaikan dengan fungsi tersebut. Sebagai contoh dapat dilihat pada gambar 7.35 berikut.



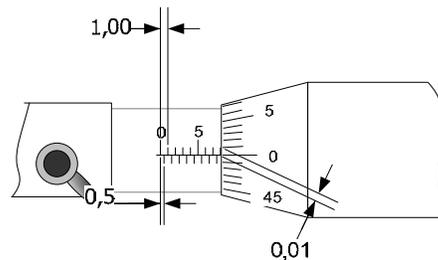
Gambar 7.35 Mikrometer Luar (Outside Mikrometer)

Gambar 7.35 memperlihatkan sebuah mikrometer luar dengan satuan millimeter dan tingkat ketelitiannya adalah 0,01 mm. Mikrometer juga dibuat dalam satuan *Inchi* namun tetap pada kapasitas 0 – 1” seperti pada mikrometer dengan satuan millimeter maka kapasitas ukurnya hanya 0 -25 mm. Bagian-bagian utama dari mikrometer ini antara lain terdiri atas Frame (rangka), Anvil yaitu landasan tetap (sensor tetap) spindle (sensor geser), skala ukur yaitu skala dengan satuan (millimeter atau Inchi), skala Nonius, ratchet yang berfungsi untuk menghindari tekanan yang berlebihan, biasanya hanya sampai bunyi dua atau 3 kali ,dan komponen lainnya ialah pengunci berfungsi untuk mengunci kedudukan skala ukur agar tidak berubah selama proses analisis.

- **Ketelitian mikrometer**

Mikrometer pada satuan millimeter

Pada Mikrometer dengan satuan Milimeter skala ukurnya berada pada batang tetap (lihat gambar 7.36) terdapat pada dua posisi atas dan bawah yang terbagi oleh garis memanjang sejajar sumbu, Skala bagian atas menunjukkan jarak per 1 mm dan bagian bawah menunjukkan per 0,5 mm. Angka ketelitian 0,01 sebagaimana ditulis pada Mikrometer tersebut diketahui dengan menentukan jarak pergeseran skala nonius melalui putaran spindle skala nonius, dimana skala nonius yang berangka 0 dalam satu putaran atau jika diputar hingga ke 0 lagi memiliki pembagian 50 bagian dan menghasilkan pergeseran pada spindle sebesar 0,5 mm. Ketelitian pada mikrometer ialah jarak ukur yang dicapai oleh putaran tabung skala Nonius sejarak 1 divisi, dengan demikian dapat diketahui bahwa ketelitian micometer ini ialah $0,5 \text{ mm} : 50 = 0,01 \text{ mm}$.



Gambar 7 36 Harga ukur dalam setiap divisi Mikrometer dengan satuan millimeter

Mikrometer pada satuan Inchi

Pada mikrometer dengan satuan Inchi skala ukurnya hanya terdiri dari satu bagian skala Lihat gambar 11.31 bandingkan dengan satuan Milimeter, Skala Ukurnya memiliki panjang 1” dari 0 sampai 10.

Skala ukur Mikrometer dengan satuan Inchi

Panjang skala ukur

Skala ukurnya memiliki panjang 1" dengan pembagian 0; 1, sampai 10 , maka jarak ukur pada divisi ini ialah :
 $1 : 10 = 1/10" = 0,1"$

Pada jarak ini dibagi lagi menjadi 4 divisi jadi jarak ukur setiap divisi ialah :

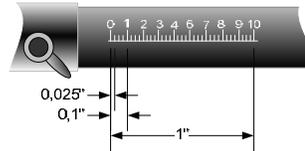
$$0,1" : 4 = 0,025"$$

(Lihat gambar 11.29).

Skala Nonius

Tabung skala putar memiliki pembagian 25 yang berangka 0; 5; 10; 15;

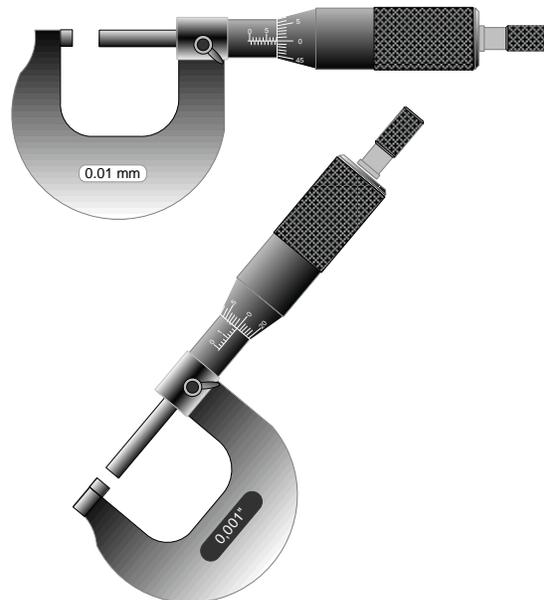
20 sampai 0 lagi, Jika tabung Skala putar (Skala Nonius) diputar 1 putaran yakni dari 0 sampai 0 lagi menghasilkan pergeseran spindle sejarak 1 divisi skala ukur, maka jika tabung putar ini hanya berputar 1 divisi (0,025) maka spindle ini menghasilkan ukuran sebesar 0,001" yang merupakan ketelitian Mikrometer tersebut. Angka ini diperoleh dari :
 $0,025 : 25 = 0,001"$



Gambar 7.37



Gambar 7.38



Gambar 7.39 Mikrometer Luar (Outside Mikrometer) pada satuan Milimeter dengan satuan Inchi

- **Cara pembacaan mikrometer**

Sisi tabung skala putar dari mikrometer merupakan garis penunjuk batas awal pengukuran pada titik mana ukuran itu didapat, selanjutnya lihat garis skala nonius pada tabung putar tersebut. Untuk cara pembacaan ukuran yang dihasilkan oleh mikrometer ini dapat dilihat pada beberapa contoh berikut.

Membaca Mikrometer dengan satuan Milimeter

Analisis harga ukur dengan mikrometer ketelitian 0,1

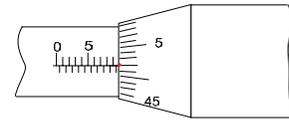
pembagian 1 = 9 mm
mm 9 div

pembagian 0,5 = 0,5 mm
mm 1 div

pembagian = 0,02 mm

0,01mm 2 div

Harga ukur = 9,52 mm



Gambar 7.40

Membaca Mikrometer dengan satuan Milimeter.

Analisis harga ukur dengan mikrometer ketelitian 0,1

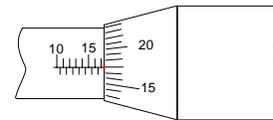
pembagian 1 = 17 mm
mm 17 div

pembagian 0,5 = 0 mm
mm 0 div

pembagian = 0,18 mm

0,01mm 18 div

Harga ukur = 17,18mm



Gambar 7.41

Membaca Mikrometer dengan satuan Milimeter.

Analisis harga ukur dengan mikrometer ketelitian 0,1:

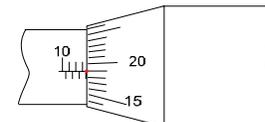
pembagian 1 = 13 mm
mm 13 div

pembagian 0,5 = 0,5 mm
mm 1 div

pembagian = 0,19 mm

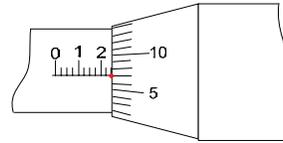
0,01mm 18 div

Harga ukur = 13,69 mm



Gambar 7.42

Membaca Mikrometer dengan satuan Inchi.

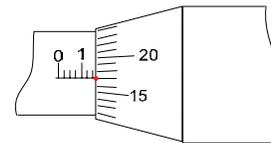


Analisis harga ukur dengan mikrometer ketelitian 0,001” (gb.11.34) :
pembagian 10 x = 0,25 “
,025
pembagian 7 x = 0,007”
0,001

Gambar 7.43

Harga ukur = 0,257”

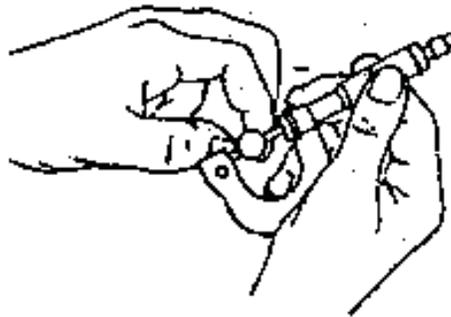
Membaca Mikrometer dengan satuan Inchi.



Analisis harga ukur dengan mikrometer ketelitian 0,001” (gb.11.35) :
pembagian 13 x = 0,3 “
,025
pembagian 17 x = 0,017”
0,001

Gambar 7.44

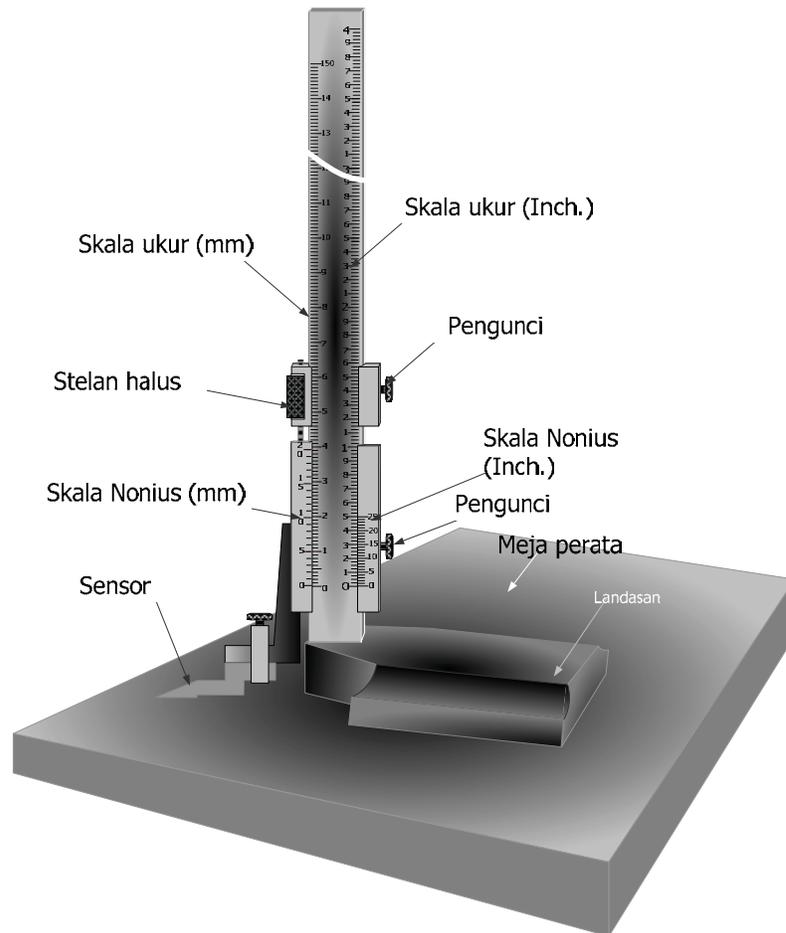
Harga ukur = 0,317”



Gambar 7.45 : Proses pengukuran dengan Mikrometer

E. Pengukuran dengan pengukur tinggi (Vernier high gauges)

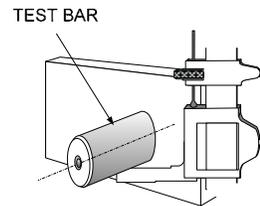
Pengukur tinggi (Vernier high gauges) termasuk kedalam kelompok alat ukur presisi, dikatakan Vernier ini dikarenakan penunjukkan ukurannya dalam bentuk skala, atau alat ukur dengan penunjuk berskala, skala ukurnya sama dengan mistar sorong (vernier Caliper), namun didalam pemakaiannya harus selalu diatas meja perata, walaupun kadang-kadang digunakan pada mesin perkakas dimana benda kerja diproses, hal ini disebabkan oleh pengukur tinggi (Vernier high gauges) ini tidak memiliki rahang tetap sebagaimana pada Mistar sorong atau mikrometer luar. Oleh karena itu meja perata ini berfungsi sebagai basis pengukuran.



Gambar 7. 46 Pengukur Tinggi (Vernier Height gauge) dan nama bagiannya

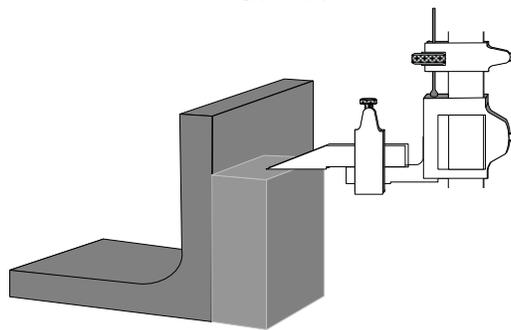
Pengukur Tinggi (Vernier Height gauge) biasanya digunakan dibengkel dan selalu ditempatkan diatas meja perata. Ketelitian dalam pengukuran terdapat pada skala ukurnya yang mencapai 0,02 mm. dan 1/1000 Inchi, namun demikian perlu diperhatikan bahwa permukaan meja perata harus dalam keadaan bersih dimana pengukur tinggi ini ditempatkan.

Pengukur Tinggi dapat digunakan dalam memeriksa ketinggian lubang senter

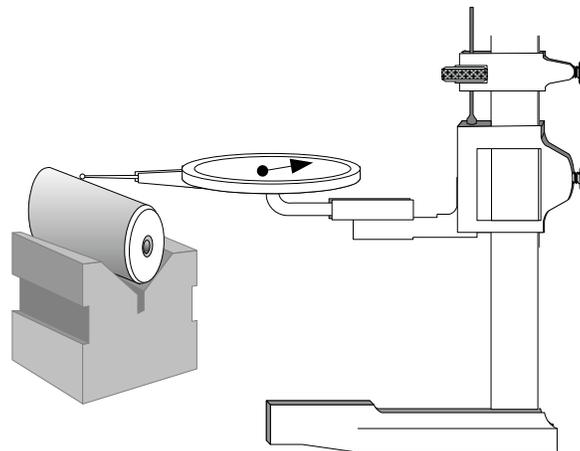


Gambar 7. 47

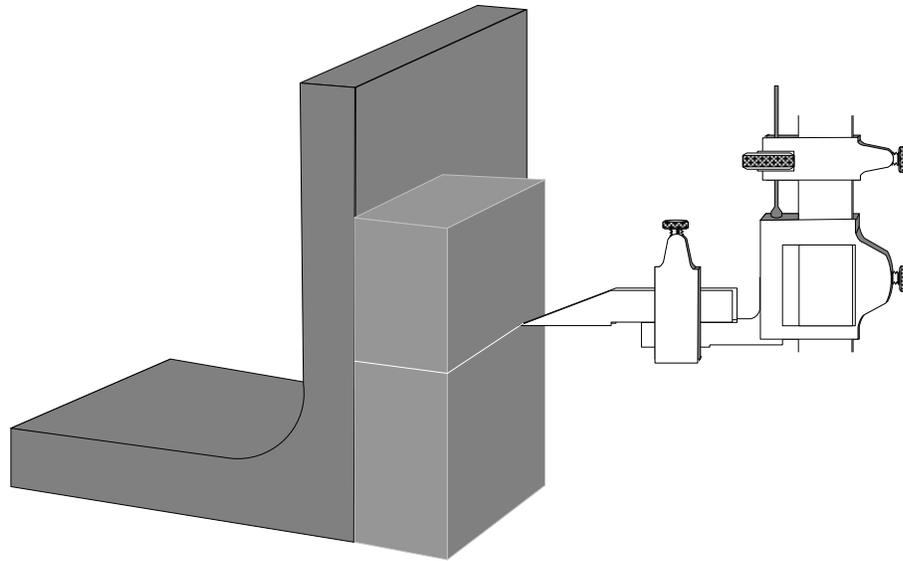
Pengukur Tinggi dapat digunakan dalam mengukur tinggi permukaan benda kerja



Gambar 11. 48



Gambar 7. 49 Memeriksa kelurusan test bar dengan bantuan dial test Indicator



Gambar 11. 50 Melukis garis pada benda kerja dengan pengukur tinggi (High Gauge)

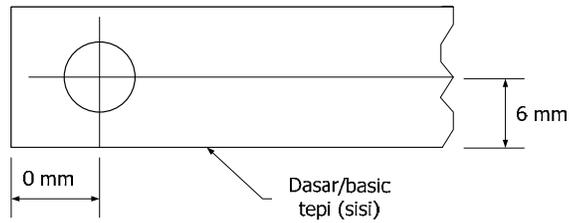
F. Penandaan benda kerja (Marking out of work)

Penandaan benda kerja (Marking out of work) dilakukan untuk mencari berbagai kemungkinan akan adanya kesalahan sebelum terjadi kerugian waktu pengerjaan akibat kegagalan pengerjaan, dan merupakan penyusunan langkah-langkah pengerjaan serta pengaturan kelebihan bahan pada semua bagian dari benda kerjayang akan memandu teknisi (operator) dalam penyetelan alat.

Sistem penandaan penting untuk difahami baik oleh operator mesin perkakas maupun perancang, terutama dalam perancangan benda-benda kerja dari bahan tuangan (casting), dengan memahami proses lanjutan dari pembuatan benda kerja melalui proses pengecoran maka akan diperoleh suatu bentuk akhir sesuai dengan yang dikehendaki, dimana pengerjaan lanjutan dari pembentukan melalui penuangan/pengecoran telah dipersiapkan untuk pemesinan sebagai pakerjaan lanjutan atau akhir

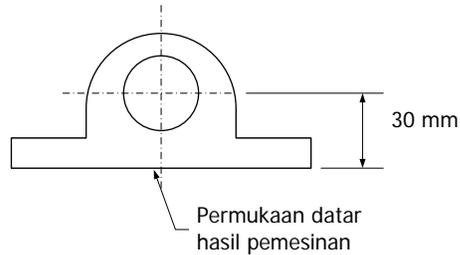
Penandaan pada bahan benda kerja merupakan titik awal pengerjaan garis atau permukaan. Posisi awal dalam pembuatan tanda berbasis pada garis atau permukaan, jika metoda yang dilakukan ini benar maka bagian-bagian lain dari bidang pengerjaan dapat dilanjutkan. Beberapa kemungkinan dari data pengerjaan ini antara lain dapat dijelaskan sebagai berikut.

Permukaan datar berpedoman pada Garis patokan pada pinggir benda kerja atau dasar pengerjaan pada sisi tepi dan tidak diperlukan spektrum permukaan



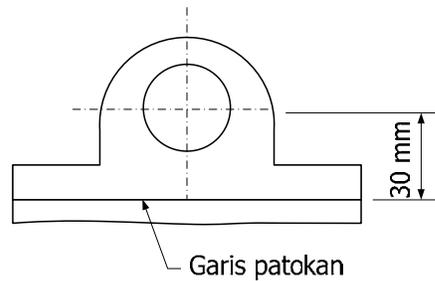
Gambar 7.51

Pembentukan bidang datar melalui pekerjaan pemesinan dipersiapkan untuk pengerjaan bagian lainnya.



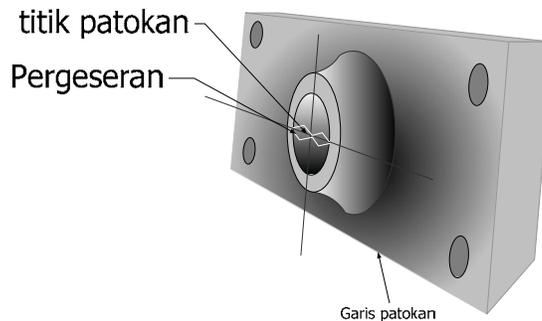
Gambar 7.52

Pedoman pengerjaan berdasar pada garis yang dibuat pada bagian mendekati kepada sisi bahan tuangan atau tempa dimana bahan memiliki permukaan yang memungkinkan untuk memindahkan posisi dasar pengerjaan



Gambar 7.53

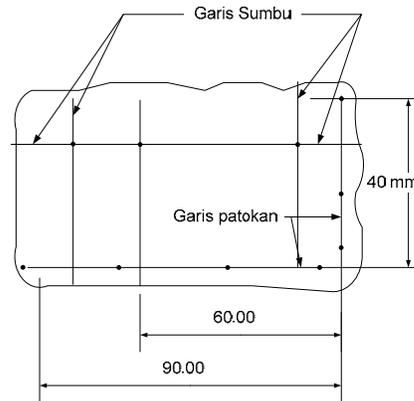
Senter dari naf tidak dapat diubah dari diameter luar sehingga inti tidak sepusat.



Gambar 7.54

Garis sumbu (centre lines)

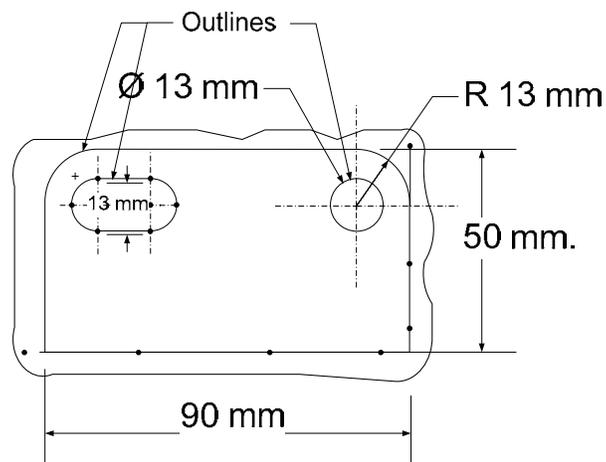
Garis sumbu (centre lines) harus dibuat sesuai dengan kebutuhan dimana garis sumbu ini diperlukan sebagai dasar dalam menetapkan jarak posisi lubang, alur (slots) dan lain-lain. Lubang maupun bentuk lingkaran memerlukan dua buah garis sumbu, dan alur (slots) dengan kedua ujungnya berbentuk radius memerlukan tiga garis sumbu. (Lihat gambar 7.55).



Gambar 7.55

Sketsa (Outlines)

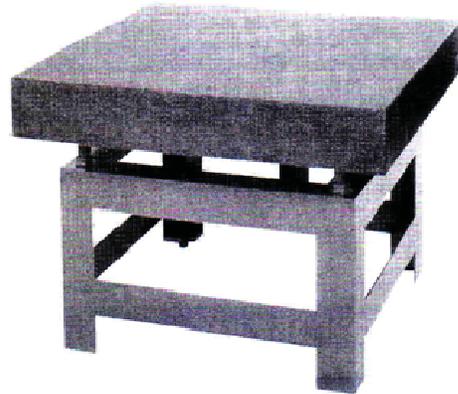
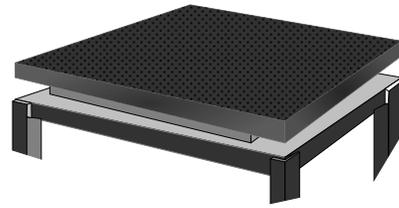
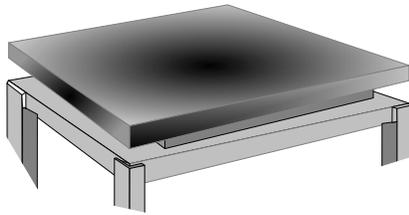
Sketsa (Outlines), menggambarkan bentuk benda kerja serta menunjukkan tanda-tanda serta kemungkinan pergeseran yang dapat dilakukan. Panjang, lebar ketebalan sudut diameter serta radius tergambar pada outline hingga bentuk akhirnya. (Gambar 7.56).



Gambar 7.56

Alat dan perlengkapan dalam penandaan

Untuk penandaan benda kerja yang besar diperlukan peralatan dan perlengkapan yang lengkap, yang paling utama adalah meja perata (Marking-out table) sebagaimana terlihat pada gambar 7.57 dan 7.58. Meja perata ini biasanya dibuat dari besi tuang dengan bagian bawah yang dilengkapi dengan rusuk-rusuk untuk memperkokoh (rigid) dan tahan terhadap distorsi dan tegangan. Bagian atas dari meja perata ini dikerjakan mesin (machining) dengan permukaan yang "Flat" serta kesikuan pada setiap sudutnya.



Gambar 7.57
Precision Cast Iron Marking-out
table

Gambar 7.58
Precision Granite Marking-out table

Rangkuman

Metrologi industri sebagaimana memiliki lingkup kerja yang sangat luas dan memiliki dasar hukum baik pada lingkup nasional maupun Internasional.

Aspek pengukuran ditentukan berdasarkan standarisasi secara Internasional yang berlaku diseluruh dunia, standarisasi tersebut ialah International System of Unit, SI-Units, dan le sisteme Internatinal d'units yang hingga kini masih dipergunakan, yakni *tujuh besaran dasar dengan satuan standar* serta berbagai

ketentuan dalam standar secara Nasional yang diakui memenuhi ketentuan syarat suatu besaran standar, yakni : dapat didefinisikan secara fisik Jelas dan tidak berubah karena waktu dan Dapat digunakan sebagai pembanding dimana pun didunia ini.

Pengukuran dimensional geometris yang meliputi pengukuran pada besaran panjang menggunakan sistem Isometric dengan satuan dasar meter dan Imperial satuan Inchi.

Gambar kerja menginformasikan pemakaian alat ukur yang berhubungan dengan kualitas alat ukur tersebut, misalnya kapasitas dan ketelitian alat ukur yang dapat digunakan dalam pengukuran benda dengan melihat toleransi umum dan khusus serta tanda-tanda pengerjaan.

Soal-soal :

1. Apakah yang dimaksud dengan pengukuran ?
2. Apakah perbedaan antara Pengukuran dengan metrology industri ?
3. Apakah hubungan Quality Control dengan pengukuran dimensional ?
4. Jelaskan, Jenis Pengukuran dan jenis alat ukur yang digunakannya ?
5. Jelaskan cara pengukuran yang anda ketahui ?
6. Berikan contoh masing-masing dari cara pengukuran yang anda ketahui ?
7. Sebutkan sifat-sifat umum dari alat ukur ?
8. Apakah yang dimaksud dengan Ketelitian alat ukur ?
9. Apakah yang dimaksud dengan kapsitas alat ukur ?
10. Mistar Sorong (Vernier Caliper) dengan kapasitas ukur 150 mm, memiliki panjang skala Noniusnya 39 mm dan terbagi menjadi 20 divisi. Berapakah ketelitiannya ?

BAB VIII

MEMBACA DAN MENGGUNAKAN GAMBAR TEKNIK

Dalam proses pembentukan logam maupun pembentukan benda kerja secara umum membaca dan menggunakan gambar kerja ini merupakan bagian dari proses pekerjaan yang tidak dapat ditawar lagi. Kemampuan membaca gambar menjadi syarat utama bagi berbagai pelaku yang melayani kebutuhan produk teknologi atau Industri Manufactur, apakah sebagai tenaga pemasaran, Quality Assurance dan Quality Control, Operator dan lain-lain dimana di dalam gambar kerja akan dimuat berbagai informasi dari benda pekerjaan yang dikehendaki seperti kualitas mekanis, bentuk dimensional dan ukuran, Toleransi umum dan Toleransi khusus, Tanda pengerjaan (Kekasaran permukaan) dan lain-lain, hal ini akan mengarahkan kepada kita, dengan mesin apakah benda ini harus dikerjakan, bagaimana cara dan dengan alat ukur apakah pengukuran dimensinya harus dilakukan, jenis bahan apakah yang akan digunakan, adakah perlakuan yang harus dilakukan setelah pembentukan, seberapa besarkah allowance yang harus diberikan jika akan dilakukan pekerjaan finishing dan lain-lain, semua pertanyaan ini terdapat di dalam gambar kerja. Terdapat tiga tipe di dalam penyajian gambar teknik ini, yaitu :

- Gambar rencana lengkap (General Arrangement Drawings)
- Gambar susunan atau rakitan (Assembly Drawings)
- Gambar bagian (Detail Drawings)

A. Gambar rencana lengkap (General arrangement drawings)

Gambar kerja yang digunakan akan menampilkan informasi dari produk secara lengkap bergantung pada kompleksitas dari produk tersebut. Dimana produk terdiri atas beberapa bagian yang direncanakan dan ditampilkan dalam gambar susunan secara lengkap dan menyeluruh, ini yang kita sebut sebagai gambar rencana lengkap (*general arrangement drawings*). Pada gambar ini akan ditampilkan gambar secara lengkap hingga bagian akhir dimana setiap komponen akan berhubungan satu sama lainnya. Pada gambar ini dicantumkan pula sistem penandaan serta berbagai ketentuan bagi semua komponen pada gambar tersebut. Komponen baik dalam bentuk rakitan maupun tersendiri dibuat untuk satu pekerjaan atau bagian yang dibeli dan memiliki standar khusus seperti baut atau mur. Komponen biasanya di dalam gambar diberi tanda dengan nomor dan dikelompokkan bersama di dalam daftar bagian (*part list*) yang terdapat pada gambar tersebut. Gambar juga harus menunjukkan dimensi dari posisi komponen sebagai intruksi dalam perakitan.

B. Gambar susunan atau rakitan (Assembly Drawings)

Istilah ini diberikan untuk gambar yang menampilkan rakitan dari dua item komponen atau lebih, dimana biasanya komponen tunggal yang tidak merupakan bagian rakitan dari gambar rencana lengkap akan tetapi bagian antara dua jenis yang tidak dipisahkan oleh pemotongan dan kadang-kadang diberikan nama yang lain. Gambar rakitan (assembly drawings) juga sering dipecah menjadi sub-rakitan (sub-assembly drawings), Sub-assembly drawings digunakan apabila gambar rakitan yang telah ditampilkan dengan komponen lain mengakibatkan gambar rakitan menjadi terlalu penuh, yakni apabila gambar pandangan dari gambar rencana penuh terdapat komponen lain. Gambar sub-rakitan (sub-assembly drawings) ini juga merupakan rakitan dari dua bagian atau lebih yang merupakan bagian pengganti dari rakitan tersebut.

C. Gambar bagian (Detail drawings)

Gambar bagian (Detail drawings) dipisahkan untuk proses pembentukan sebuah komponen yang ditampilkan pada satu lembar untuk satu buah komponen tunggal. Gambar ini menunjukkan spesifikasi secara lengkap dari pembentukan yang diharapkan, yakni meliputi seluruh dimensi, bahan yang harus digunakan, perlakuan panas (heat treatment), kekasaran permukaan pada akhir pembentukan, serta persyaratan lain yang diperlukan seperti pelapisan dan lain-lain, serta jumlah yang diperlukan.

Sebagai contoh sebuah gambar mesin bubut. Pada gambar rencana lengkap ditampilkan semua posisi dari komponen utama seperti rangkaian kepala tetap (head stock assembly), rangkaian Kepala lepas (tailstock assembly), bed dan lain-lain. Gambar rangkaian yang lain dari dari head stock untuk hal ini ditampilkan secara tersendiri seperti spindle, gears, tuas-tuas dan sebagainya, beberapa bagian dari ini merupakan sub-rangkaian (sub-assemblies) seperti rangkaian tuas terhadap poros.

Sub-rangkaian ini dapat ditampilkan tersendiri pada gambar sub-rangkaian yang terdiri atas item-item yang diharapkan. Setiap item yang diinginkan yang terdapat pada rangkaian dan sub-rangkaian akan dilengkapi dengan gambar komponen secara detail pada *gambar detail*.

Setiap gambar diperlukan revisi dan pembaharuan informasi dari waktu ke waktu, hal ini sangat penting untuk memeriksa salinan dari gambar kerja terhadap referensi yang digunakannya. Untuk perubahan gambar ini biasanya dicantumkan pada kolom bagian atas dari lebaran gambar yang dipersiapkan untuk mencatat revisi dari

setiap perubahan tersebut. Ketentuan dari revisi ini akan ditandai dengan huruf alphabet (ketentuan B,C,D dan seterusnya) atau pada nomor berikutnya seperti 1,2,3, 4, Dst. Atau dalam bentuk tanggal perubahan misalnya 2/4/007.

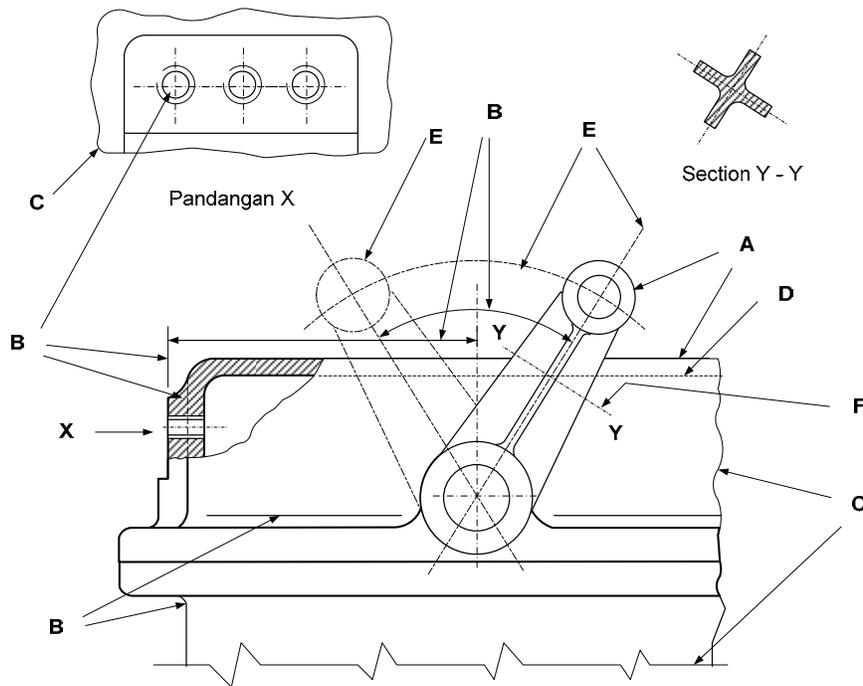
Tipe garis serta arti dalam penerapannya

Interpretasi terhadap gambar dapat bervariasi menurut tipe dan ketebalan garis gambar tersebut, oleh karena itu garis gambar harus diakui dan diterapkan secara rinci dan dapat dimengerti. Tentang ketentuan penerapan garis gambar ini dapat diperlihatkan pada tabel 8.1 serta penerapannya seperti dicontohkan pada gambar 8.1 tentang penerapan garis dari tipe garis A sampai F.

Tabel 8.1 Tipe garis dan penerapannya

Type	Bentuk garis	penjelasan	Penerapan
A		Continouos, Thick	Garis bentuk jelas
B		Continouos, Thin	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Garis khayal ▪ Imaginary intersection of surface ▪ Garis Proyeksi, garis dimensi, intersection line and leaders ▪ Hatching and outline of revolved sections ▪ Fold and Tangent bend lines ▪ Short centrelines
C		Continouos, Thin, freehand. Continouos,rule with zig-zag.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Garis putus (terpisah diatas sumbu) ▪ Garis putus (terpisah diatas sumbu)
D		Sedikit lebih tipis	Garis tersembunyi

Type	Bentuk garis	penjelasan	Penerapan
E	-----	Rantai tipis	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Garis sumbu ▪ Garis Pitch ▪ Garis pemotongan kecil atau tanda pergerakan ▪ Lanjutan depan dari pemotongan bidang. ▪ Tanda mengikuti detail ▪ Pengembangan pandangan. ▪ Bahan telah digerakan
F	----- - - - - -	Rantai, tebal pada bagian ujung dan pada petunjuk perubahan	Bidang Pemotongan
G		Rantai, tebal	Tanda dari permukaan yang terdapat pertemuan khusus



Gambar 8.1 Penerapan berbagai tipe dari garis

D. Proyeksi (Projection)

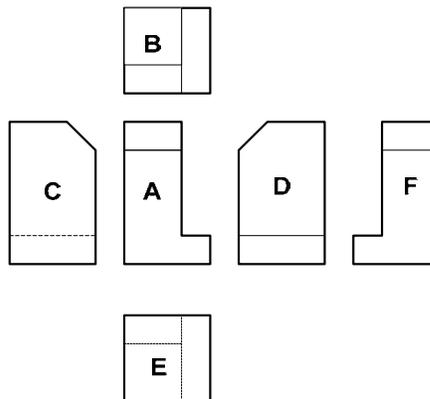
Dalam Teknik Mesin biasanya menggunakan gambar yang dapat menunjukkan bentuk sebuah objek atau berupa rakitan yang digambarkan secara Proyeksi Orthogonal (*Orthographic Projection*) atau terkadang juga proyeksi Isometrik (*Isometric Projection*).

1. Proyeksi Orthogonal (*Orthographic Projection*)

Penyajian gambar melalui proyeksi orthogonal ini merupakan gambar pandangan suatu obyek gambar dari posisi yang bervariasi sehingga memperlihatkan bentuk secara objek secara detail.

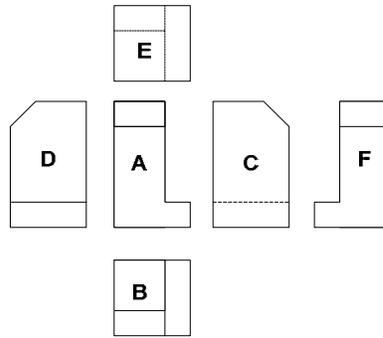
Proyeksi orthogonal yang digunakan pada gambar Teknik Mesin terdapat dua jenis Proyeksi orthogonal, yaitu : Proyeksi sudut ketiga (Proyeksi ini yang sering digunakan) dan proyeksi sudut pertama yang memiliki perbedaan dalam penempatan obyek pandangan relatif pada semua bagian.

Pada proyeksi sudut ketiga semua pandangan ditempatkan dimana pandangan itu didapat dengan melihat dari sisi terdekat dari obyek beberapa pandangan yang berdekatan akan diperlihatkan salah satu simbol dibagian bawah sisi kanan, sebagaimana diperlihatkan pada gambar 8.2 berikut. Atau dapat juga ditulis proyeksi sudut ketiga.



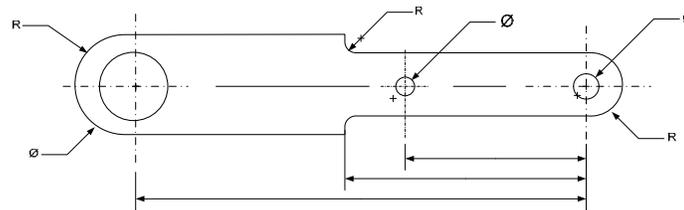
Gambar 8.2 Penunjukkan pandangan pada proyeksi sudut ketiga

Pada proyeksi sudut pertama semua pandangan ditempatkan dimana pandangan itu didapat dengan melihat dari sisi terjauh dari obyek beberapa pandangan yang berdekatan akan diperlihatkan salah satu simbol dibagian bawah sisi kanan, sebagaimana diperlihatkan pada gambar 9.3 berikut. Atau dapat juga ditulis "first-angle projection"

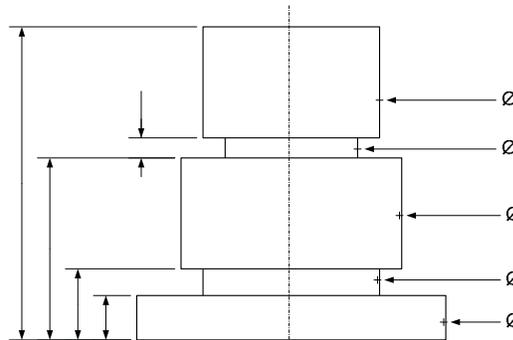


Gambar 8.3 Penunjukkan pandangan pada proyeksi sudut pertama

Ketentuan-ketentuan tersebut merupakan ketentuan utama yang harus diperhatikan baik pada proyeksi sudut ketiga ataupun proyeksi sudut pertama sebelum menginterpretasikan gambar tersebut karena akan mengakibatkan kesalahan dan kegagalan produk. Gambar 8.2 menunjukkan posisi pandangan dari sebuah balok yang menggunakan proyeksi sudut ketiga serta penyajiannya dan gambar 8.3 merupakan bentuk pandangan dari proyeksi sudut pertama.



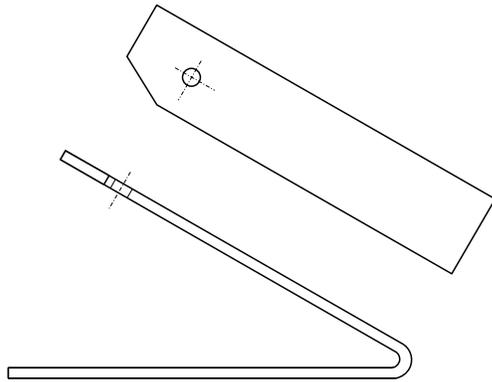
a). Plat Shim 0,1 mm Thick



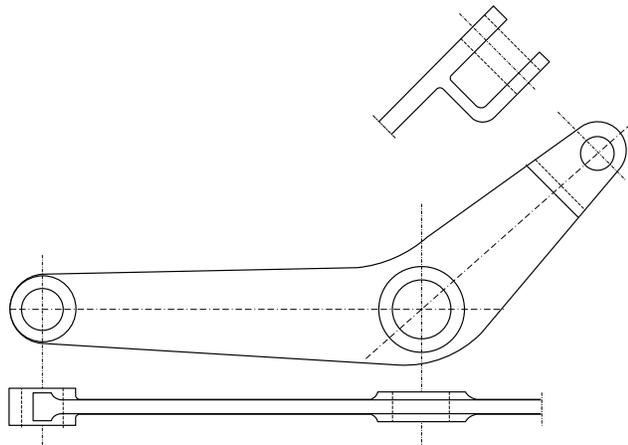
b). Cylindrical

Gambar 8.4 Satu buah pandangan cukup menggambarkan dimensi benda kerja a). Plat ; b) Cylindrical

Di dalam praktiknya pandangan ADB hanya akan diperlihatkan untuk melukiskan bentuk secara lengkap. Akan tetapi paling sedikit jumlah pandangan itu dapat menggambarkan bentuk dan dimensi objek benda kerja secara jelas., dalam beberapa kasus, gambar kerja hanya terdiri atas satu buah pandangan sebagaimana diperlihatkan pada gambar 8.4 a) dan b). Jika objek benda kerja memiliki permukaan yang miring biasanya diperlukan alat Bantu pandangan untuk memperjelas pandangan secara detail, sebagaimana dicontohkan pada gambar 8.5 berikut . kesamaan sebagian pandangan kadang-kadang digunakan untuk memperjelas dan mengurangi kebutuhan gambar secara detail (Lihat gambar 8.6) dengan menunjukkan pandangan sebagian.



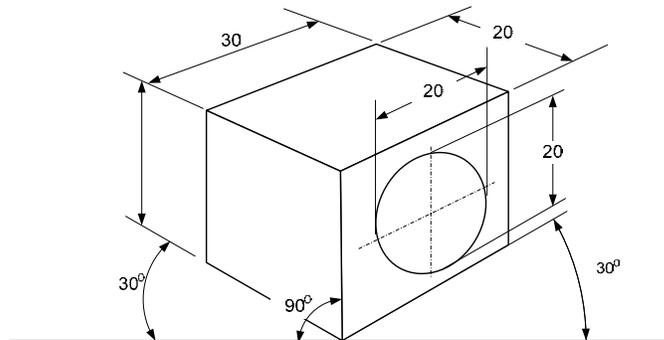
Gambar 8.5 Penunjukan pandangan pembantu (Auxiliary view)



Gambar 8.6 Penunjukkan pandangan sebagian

2. Proyeksi Isometrik (*Isometric Projection*)

Proyeksi Isometric ini sebuah penyajian gambar yang memperlihatkan semua bentuk detail dari objek dalam satu pandangan penuh. Permukaan dan sumbu Vertical berada tetap, kecuali panjang dan lebar menyerong 30° dari bidang horizontal, semua dimensi diukur sepanjang garis ini, lingkaran dan elips, diameternya juga diukur sepanjang garis Vertical dengan kemiringan 30° dari garis horizontal (lihat gambar 8.7).



Gambar 8.7 Proyeksi Isometrik (*Isometric Projection*)

a. Pemotongan sebagian (*Section*)

Pemotongan sebagian ialah cara penunjukkan pandangan untuk memperjelas bagian detail dari item suatu rakitan, yang secara orthographic maupun Isometric tidak dapat menunjukkan secara jelas.

Pandangan sebagian akan diperoleh melalui gambar bentuk dari obyek khayal dari bidang potongan dalam bentuk lurus, bertingkat atau curve untuk mengambil detail yang dikehendaki. Gambar potongan sebagian ini dilakukan untuk memperlihatkan bentuk pada bagian bahan yang solid sehingga garis pemotongan akan melintasi bidang tersebut, walaupun dalam perakitan seperti poros, baut, washers, mur, pin, kunci dan lain-lain tidak terdapat pemotongan.

Hal ini dilakukan pula pada bentuk-bentuk benda yang tipis seperti gasket dan komponen-komponen dari sheet-metal tidak diperlukan sobekan namun untuk bagian yang solid cukup dengan menghitamkan.

Bentuk jaringan-jaringan penguatan pada benda tuangan (casting) yang biasanya merupakan salah satu bentuk pemotongan setempat (sebagian) dengan double spacing (lihat gambar 8.8)

b. Skala (Scales)

Penyajian gambar gambar kerja sebenarnya sangat baik dan disukai apabila gambar tersebut disajikan dalam dimensi yang sebenarnya, namun demikian dimensional produk tidak selalu memenuhi kesesuaian dengan ukuran kertas gambar yang telah dibakukan pemakaiannya, kadang-kadang benda kerja (objek gambar) terlalu besar sehingga tidak mungkin gambar dapat menjelaskan dimensi produk yang sebenarnya, atau mungkin saja benda kerja terlalu kecil.

Untuk itu maka biasanya gambar dibuat secara proporsional dan gambar dapat berfungsi sebagaimana mestinya, melalui pembesaran atau pengecilan dengan perbandingan tertentu atau yang dikenal dengan skala gambar.

Oleh karena itu dalam membaca gambar kerja, Skala gambar ini merupakan bagian dari informasi pekerjaan yang harus diperhatikan disamping aspek gambar lainnya. Secara umum pemakaian skala gambar ini dapat dilihat sebagai berikut :

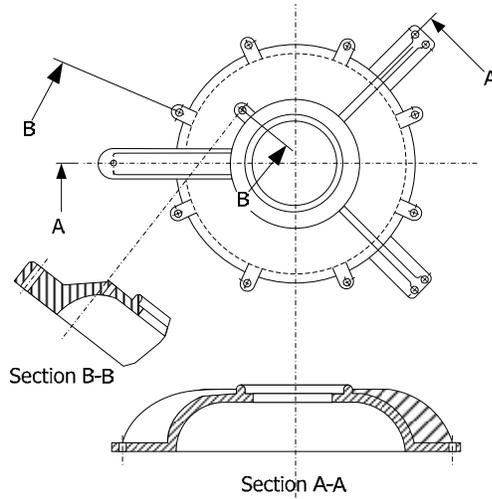
Ukuran penuh (Full size) = 1 : 1

Gambar lebih kecil dari ukuran yang sebenarnya (Full size)

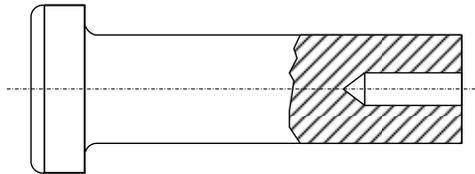
1 : 2	1 : 20	1 : 200
1 : 5	1 : 50	1 : 500
1 : 10	1 : 100	1 : 1000

Gambar lebih besar dari ukuran yang sebenarnya (Full size)

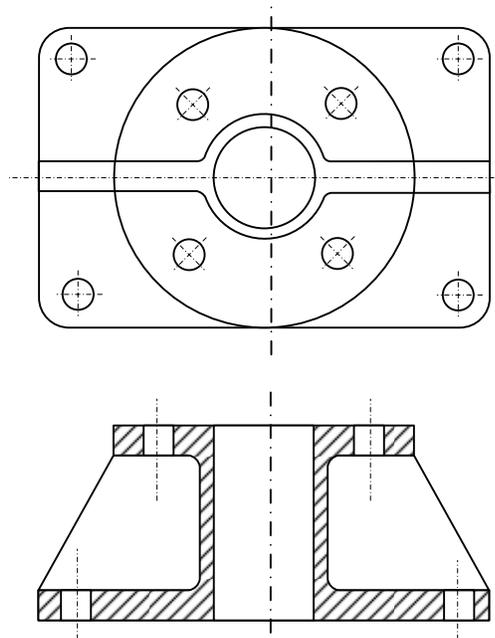
2 : 1	20 : 1	200 : 1
5 : 1	50 : 1	500 : 1
10 : 1	100 : 1	1000 : 1



Gambar 8.8 Jaringan terpotong pada dua posisi

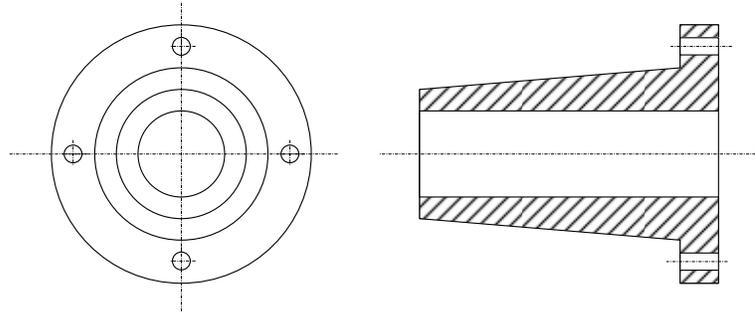


Gambar 8.9 Pemotongan setempat

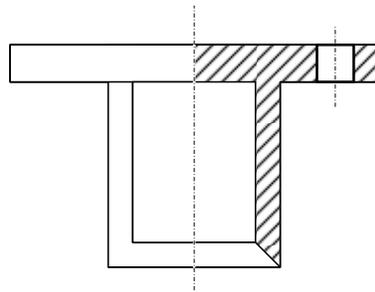


Gambar 8.10 Jaringan tidak terpotong sebagian dan lubang

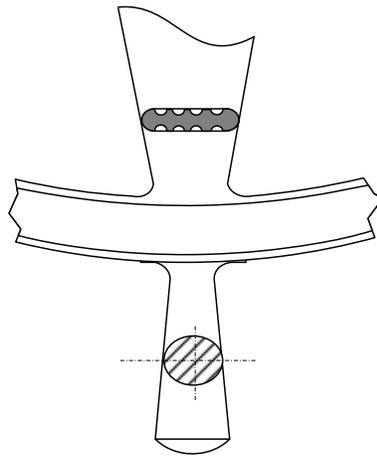
diperlihatkan pada bagian bidang



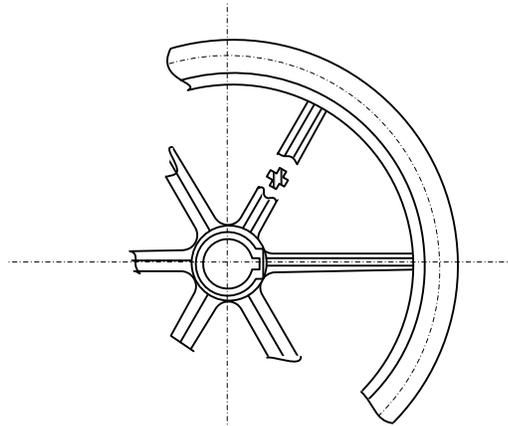
Gambar 8.11 Tanda pemotongan bidang dihilangkan.



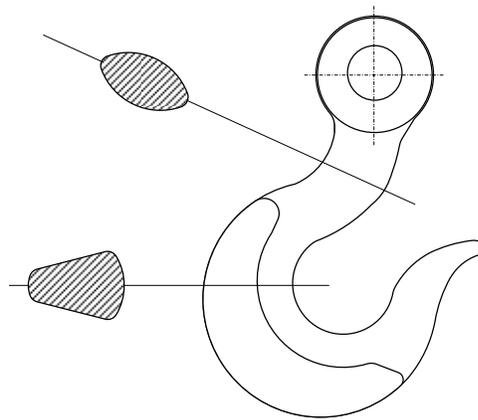
Gambar 8.12 Pemotongan setengah bagian



Gambar 8.13 Bagian Revolved



Gambar 8.14 Interposed section



Gambar 8.15 Bagian Dipindahkan

c. Simbol dan singkatan dalam penampilan gambar secara konvensional.

Simbol dan singkatan dalam penampilan gambar engineering secara konvensional masih relatif tidak terdapat perubahan kendati dalam beberapa unsur seperti penggambaran ulir, akan membosankan dan memakan waktu untuk benar-benar menirukannya didalam gambar, agar dapat menampilkan gambar yang lebih sederhana.

Untuk simbol-simbol tersebut secara umum dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 8.2 Simbol dan singkatan dalam penampilan gambar

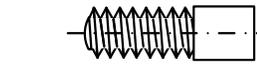
Ulir baut dan Mur(screw threads)

a

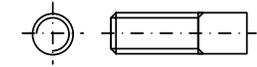
Ulir luar segitiga (“V”) atau Baut (Bolt)

Baut seperti yang terlihat pada gambar a sebagai bentuk ulir luar atau baut sebenarnya.

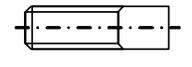
Pada Gambar teknik tidak digambarkan sebagai bentuk tersebut, namun digambar seperti pada gambar b atau gambar c



b



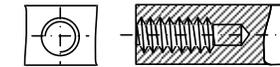
c



Ulir dalam segitiga (“V”) atau Mur (Nut)

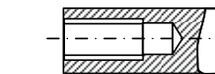
Gambar a menunjukkan penampang dari mur (nut) yang sebenarnya (Gambar a)

a



Pada Gambar teknik Ulir dalam digambar seperti gambar b atau c dan d atau e

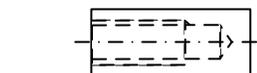
b



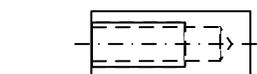
c



d

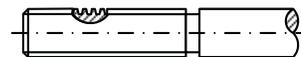


e



Ulir yang lain selain ulir segitiga (“V”-threads)

Pemotongan setempat dari ulir untuk menunjukkan bentuk profil ulir, sebagai contoh pada ulir segi empat.



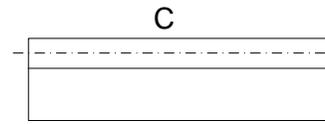
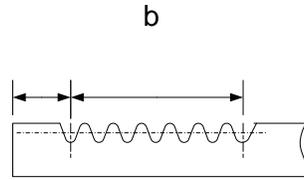
Rack Gear

Bentuk profil gigi lurus serta panjang keseluruhan dari gigi Rack dapat dilihat pada gambar a, batas panjang diperlihatkan pada gambar b.

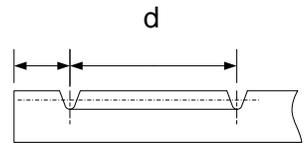
a



Penampilan gigi lurus dari gigi rack diperlihatkan pada gambar c, dan batas panjang diperlihatkan ada gambar d.

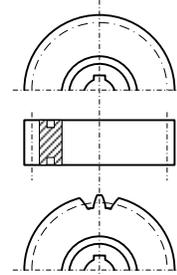


Gigi tunggal akan digambar dengan dimensinya untuk memperlihatkan batas bagian penggigian. Bagian dari teras (dasar) digambar dengan garis tipis (Tipe B)



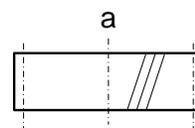
Roda gigi lurus (Spur gear)

Satu atau beberapa gigi akan digambar jika diperlukan untuk memberikan perhatian khusus pada beberapa bagian penting seperti alur pasak dan lain-lain.

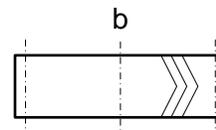


Roda gigi Helix (Helical gear)

a. Tunggal (single)

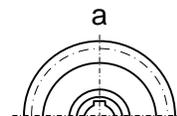


b. Ganda (Double)

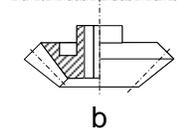


Roda gigi Helix (Helical gear)

a. Roda gigi payang (Bevel Stright gear)

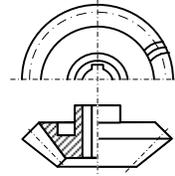


b. Spiral Hypoid

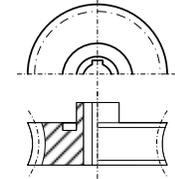


Roda gigi helix kanan diperlihatkan

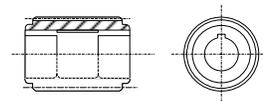
dengan tanda pasangan



a.



b.



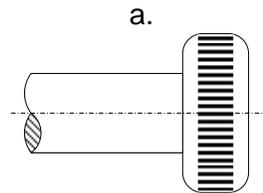
Wormgearing

a. Wormwheel

b. Worm

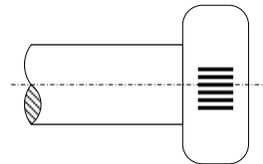
Knurling

a. Lurus (Straight), bentuk benda sebenarnya seperti terlihat pada gambar a, dan penampilan pada gambar kerja seperti pada gambar



b.

b. Diamond bentuk benda sebenarnya seperti terlihat pada gambar c, dan penampilan pada gambar kerja seperti pada gambar d.

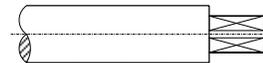


c.

d.

Segi empat (Square)

Permukaan plat pada segi empat atau diatas bidang tirus dapat diberi tanda dengan garis diagonal dengan garis tipis (tipe B).



E. Ukuran dan tanda pengerjaan

Ketika mempelajari dimensional yang terdapat pada gambar, pertama-tama kita harus memperhatikan adalah standarisasi gambar tersebut apakah “Sistem of Units”- metric atau “Imperial” yang digunakan oleh perencana dalam menentukan ukuran atau dimensi dari pekerjaan yang dikehendakinya.

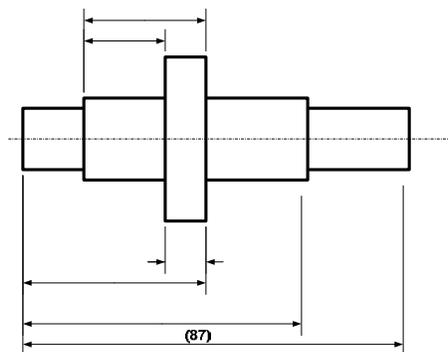
Pada sistem of Units biasanya terdapat catatan lengkap pada “title block” dimana semua dimensi dibaca dalam satuan mm (atau Inches). Semua dimensi ditempatkan pada posisi yang tepat dan sesuai dengan layout gambar serta dimensi dan siap untuk lepas jika terdapat hal yang tidak terduga, baik posisi atau bentuk, sebagai contoh mungkin tertutup dimensi yang diberikan untuk bagian yang sama atau tanda khusus atau pendekatan jumlah tempat, atau juga tertutup oleh penulisan umum seperti semua sudut radius 5.

1. Tanda ukuran untuk ulir (Screw Threads)

Dimensional yang diberikan oleh ISO (International Organization for Standarization), ulir metric spesifikasi pada ukuran Mayor Diameter dan Pitch misalnya : M 10 x 1,5, walaupun kadang-kadang hanya mayor diameternya yang diperlihatkan, penunjukkan ukuran yang tidak lengkap ini menghendaki standar ulir kasar, yaitu M 10 adalah diameter mayornya dan 1,5 adalah pitch-nya.

2. Alat Bantu ukuran (Auxiliary dimension)

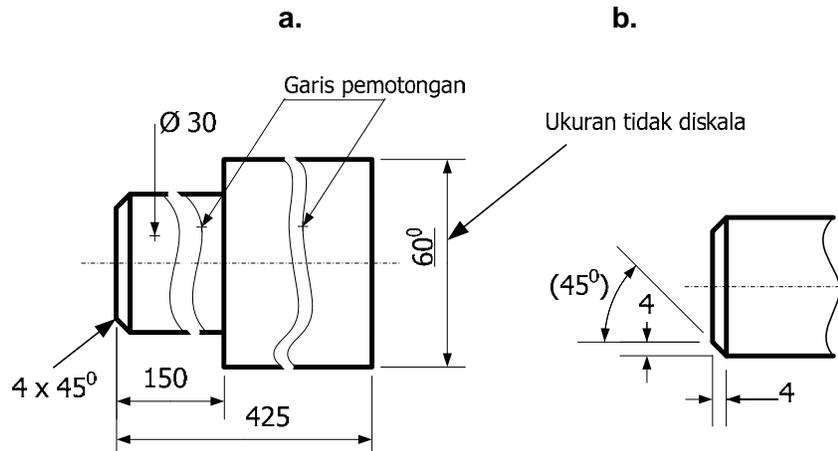
Dimensi yang berlebihan kadang-kadang terdapat didalam bentuk referensi. Tanda ukuran bantu dicantumkan di dalam kurung (Gambar 8.16) Tipe dari dimensi ini memerlukan perlakuan khusus sebab jika terjadi salah pengerjaan akan mengakibatkan pengaruh kumulatif dari toleransi pada beberapa dimensi yang saling melengkapi.



Gambar 8.16 Kelebihan ukuran panjang diberikan (87) tanda Bantu (Auxiliary dimension)

3. Chamfers

Chamfer merupakan salah satu dimensi dari benda kerja yang digambarkan memanjang sepanjang garis gambar bersama dengan sudut sebesar 45° . Bentuk Chemper pada gambar kerja diperlihatkan pada gambar berikut.



Gambar 8.17 Ukuran dan Champer

4. Ukuran tidak diskala dan garis pemotongan (Breaklines)

Ukuran tidak diskala merupakan ukuran yang baik, namun jika tidak memungkinkan maka pada ukurannya diberikan garis tebal dibawah angka ukurnya. (lihat gambar 8.17).

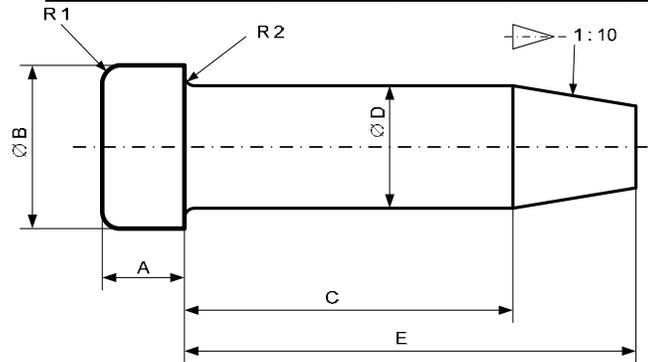
Untuk benda yang berukuran sangat besar, maka pada bagian tersebut diberi garis pemotongan (breakelines) gambar 8.17 pada ukuran ini ditulis tanpa mempertimbangkan skala atau garis bawah.

5. Tabulasi ukuran

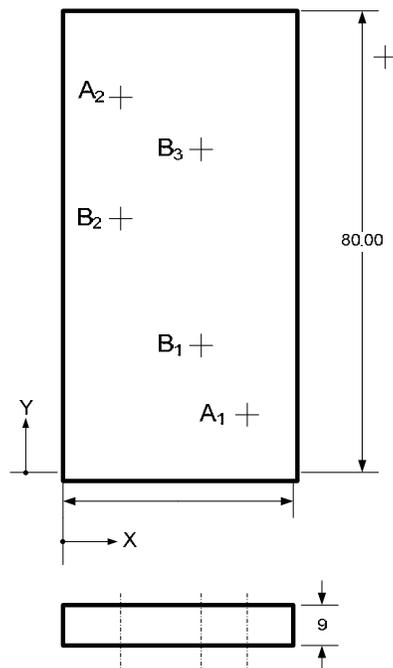
Pembuatan tanda ukuran pada tabel dilakukan apabila jumlah item dari benda kerja memiliki bentuk yang sama maka ukuran dapat dibuat dengan bentuk tabel seperti contoh berikut. Ukuran yang terdapat pada tabel ini juga dapat digunakan dengan menentukan koordinat dimensi untuk posisi lubang dari ujung serta diameter yang diinginkan.

Tabel 8.3 Data ukuran untuk gambar benda

Part. No.	Millimetres				
	A	B	C	D	E
1	10	20	30	15	42
2	10	20	35	15	47
3	10	20	30	12	40
4	10	20	35	12	45
5	12	25	40	20	55
6	12	25	50	20	65



Gambar 8.18 Gambar dengan dimensi pada tabel



Gambar 8.19 Tampilan ukuran gambar pada tabel

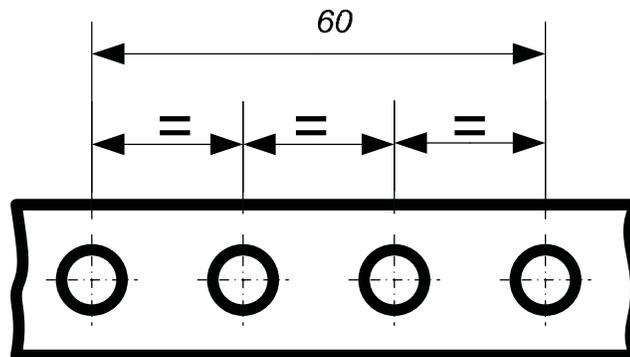
Tabel 8.4 Ukuran kertas gambar

Hole	Millimetres		
	Dia	X	Y
A ₁	6	42	8
A ₂	6	12	72
B ₁	12	32	20
B ₂	12	12	40
B ₃	12	32	60

6. Penandaan

- **Tanda sama dengan**

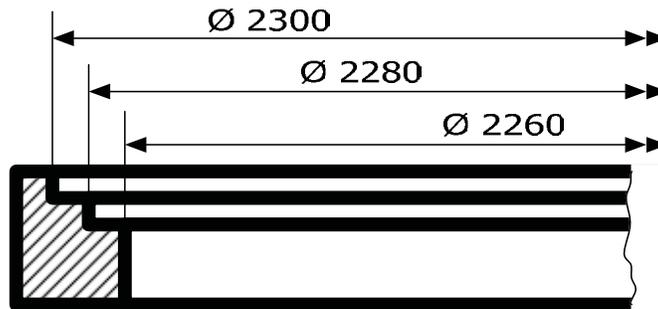
Tanda sama dengan (=) kadang-kadang digunakan sebagai pengganti angka ukuran dimana sebuah ukuran dimensi benda kerja dibagi dalam sejumlah bagian yang sama.



Gambar 8.20 Tanda sama dengan (=)

- **Tanda dua mata panah (double Arrowhead)**

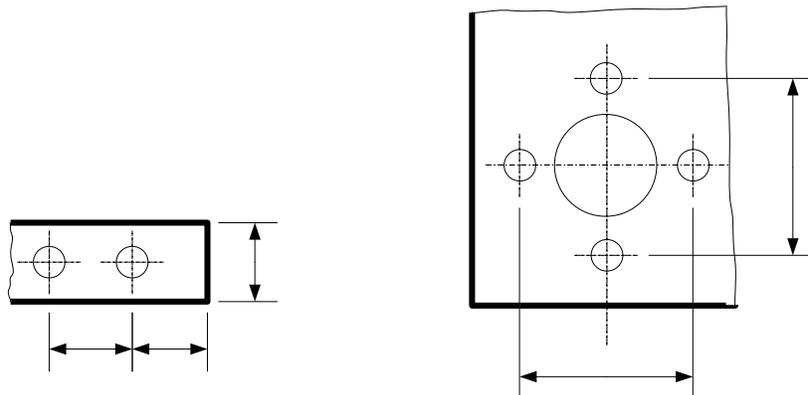
Tanda dua mata panah (double Arrowhead) pada garis ukuran digunakan untuk menunjukkan ukuran lengkap pada bagian gambar yang sangat besar (lihat gambar).



Gambar 8.21 Tanda dua mata panah (double Arrowhead)

- **Garis sumbu (Centrelines)**

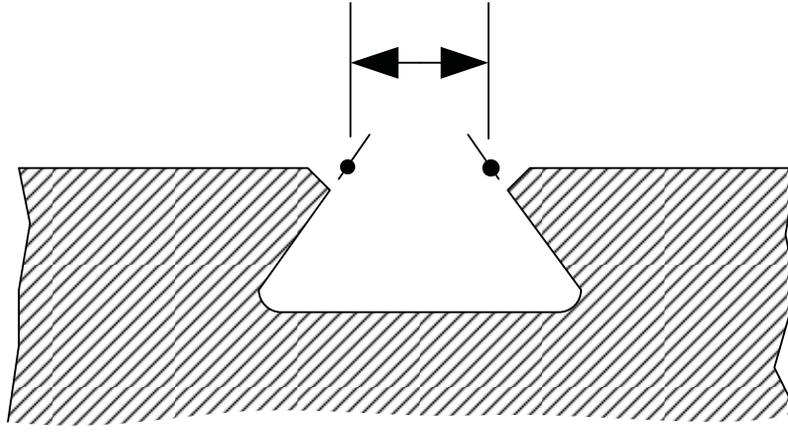
Menggambarkan ukuran dari dimensi yang tidak ditentukan dapat dilakukan melalui garis sumbu walaupun garis sumbu mungkin melenceng dari posisinya namun dapat diasumsikan pembagiannya sama terhadap bagian yang lain.



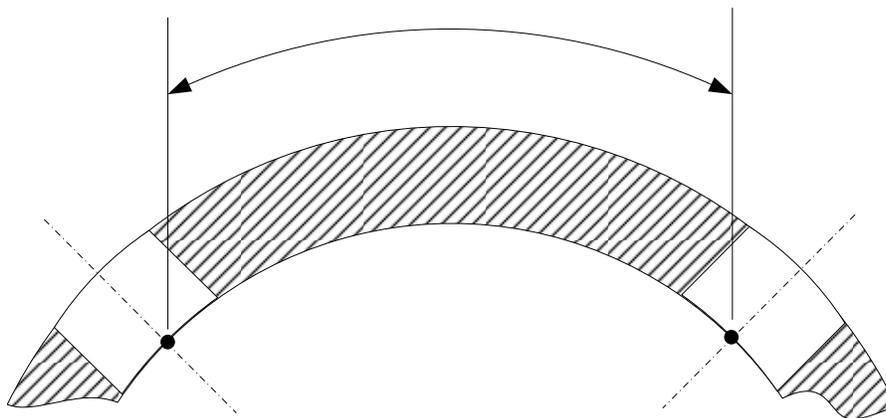
Gambar 8.22 Garis sumbu (Centrelines)

- **Titik (Dot)**

Titik kadang kadang diperlukan untuk memperjelas pada posisi mana referensi suatu ukuran tersebut ditentukan, sebagaimana dicontohkan pada gambar 8.23 dan 8.24 (gambar 8.24 diukur keliling lingkaran atau bentuk curve). Titik juga digunakan sebagai posisi awal pengukuran gambar 8.24.

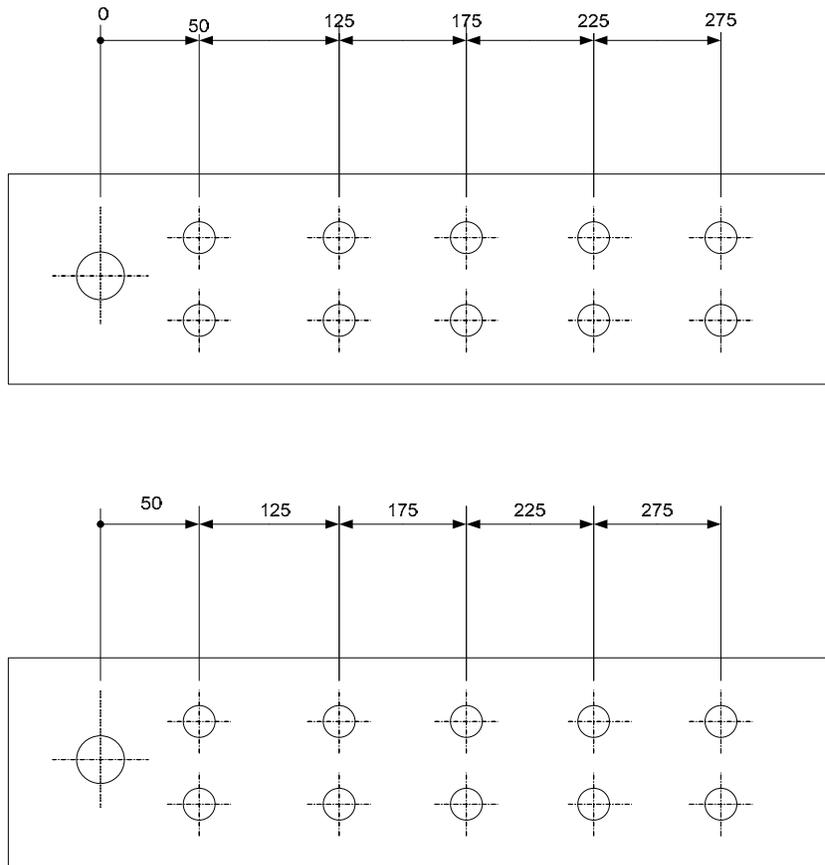


Gambar 8.23 Titik khayal hubungan antar bagian ditegaskan dengan titik bagian ujung



Gambar 8.24 Pemakaian tanda titik (Dot) referensi

ukuran permukaan curve



Gambar 8.25 Ukuran dari garis referensi umum

7. Toleransi (Tolerances)

Toleransi (tolerances) merupakan salah satu unsur gambar yang sangat penting baik secara teknis maupun ekonomis, hal ini merupakan wewenang dari perencana dan telah melekat dengan proses manufaktur atau pembentukannya. Produk benda kerja yang tidak memenuhi syarat toleransi maka akan menjadi rongsokan yang tidak berguna dan menimbulkan kerugian bahan (material), buruh serta pelayanan. Dalam keadaan khusus jarak toleransi lengkap akan dicapai selama proses produksi, yakni dengan melakukan percobaan untuk membuat produk dengan toleransi yang lebih kecil dari kelebihan ukuran (Allowance), untuk mengetahui ketercapaian ukuran atau permukaan akhir serta toleransi geometrical, namun

demikian kelebihan ukuran yang terlalu besar juga akan merugikan, disamping waktu terbuang juga meningkatnya biaya produksi.

- *Toleransi Umum*

Toleransi dapat ditunjukkan pada gambar dengan beberapa cara, antara lain :

- Penulisan langsung batas ukuran yang diizinkan tertinggi dan terendah dari ukuran yang ditentukan,

Contoh :

20,00
19,95

atau untuk sudut :

30° 5'
29° 50'

- Penulisan batas ukuran tertinggi dan terendah ditulis pada ukuran dasar,

Contoh :

$20^{+0,10}_{-0,05}$

atau :

$30^{0+005'}_{-0^{\circ}1,0'}$

Catatan :

Penulisan batas toleransi ini hanya diberikan untuk satu petunjuk plus atau minus, sedangkan nilai nol *dapat dihilangkan*,

Contoh :

$20,1^{-0,15}$ (+ 0 dihilangkan)

atau :

$30^{\circ}5' - 0^{\circ}15'$

- o Penulisan batas toleransi berdasarkan simbol yang diberikan oleh AS 1654 – “Fits and Limits for engineering”, dimana

toleransi untuk lubang diterapkan secara cepat dengan menggunakan huruf capital yang diikuti dengan angka dan untuk poros digunakan huruf kecil dan diikuti dengan angka ,

contoh :

untuk lubang : 20H7

atau untuk poros : 20g6

Nilai untuk simbol ini dapat diketahui dari AS 1654.

8. Penggambaran benda-benda tuangan

Secara umum pembentukan benda kerja dapat dilakukan dengan 3 cara antara lain :

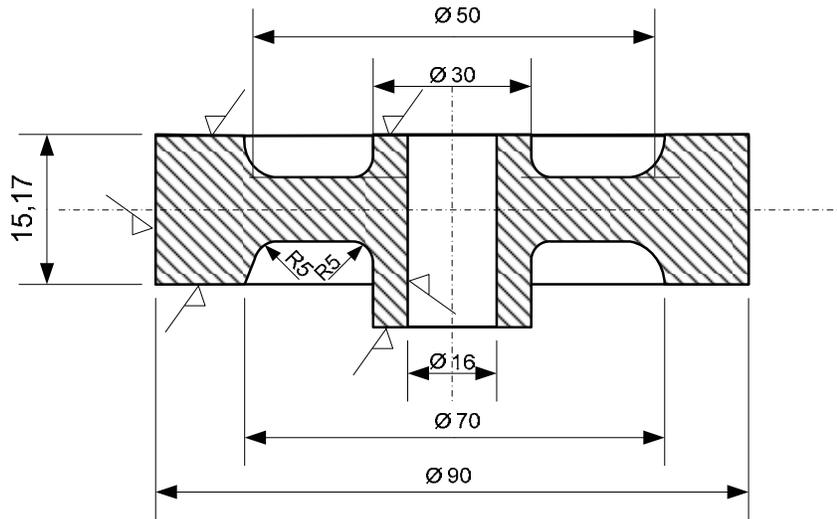
1. Pembentukan benda kerja dengan penyayatan (pemotongan) yakni membuang sebagian dari bahan itu menjadi tatal (chip), sebagaimana yang dilakukan melalui proses pemesinan (machining) misalnya dibubut, Frais , ADM dan lain-lain
2. Pembentukan benda kerja tanpa menyayat (pemotongan), seperti pada proses pengerjaan panas atau dingin, seperti Rolling, Stretching, Bending dan lain-lain.
3. Pembentukan benda kerja melalui proses penuangan atau pengecoran (casting)

Dari ketiga proses pengerjaan yang dilakukan dalam pembentukan benda kerja ini, tentunya tidak selalu setiap produk benda kerja dihasilkan dengan hanya satu cara pengerjaan bahkan seringkali suatu produk itu dibentuk melalui ketiga cara tersebut.

Untuk itu maka tanda pengerjaan termasuk berbagai aspek kualitas benda kerja dituangkan didalam gambar kerja seperti aspek dimensional geometris yakni aspek yang berhubungan dengan bentuk dan ukuran, aspek kualitas yang berhubungan dengan sifat-sifat benda cor atau benda tuangan tersebut dan kemudian aspek kualitas permukaan (finishing) serta kuantitas produk itu sendiri yakni jumlah produk yang haru dibuat atau dikerjakan.

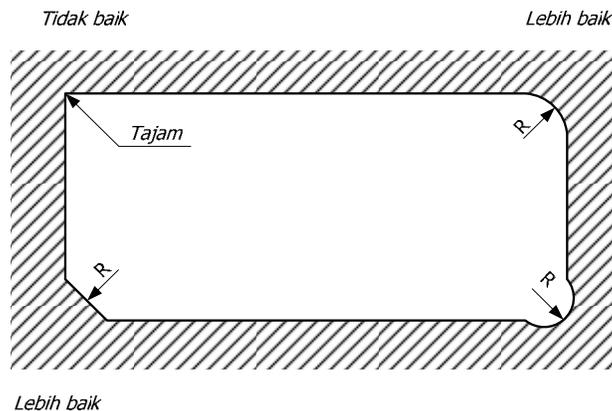
Penyajian gambar yang khusus untuk produk-produk tuangan dibuat dengan mempertimbangkan terhadap keterbacaan gambar dalam hubungannya dengan teknologi Pengecoran itu sendiri, karena pada dasarnya gambar itu merupakan panduan bagi seorang operator untuk melakukan pembentukan benda kerja yang diinginkan, walaupun gambar itu merupakan bentuk dari produk yang sebenarnya. Tentu saja perencana tidak harus memberikan petunjuk secara teknis tentang pembuatan benda tersebut seperti, pembuatan

pola (pattern) pembuatan inti (Core), cetakan dan lain-lain, namun kualitas benda kerja menunjukkan dengan metoda apakah proses pembentukan benda tuangan itu dapat dikerjakan sehingga dapat mencapai kualitas yang diinginkan sebagaimana yang tercantum didalam gambar kerja, sebagai contoh kita ambil salah satu gambar produk tuangan dari bab VI gambar 6.13 Blank Roda gigi lurus, dimana produk pengecoran digambar sesuai dengan bentuk produk sebenarnya.



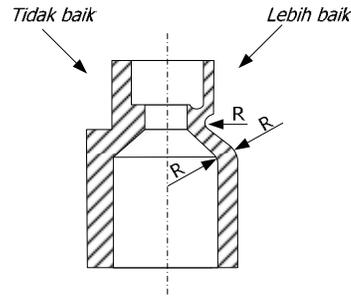
Gambar 8.26 Contoh gambar untuk produk tuangan (Blank roda gigi)

Penyajian gambar untuk produk pengecoran tidak harus mempertimbangkan Teknik pembuatan pola serta berbagai kebutuhan dalam hubungannya dengan teknologi pengecoran, seperti garis pemotongan cetakan, penyusutan, penambahan ukuran (Allowance) sudut benda tuangan, radius dan lain-lain.



Gambar 8.27 Bentuk-bentuk sudut dari produk tuangan

Perencanaan bentuk benda tuangan untuk bentuk-bentuk radius hanya digambarkan posisi serta besarnya radius yang diinginkan. Pembentukan radius pada sudut produk tuangan diperlukan untuk menghindari keretakan (Crack) Gambar kerja untuk produk tuangan harus dilakukan analisis secara cermat untuk merencanakan dan perancangan pola (pattern design) dan perancangan tuangan (casting design).

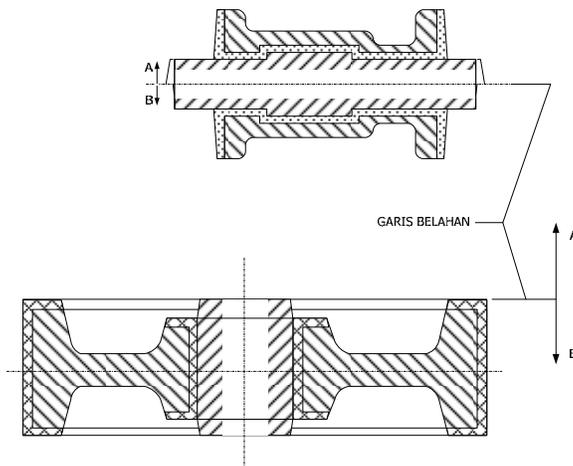


Gambar 8.28 : Disain bentuk produk tuangan

Bagian-bagian gambar harus ditentukan dalam perancangan pola, antara lain :

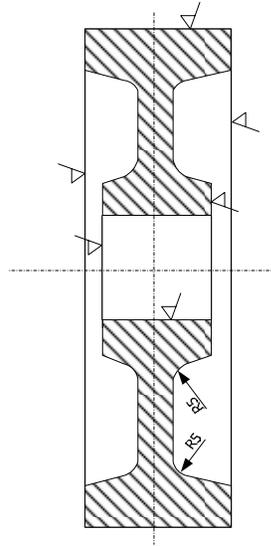
Garis belahan (parting line); besarnya penyusutan, sudut tuangan, radius tuangan, penambahan ukuran dan lain-lain yang berhubungan dengan metode pembuatan pola.

Untuk pembuatan pola terlebih dahulu harus dibuatkan gambar goresan (Modellriss) yang digambarkan dengan skala 1:1 diatas kayu model. Untuk itu gambar benda tuangan dianjurkan digambar dalam skala 1:1

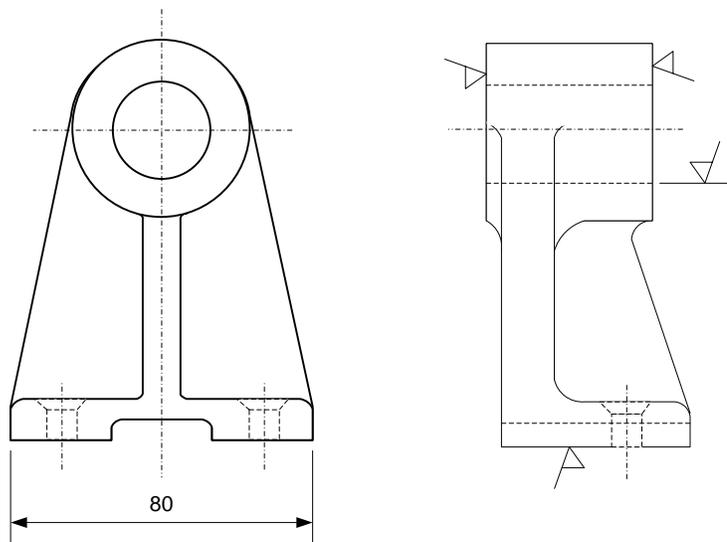


Gambar 8.29 : Modellriss Skala 1:1

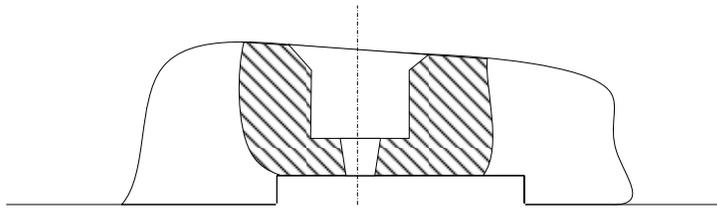
Dalam perancangan suatu produk pengecoran harus menentukan :
Layout, sistem saluran, Penambahan sebagaimana yang telah dibahas pada BAB VI tentang pembuatan produk pengecoran.



Gambar 8.30 : Penentuan posisi gambar menurut proses pemesinannya



Gambar 8.31 : Penentuan posisi gambar menurut proses perakitannya

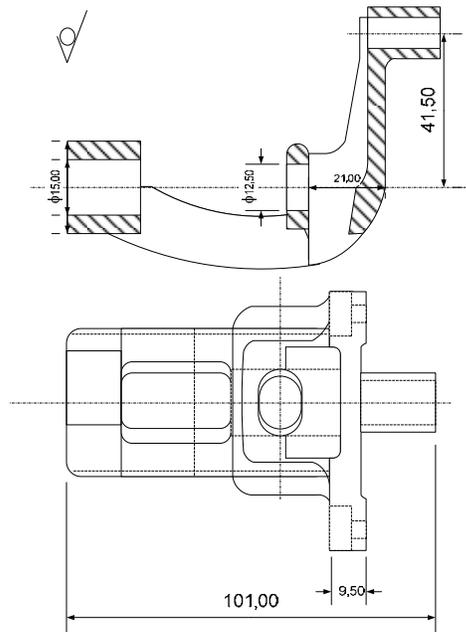


Gambar 8.32 : Penentuan posisi gambar menurut Posisi perletakkannya pada cetaka

Menentukan posisi gambar

Menempatkan gambar kerja dalam penyajiannya tergantung jenis serta bentuk produk tuangan itu sendiri, antara lain :

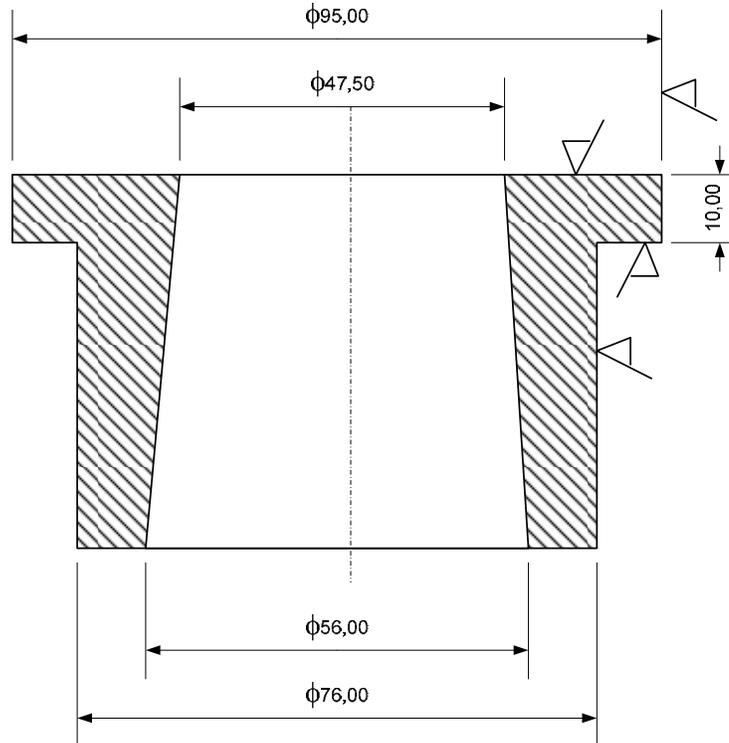
- 1) Disesuaikan dengan perletakan pada cetaknya (untuk benda tuangan seutuhnya).
- 2) Disesuaikan dengan posisi pemesinan (untuk benda tuangan yang dikerjakan lanjut melalui proses pemesinan)
- 3) Ditempatkan berdasarkan fungsi dan kedudukannya dalam perakitan.



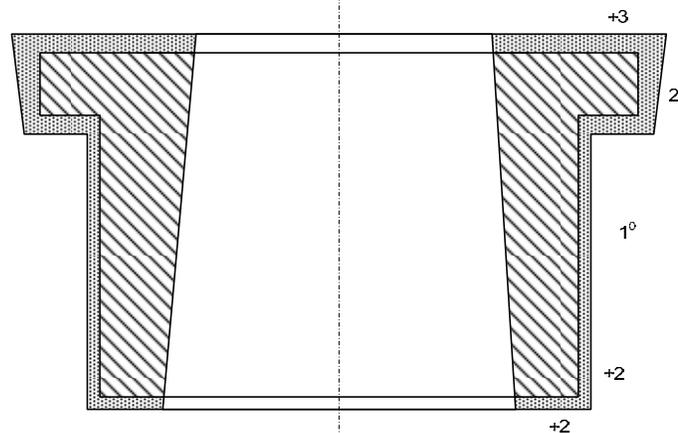
Gambar 8.33 : Benda tuangan yang tidak akan mengalami proses pemesinan

9. Tanda pengerjaan

Benda tuangan yang tidak akan mengalami proses pemesinan atau disebut sebagai benda utuh digambar tanpa diberikan tanda pengerjaan. Tanda gambar menggunakan simbol dasar (∇) yang ditempatkan berdekatan dengan nomor posisi.



Gambar 8.34 : Benda Tuangan dalam bentuk produk sebenarnya



Gambar 8.35 : Benda Tuangan dengan penambahan ukuran

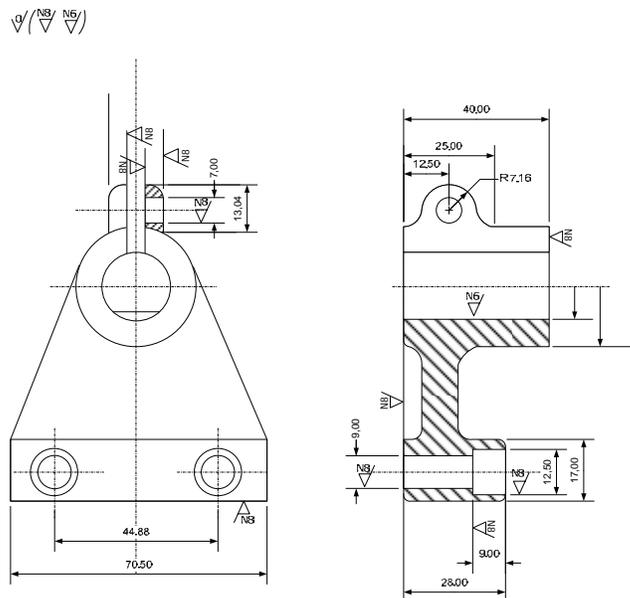
Tanda pengerjaan khusus

Tanda pengerjaan khusus ialah tanda pengerjaan untuk permukaan benda kerja hasil pengecoran yang diperlukan proses lanjutan yaitu proses pemesian.

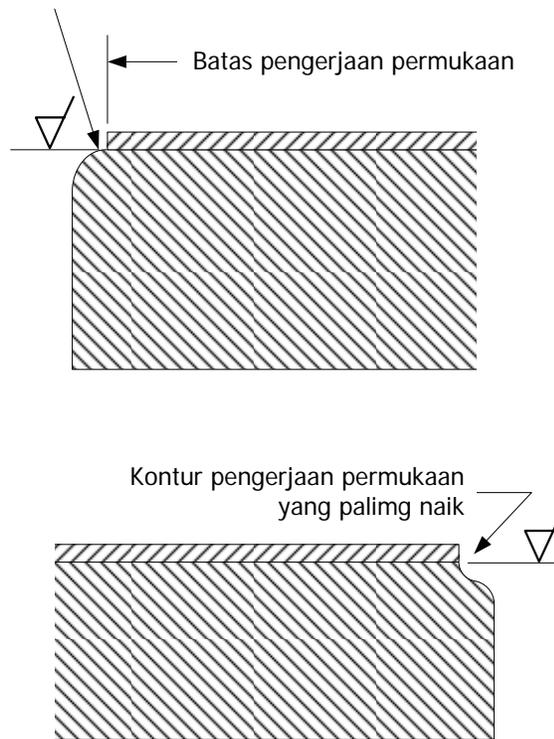
Tanda pengerjaan khusus dicantumkan langsung pada gambar dimana bidang pekerjaan diperlukan pengerjaan lanjut. Dengan demikian dengan tanda pengerjaan ini pola (pattern) sudah dipersiapkan dengan kelebihan ukuran (machine allowance) sesuai dengan ketentuan dan kebutuhan dalam pembentukan tersebut.

Kekasaran permukaan

Angka kekasaran permukaan dari produk pengecoran yang dimaksud ialah angka kekasaran dimana bidang benda kerja tersebut dikerjakan lanjut melalui proses pemesian, oleh karena itu tanda kekasaran permukaan ini sama dengan standar kekasaran permukaan berdasarkan ISO, yang dinyatakan dengan simbol N ; N1; N2dst. Kekasaran permukaan ini menunjukkan proses machining yang dipersyaratkan, karena setiap mesin perkakas memiliki hasil pengerjaan dengan tingkat kekasaran yang berbeda antara mesin yang satu dengan mesin yang lainnya. Pencantuman angka kekasaran permukaan ini ditempatkan pada bidang dimana bidang tersebut mempersyaratkan kekasaran permukaan tersebut. Pada gambar 9.36 berikut diperlihatkan contoh pemberian tanda kekasaran permukaan dari sebuah produk pengecoran yang diperlukan pengerjaan akhir melalui pemesian.



Gambar 8.36: Tanda gambar kekasaran permukaan



Gambar 8.37 : Pembentukan casting untuk pengerjaan permukaan pada bentuk radius

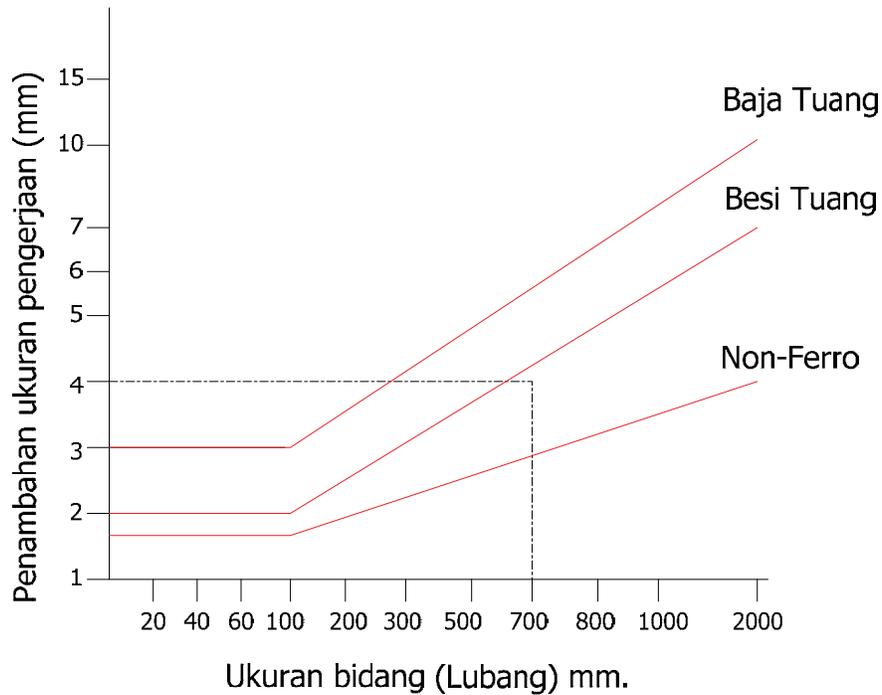
10. Toleransi Produk pengecoran dengan cetakan pasir

Toleransi yang berhubungan dengan proses pembentukan bahan-baku benda kerja dimana akan memerlukan proses pengerjaan lanjut, serta dimungkinkan akan terjadi perubahan bentuk yang disebabkan oleh adanya pengaruh panas, maka toleransi sebagaimana dijelaskan diatas menjadi tidak berlaku, artinya kita tidak lagi berpedoman kepada ketentuan tersebut. Jadi yang dimaksud dalam toleransi ini ialah kelebihan ukuran yang harus dipersiapkan agar produk akhir yang dihasilkan mencapai ukuran pada batas toleransi sesuai dengan perencanaan bentuk produk yang sebenarnya. Dengan demikian nilai ukur sebagaimana diperlihatkan pada tabel berikut dapat dikatakan sebagai tunjangan ("Allownce"). Allowance ini diberikan berbeda sesuai dengan ukuran benda tersebut, sebagaimana kita ketahui bahwa ukuran bahan apakah ketebalan atau panjang yang berbeda akan berbeda pula dalam menerima pengaruh perubahan temperature terhadap perubahan bentuknya. Tabel berikut merupakan angka tunjangan sebagai acuan yang dapat digunakan dalam membentuk benda kerja melalui pengecoran.

Tabel 8.5 Toleransi benda pengecoran

Arah	Ukuran	Toleransi (mm)			
		Besi Tuang		Baja Tuang	
Tebal	5 – 10	1,0	1,5	1,0	2,0
	10 – 20	1,5	2,0	1,5	2,5
	20 – 30	2,0	2,5	2,0	3,0
	30 – 40	2,5	3,0	2,5	4,0
	40 – 80	3,0	4,0	3,0	5,0
	80 - 100	4,0	5,0	4,0	6,0
	< 100	1,0	1,5	1,5	2,0
Panjang	100 – 200	1,5	2,0	2,0	3,0
	200 – 400	2,0	3,0	3,0	5,0
	400 – 800	3,0	4,0	4,0	8,0
	800 – 1600	4,0	5,0	6,0	10,0
	1600 - 3200	5,0	7,0	10,0	16,0

Secara Grafis Penambahan ukuran tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 8.38: Grafik penambahan ukuran untuk bidang atau lobang untuk bahan cor baja tuang

Ketentuan lainnya dalam penambahan ukuran ini antara lain :

1. Bila permukaan yang akan dikerjakan diletakan dibagian atas : +50 %
2. Untuk cetakan penuangan (hand Moulding + 25 % kecuali untuk baja).

Contoh :

Untuk besi tuang dengan ukuran 700 mm, penambahan ukurannya ialah 4 mm.

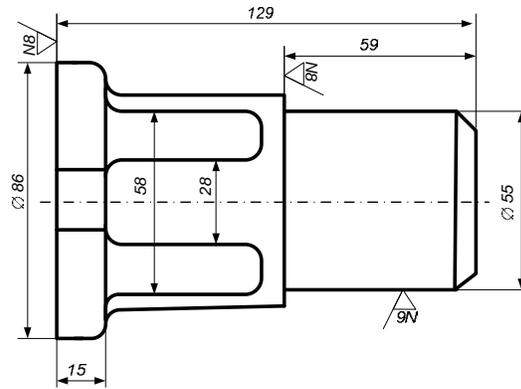
11. Penyusutan

Proses penyusutan pada benda-benda tuangan akan selalu terjadi dan tentu saja akan berbeda menurut jenis bahan tuangan serta ukuran dari benda tuangan itu sendiri terutama ketebalan serta kekuatan bahan cetakannya. Oleh karena itu factor penyusutan ini juga merupakan bagian dari aspek gambar kerja agar bagian ini menjadi perhatian dalam pembuatan pola (Pattern) yang akan diatur penambahan ukurannya sesuai dengan jenis bahan tuangan tersebut. Yang biasanya diukur dengan menggunakan mistar ukur dengan skala penyusutan yang telah distandarkan. Tabel dibawah ini memperlihatkan angka penyusutan serta batas penyimpangan untuk beberapa jenis bahan tuangan.

Tabel 8.6 Angka penyusutan dan batas penyimpangan bahan tuangan.

Jenis bahan tuangan	Rata-rata (mm)	Batas penyimpangan (mm)
Besi Tuang :		
Besi tuang kelabu (Grey Cast Iron)	1,0	0,5 – 1,3
Besi tuang Graphite bulat (tanpa Normalizing)	1,2	0,8 – 2,0
Besi tuang Graphite Bulat (dinormalizing)	0,5	0,0 – 0,8
Baja Tuang :	2,0	1,5 – 2,5
Besi tuang mampu tempa :		
Putih	1,6	1,0 – 2,0
Hitam	0,5	0,0 – 1,5
Aluminium Tuangan (Al-Alloys)	1,2	0,8 – 1,5
Magnesium (Mn – Alloys)	1,2	1,0 – 1,5
Tuangan Tembaga	1,9	1,5 – 2,1
Bronze, Cu-Sn	1,5	0,8 – 2,0
Brass, Cu-Zn	1,2	0,8 – 1,8
Tuangan Kuningan Khusus (Cu-Zn-Mn (Fe-Al))	2,0	1,8 – 2,3
Tuangan Aluminium Bronze	2,1	1,9 – 2,3
Tuangan Paduan Seng	1,3	1,1 – 1,5
Tuangan Timbal (lead)	0,5	0,4 – 0,6

✓(✓)

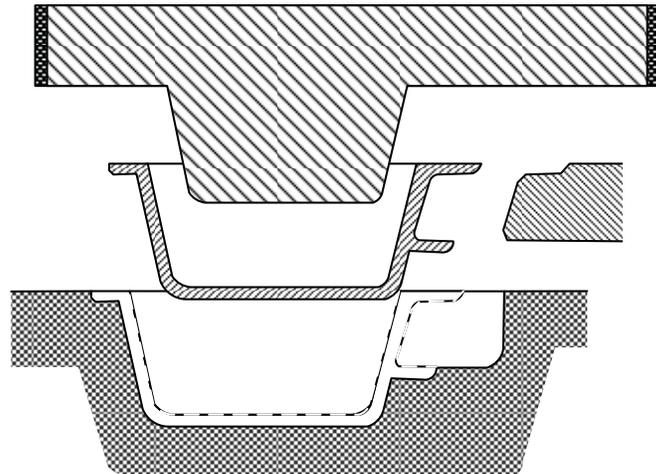


Gambar 8.39 : Contoh penyusutan 1,2 % pada bahan Fcd.

12. Sudut tuangan

Pola pada umumnya dibuat dari bahan kayu, resin atau logam, ketentuan lain dari pembuatan pola (Patern) ini antara lain adalah bahwa pola (Pattern) ini harus dapat diangkat dengan mudah dari dalam cetakan.

Oleh kerana itu bentuk pola yaitu dibagian yang menyudut tegak lurus harus dibuat kemiringan kearah membuka atau melepas pola tersebut.



Gambar 8.40 Sudut tuangan

Kemiringan pola atau disebut sudut tuangan ukurannya ditentukan sesuai dengan beberapa hal berikut :

1. *Ketinggian bidang tuangan*, semakin pendek benda tuangan yang akan dibuat maka akan semakin besar sudut tuangan tersebut. (lihat tabel).

Contoh :

Kemiringan sudut tuangan untuk sirip atau tonjolan bentuk dari dudukan kepala baut/mur diberikan 2° sampai 5° .

2. *Kondisi permukaan benda Tuangan*

Kondisi permukaan benda tuangan yang halus diperoleh dari kondisi pola yang halus pula. Pola ini biasanya dibuat dari bahan resin atau pola logam. Untuk pola dari jenis ini kemiringannya dapat ditentukan sebesar 1° sampai $0,5^{\circ}$ atau lebih kecil.

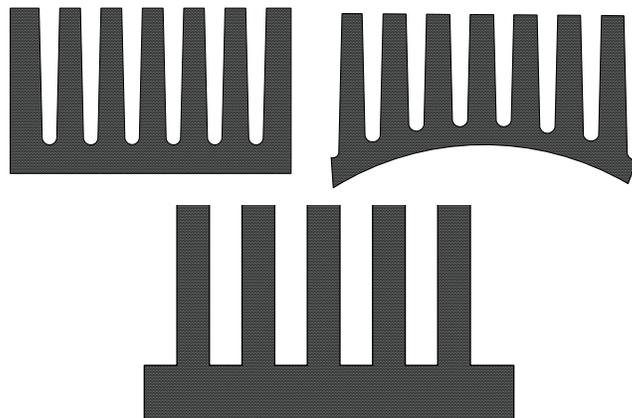
3. *Fungsi dan kepresisian Benda tuangan*

Benda tuangan yang presisi biasanya benda kerja yang memiliki bagian yang akan berhubungan dengan bagian lain dalam perakitan, oleh karena itu sudut kemiringan bidang ini dituntut memiliki kemiringan sekecil mungkin bahkan mungkin tegak lurus.

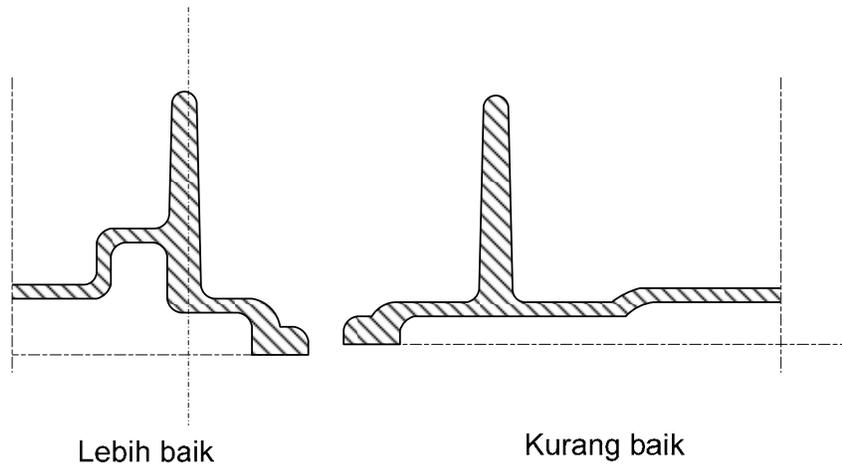
Untuk keperluan ini maka pola dibuat dari bahan resin atau pola logam dengan cetakan pasir inti (Furan, CO_2 atau sejenisnya).

4. *Jenis /metoda cetakan*

Sudut kemiringan dari pola untuk cetakan mesin (machine moulding) bias dibuat lebih kecil dibanding dengan pola untuk cetakan tangan (hand moulding).



Gambar 8.41 : Kemiringan pada Sirip



Gambar 8.42 : Bentuk Kemiringan pada Sirip

Tabel 8.7 Angka kemiringan sudut tuangan menurut ketinggian bidang

Tinggi (mm)	Sudut tuangan (°)	Tinggi (mm)	Kemiringan (mm)
S/D 10	3	< 250	1,5
< 18	2	< 320	2
< 30	1,5	< 500	3
< 50	1	< 800	4,5
< 80	0,75	< 1200	7
< 180	0,5	< 2000	11

Jenis sudut tuangan

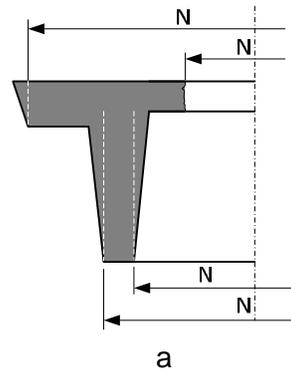
Sudut tuangan akan dibentuk dalam perancangan pola (Pattern) antara lain sebagai berikut :

Sudut tuangan Plus (+)

Sudut tuangan plus ialah sudut tuangan yang mengakibatkan penambahan material bahan tuangan seperti :

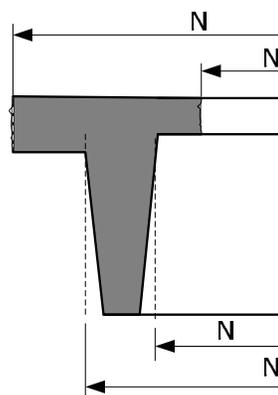
Sirip penguat

- Tonjolan-tonjolan kecil misalnya untuk mur, dudukan kepala baut atau mur.
- Kelebihan(Machine)



Sudut tuangan minus (-)

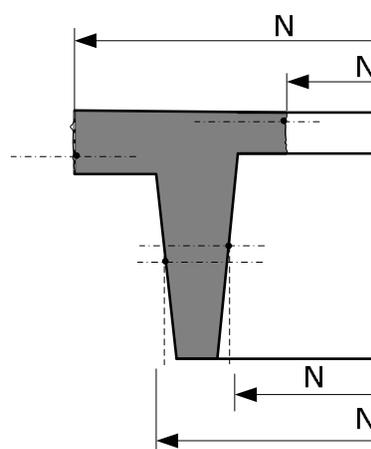
Sudut tuangan minus ialah sudut tuangan yang mengakibatkan pengurangan material bahan tuangan seperti : Benda tuangan yang akan berpasangan dengan benda lain



b

Sudut tuangan Neutral (±)

Sudut tuangan Neutral ialah pola yang dibuat dengan mengakibatkan penambahan dan pengurangan Material secara merata, ukuran Nominal dari benda kerja berada diantara ketinggian-nya. (Gambar 8.43 a,b dan c)



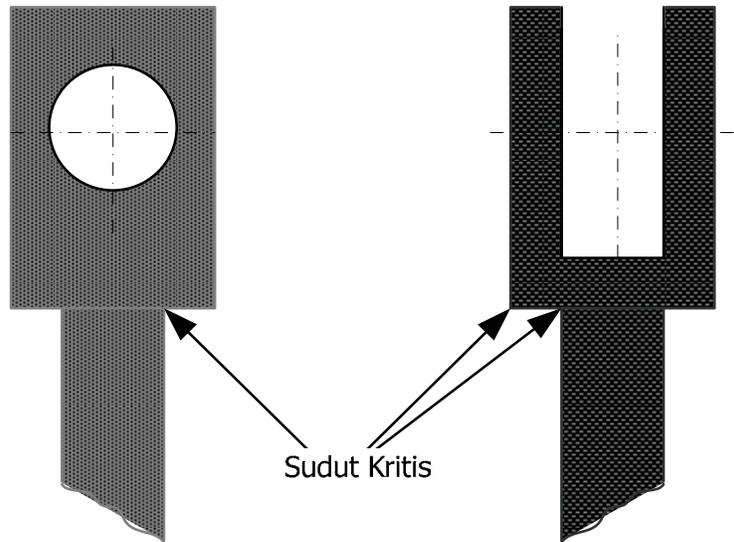
c

Gambar 8.43 Jenis sudut tuangan

13. Radius tuangan dan perubahan tebal

Bentuk radius pada setiap bagian sudut dan sisi merupakan ciri dari benda-benda tuangan tuangan, dimana tidak mungkin sudut yang tajam dapat dibentuk melalui proses pengecoran, jadi pembentukan radius dibagian sudut dan sisi merupakan keharusan dalam pembentukan benda kerja melalui proses pengecoran.

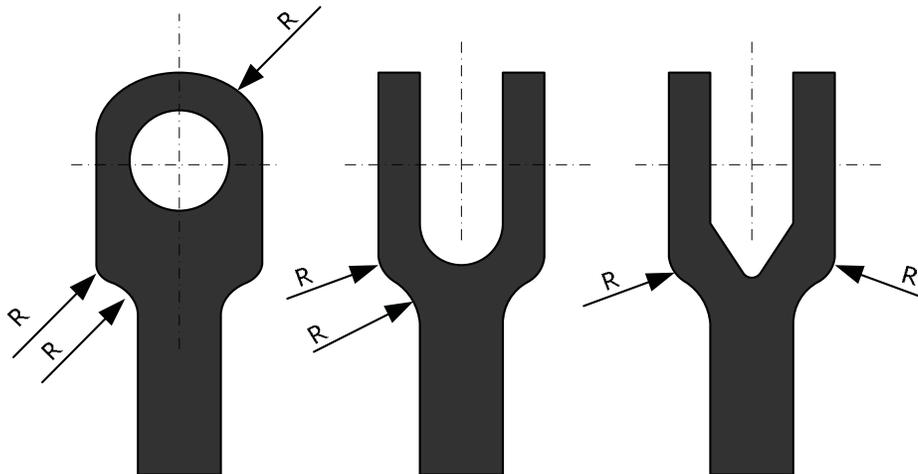
Hal ini disebabkan oleh terjadinya perubahan perubahan pada ketebalan dengan pendakian secara berangsur sehingga membentuk radius tersebut. (Lihat gambar 8.44 a, 8.44b dan 8.44c)



Gambar 8.44a

Radius Tuangan

Secara umum bentuk radius tidak dicantumkan di dalam gambar kerja, dimana ukuran radius umum dari benda tuangan besarnya tergantung pada besar kecilnya benda tuangan itu sendiri.



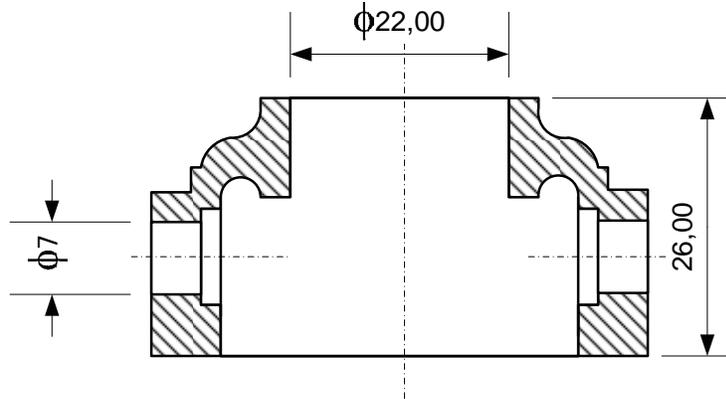
Gambar 8.44b

Ukuran radius yang diluar dari ketentuan umum harus dicantumkan pada gambar kerja.

Contoh : 1

Benda tuangan dengan radius (R) = 3

Artinya : Semua radius yang tidak berukuran adalah R3.

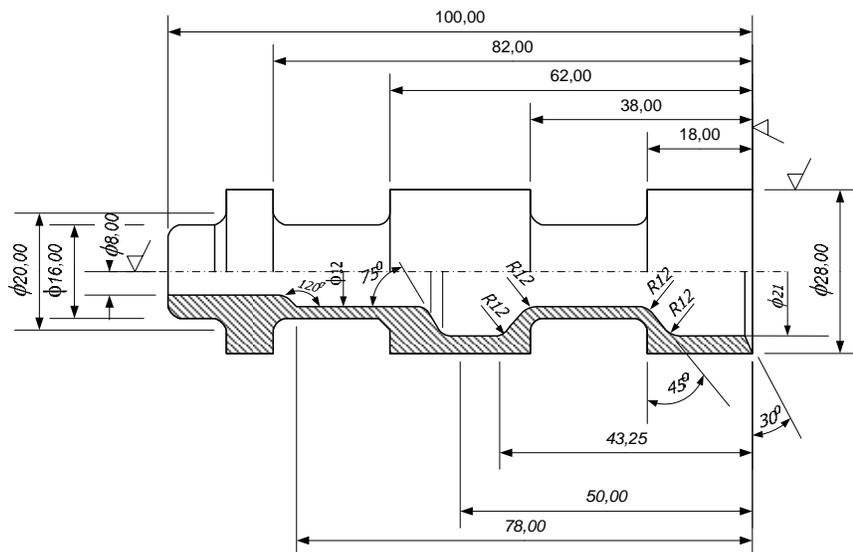


Gambar 8.44c : Radius Tuangan R = 3

Contoh : 2

Radius Tuangan R 8/ R 4

Artinya : Terdapat 2 buah Radius yang tidak berukuran yaitu Radius besar R8 dan Radius kecil R 4.



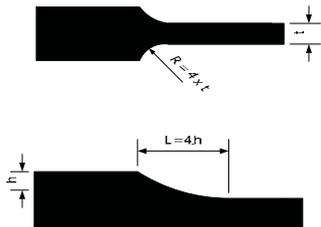
Gambar 8.45 Radius tuangan R8/R4

Perubahan tebal

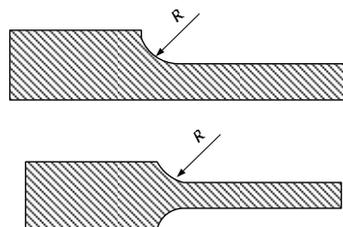
Perubahan ketebalan pada benda kerja tidak mungkin dibuat dengan bentuk bersudut tajam seperti terlihat pada gambar 8.46 a, 8.46 b, 8.46 c



Gambar a



Gambar b



Gambar c

Gambar 8.46 Perubahan ketebalan pada benda kerja

Ukuran yang dianjurkan

Perbandingan Ketebalan :

T = 1,5 sampai 3 t

Perubahan tebal $T \leq 1,5 t$ Gunakan Radius perubahan tebal :

R = T/3

Untuk perubahan tebal $1,5 t \leq T \leq 3 t$ gunakan radius besar atau pendakian dengan formulasi sebagai berikut :

R = 4 t
L = 4 h
h = (T - t)

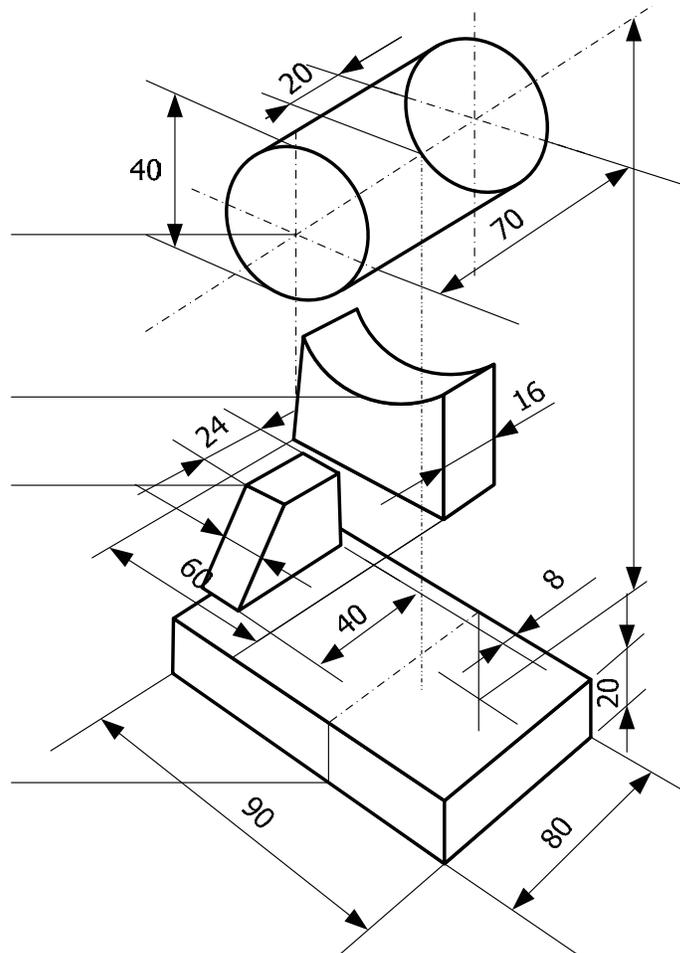
- R = Radius Perubahan Tebal
- L = Panjang pendakian
- h = Tinggi Pendakian
- T = Ukuran dinding yang tebal
- t = Ukuran dinding yang tipis

14. Penunjukkan ukuran benda tuangan

Pada prinsipnya benda tuangan itu baik benda tuangan utuh maupun benda tuangan yang dibuat berdasarkan model / pola (pattern) pada umumnya dibuat dari bentuk geometris dasar yang disusun menjadi kesatuan bentuk.

Ukuran benda tuangan ditunjukkan berdasarkan :

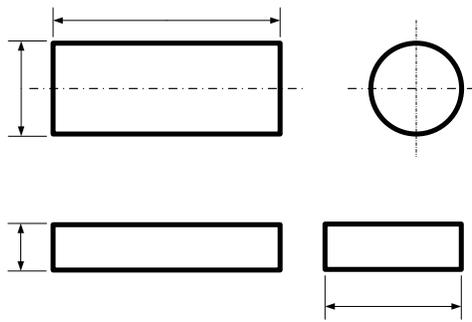
1. Ukuran bentuk dasar
2. Ukuran Posisi
3. Ukuran proses pemesinan



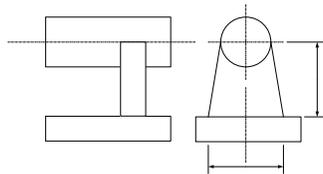
Gambar 8.47 Ukuran kesatuan bentuk

Ukuran bentuk dasar

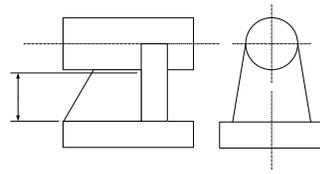
Ukuran bentuk dasar ialah ukuran yang menunjukkan panjang, lebar, tinggi/tebal atau diameter suatu bentuk geometris dari komponen-komponen yang akan digabungkan satu sama lainnya. (Gambar 9.48 a, b dan c ukuran bentuk dasar)



Gambar 8.48 a



Gambar 8.48 b

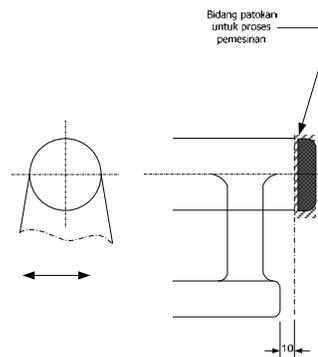


Gambar 8.48 c

Gambar 8.48; Ukuran bentuk dasar

Ukuran Posisi

Lihat gambar 8.49 a, 8.49 b dan 8.49 c. Ukuran posisi ialah ukuran yang menunjukkan letak atau posisi setiap komponen bentuk dalam penggabungan antara komponen yang satu dengan yang lainnya yang diukur terhadap bidang/garis patokan.



Gambar 8.49 a

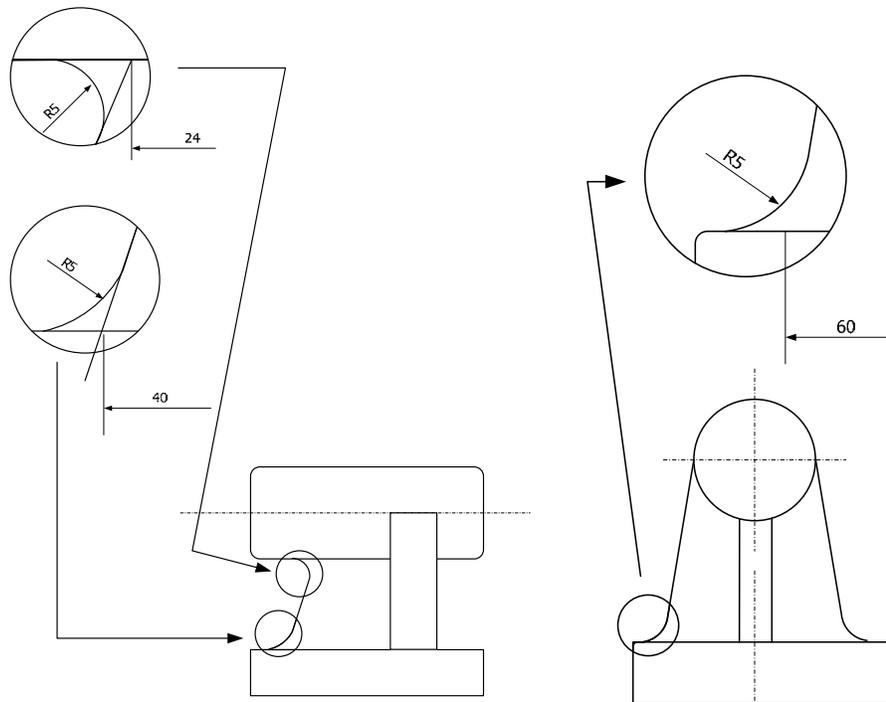
Bidang/garis patokan

Bidang/garis patokan ialah bidang atau garis yang menjadi referensi atau patokan dalam penentuan letak dari setiap komponen bentuk dasar.

Setiap pertemuan bentuk-bentuk dasar harus diradiuskan sebesar yang diperlukan berdasarkan ketentuan dan estetika bentuk.

Penunjukan ukurannya dicantumkan dari titik pertemuan dari bentuk-bentuk dasar tersebut.

Penunjukkan ukuran dicantumkan dari titik pertemuan bentuk-bentuk dasarnya.



Gambar 8.49 b

Gambar 8.49 c.

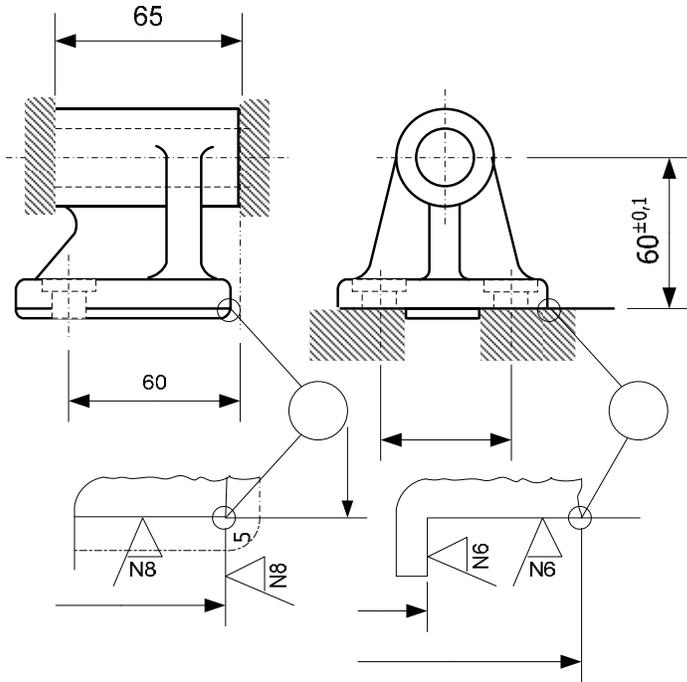
Gambar 8.49 Ukuran posisi komponen

Ukuran untuk proses pemesinan

Ukuran proses pemesinan adalah ukuran yang menunjukkan proses pengerjaan/Machining dari benda tuangan pemesinan. Dalam penunjukkan ukuran proses pemesinan, bidang/garis patokan adalah mutlak harus ditentukan terlebih dahulu. Penunjukkan ukuran diberikan sesuai dengan proses pengerjaannya, meskipun demikian ukuran fungsi dari benda kerja tersebut tetap harus diperhatikan.

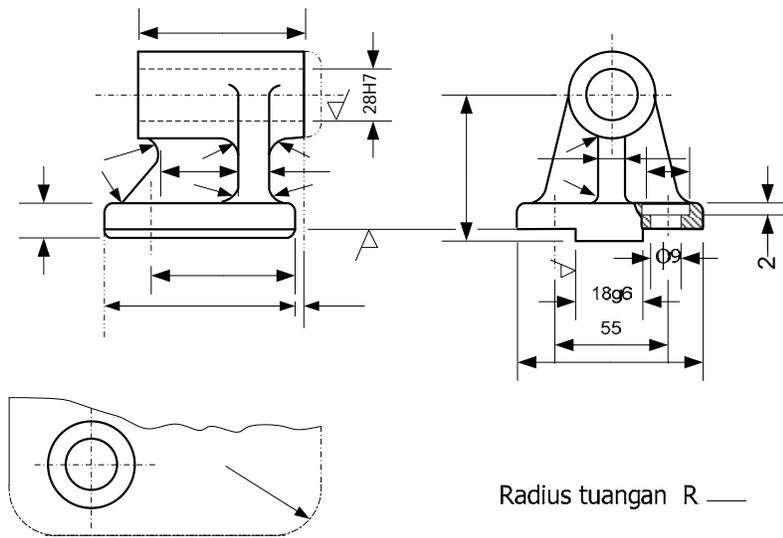
Sebagaimana yang digunakan pada gambar pemersinan (non-casting), penunjukkan ukuran ini dibedakan dalam 3 macam yaitu :

1. Ukuran fungsi
 2. Ukuran non fungsi
 3. Ukuran pembantu
- (lihat gambar 8.50 a dan 8.50 b)



Gambar 8.50 a

g. ∇ (∇)



Gambar 8.50 b

Gambar 8.50 Ukuran fungsi, non fungsi dan pembentukan

15. Toleransi ukuran benda Tuangan

Untuk mengasilkan ukuran Nominal sesuai dengan ukuran yang tercantum didalam gambar secara tepat dari produk pengecoran diperlukan kecermatan dan ketelitian, terutama dalam pembuatan pola dan cetakan serta berbagai aspek dimensional yang telah ditentukan, karena factor yang dapat mempengaruhi penyimpangan dalam ukuran produk tuangan itu antara lain adalah :

1. Metoda pembuatan cetakan
2. Penyusutan bahan tuangan

Oleh karena itu konstruktor (perancang) harus memperhatikan hal ini termasuk penyimpangan yang dibolehkan dari ukuran nominal yang ditentukan berdasarkan tingkat ketelitian benda tuangan yang direncanakannya.

Sebagaimana ketentuan gambar kerja yang distandarkan seperti yang telah diuraikan dalam penjelasan terdahulu tentang toleransi ukuran, terutama batas nominal toleransi yang berlaku secara umum, misalnya kasar, sedang atau halus serta toleransi khusus termasuk suaian.

Penentuan toleransi untuk benda-benda tuangan, untuk toleransi yang berhubungan dengan panjang, lebar, dan tebal/tingginya berbeda sesuai dengan jarak ukur nominal serta tingkat ketelitian dari produk tuangan tersebut. Harga toleransi untuk ukuran ini diperlihatkan pada tabel berikut.

Tabel 8.8 Toleransi untuk ukuran panjang, lebar tinggi/tebal dan posisi (mm)

Batas ukuran Nominal		Panjang, lebar, tinggi/tebal			Ukuran
		Tingkat ketelitian			
<	≤	D1	D2	D3	D1
	6	± 0,10	± 0,08	± 0,06	±
6	10	± 0,12	± 0,10		
10	14	± 0,15	± 0,12	± 0,09	
14	18	± 0,20	± 0,14		
18	24	± 0,25	± 0,17	± 0,12	± 0,25
24	30	± 0,30	± 0,20	± 0,14	
30	40	± 0,37	± 0,25	± 0,17	± 0,32
40	50	± 0,44	± 0,30	± 0,20	
50	65	± 0,52	± 0,38	± 0,23	± 0,50
65	80	± 0,60	± 0,46	± 0,27	
80	100	± 0,68	± 0,53	± 0,30	± 0,71

Batas ukuran Nominal		Panjang, lebar, tinggi/tebal			Ukuran
		Tingkat ketelitian			
<	≤	D1	D2	D3	D1
100	120	± 0,76	± 0,60	± 0,33	± 0,90
120	140	± 0,84	± 0,65	± 0,36	
140	160	± 0,92	± 0,72	± 0,38	
160	180	± 1,02	± 0,80	± 0,42	
180	200	± 1,12	± 0,88	± 0,43	± 1,15
200	225	± 1,28	± 0,95	± 0,47	
225	250	± 1,44	± 1,05	± 0,51	
250	280	± 1,64	± 1,15	± 0,56	± 1,80
280	315	± 1,84	± 1,25	± 0,63	
315	355	± 2,10	± 1,40	± 0,71	± 2,20
355	400	± 2,40	± 1,60	± 0,80	
400	450	± 2,70	± 1,80	± 0,90	± 3,10
450	500	± 3,00	± 2,00	± 1,00	

Tingkat ketelitian D1 (kasar)

Tingkat ketelitian D1 ialah ketelitian kasar yang digunakan untuk benda tuangan yang tidak memiliki toleransi ukuran atau benda tuangan yang hanya memiliki toleransi umum.

Tingkat ketelitian D2 (Sedang)

Tingkat ketelitian D2 ialah tingkat ketelitian sedang yang digunakan dalam ukuran benda tuangan yang memiliki toleransi khusus dengan ketelitian sedang.

Tingkat ketelitian D3 (Halus)

Tingkat ketelitian D3 ialah tingkat ketelitian yang digunakan dalam penentuan ukuran benda tuangan halus atau teliti (Fine Casting), benda tuangan ini hanya sedikit atau tanpa memerlukan pekerjaan mesin dan akan dirakit dengan benda tuangan lainnya yang memiliki ketelitian dengan tingkat ketelitian halus pula.

Tabel 8.9 Toleransi ukuran ketebalan sirip

Ukuran Nominal	Penyimpangan
S/D 6 mm	- 0,20 mm
6 S/D 10 mm	- 0,30 mm
10 S/D 18 mm	- 0,40 mm
18 S/D 30 mm	- 0,60 mm

Ukuran Nominal	Penyimpangan
S/D 6 mm	- 0,20 mm
6 S/D 10 mm	- 0,30 mm
10 S/D 18 mm	- 0,40 mm
18 S/D 30 mm	- 0,60 mm

Tabel 8.10 Toleransi kelurusan dan kerataan

Tingkat ketelitian	Panjang bagian yang ditoleransi (mm)		
	s/d 25	25 s/d 50	> 50
	Penyimpangan yang diizinkan		
D1	0,15	0,25	0,6 %
D2	0,10	0,20	0,4 %
D3	0,10	0,15	0,3 %

Toleransi Sudut

Penyimpangan terhadap ukuran sudut dapat terjadi pada kedua arah dari sisi-sisinya. Untuk mengukur penyimpangan sudut ini dapat diukur besar sudutnya ($^{\circ}$) atau dapat juga diukur panjang sisinya pada setiap 100 mm. Pada Tabel berikut memperlihatkan Nilai Toleransi sudut dan ketegak lurusan serta kemiringan.

Tabel 8.11 Nilai toleransi sudut, ketegak lurusan dan Kemiringan

Tingkat ketelitian	Ukuran Nomonal (mm)							
	S/D 30		30 S/D 100		100 S/D 200		> 200	
	*	**	*	**	*	**	*	**
D1	30	0,87	30	0,87	30	0,87	20	0,58
D2	30	0,87	20	0,58	15	0,44	15	0,44
D3	20	0,58	15	0,44	10	0,29	10	0,29

Keterangan : * Penyimpangan sudut (menit)
 * Penyimpangan sudut setiap 100 mm (mm).

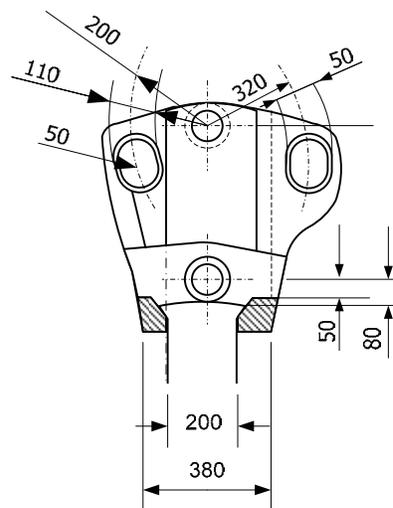
16. Data Teknis

Data data Teknis dari benda tuangan harus selalu diinformasikan melalui gambar kerja, data-data teknis ini meliputi :

1. Jenis bahan tuangan
2. Prosesntase penyusutan (%)
3. Sudut tuangan ($^{\circ}$)
4. Radius tuangan (mm)
5. Berat benda tuangan (kg)

Penulisan data teknis ini ditempatkan dibagian yang mudah dilihat seperti pada kepala gambar, karena data teknis ini akan sangat berguna dalam perancangan pola serta perancangan benda tuangan tersebut.

Bahan : FcD 50
Penyusutan : 2 %
Sudut tuangan : 3°
Radius Tuangan : R 3
Tuangan Berat : ~118 kg



Rangkuman :

Gambar teknik dapat disajikan dalam 3 type, yaitu : gambar rencana lengkap (general arrangement drawings), gambar susunan atau rakitan (assembly drawings), dan gambar bagian (detail drawings) Interpretasi terhadap gambar dapat bervariasi menurut tipe dan ketebalan garis gambar.

Dalam Teknik Mesin digunakan gambar yang dapat menunjukkan bentuk sebuah objek atau berupa rakitan yang digambarkan secara Proyeksi Orthogonal (*Orthographic Projection*) atau terkadang juga proyeksi Isometrik (*Isometric Projection*).

Proyeksi Isometric ini sebuah penyajian gambar yang memperlihatkan semua bentuk detail dari objek dalam satu pandangan penuh.

Pemotongan sebagian ialah cara penunjukkan pandangan untuk memperjelas bagian detail dari item suatu rakitan, yang secara orthographic maupun Isometric tidak dapat menunjukkan secara jelas.

Gambar dibuat secara proporsional dan gambar dapat berfungsi sebagaimana mestinya, melalui pembesaran atau pengecilan dengan perbandingan tertentu atau yang dikenal dengan skala gambar

Gambar susunan atau rakitan (Assembly Drawings) Istilah ini diberikan untuk gambar yang menampilkan rakitan dari dua item komponen atau lebih

Gambar bagian (Detail drawings) menunjukkan spesifikasi secara lengkap dari pembentukan yang meliputi seluruh dimensi, bahan yang harus digunakan, perlakuan panas (heat treatment), kekasaran permukaan pada akhir pembentukan, serta persyaratan lain yang diperlukan seperti pelapisan dan lain-lain, serta jumlah yang diperlukan.

Standarisasi gambar ditentukan "Sistem of Units"- metric atau "Imperial" yang digunakan oleh perencana dalam menentukan ukuran atau dimensi dari pekerjaan yang dikehendakinya.

Pada sistem of Units terdapat catatan lengkap pada "title block" dimana semua dimensi dibaca dalam satuan mm (atau Inches).

Tanda ukuran untuk ulir (Screw Threads) yang diberikan oleh ISO (International Organization for Standarization), ulir metric spesifikasi pada ukuran Mayor Diameter dan Pitch misalnya : M 10 x 1,5, M 10 adalah diameter mayornya dan 1,5 adalah pitch-nya.

Alat Bantu ukuran (Auxiliary dimension) dicantumkan di dalam kurung, Type dari dimensi ini memerlukan perlakuan khusus sebab jika terjadi salah pengerjaan akan mengakibatkan pengaruh kumulatif dari toleransi pada beberapa dimensi yang saling melengkapi.

Chamfer merupakan salah satu dimensi dari benda kerja yang digambarkan memanjang sepanjang garis gambar bersama dengan sudut sebesar 45° .

Ukuran tidak diskala merupakan ukuran yang baik, namun jika tidak memungkinkan maka pada ukurannya diberikan garis tebal dibawah angka ukurnya. Untuk benda yang berukuran sangat besar, maka pada bagian tersebut diberi garis pemotongan (breakelines). Tabulasi ukuran merupakan tanda ukuran pada tabel dilakukan apabila jumlah item dari benda kerja memiliki bentuk yang sama.

Toleransi (toleranes) merupakan salah satu unsur gambar yang sangat penting baik secara teknis maupun ekonomis, hal ini merupakan

wewenang dari perencana dan telah melekat dengan proses manufaktur atau pembentukannya.

Penyajian gambar yang khusus untuk produk-produk tuangan dibuat dengan mempertimbangkan terhadap keterbacaan gambar dalam hubungannya dengan teknologi Pengecoran.

Penyajian gambar untuk produk pengecoran tidak harus mempertimbangkan Teknik pembuatan pola serta berbagai kebutuhan dalam hubungannya dengan teknologi pengecoran.

Perencanaan bentuk benda tuangan untuk bentuk-bentuk radius hanya digambarkan posisi serta besarnya radius

Soal-soal :

1. Jelaskan, fungsi dan kegunaan gambar teknik dalam proses produksi ?
2. Sebutkan 3 type penyajian gambar kerja !
3. Apakah alasannya bahwa didalam penyajian gambar ketebalan garis menjadi sangat penting ?
4. Sebutkan jenis proyeksi yang yang digunakan dalam teknik mesin ?
5. Apakah yang dimaksud dengan proyeksi sudut pertama dan proyeksi sudut ketiga ?
6. Apakah pentingnya toleransi ukuran pada gambar teknik ?
7. Jelaskan ketentuan umum dalam penggambaran dan penyajian gambar benda tuangan ?
8. Apakah yang harus ditentukan dalam perancangan suatu produk pengecoran ?
9. Apakah yang dimaksud dengan tanda pengerjaan khusus pada gambar benda tuangan ?
10. Jelaskan alasannya bahwa aspek penyusutan menjadi bagian dari factor gambar dari perencanaan benda tuangan !

DAFTAR PUSTAKA

- As`ad Sungguh, (1983), **Kamus Istilah Teknik**, Kurnia Esa, Jakarta.
- B.J.M Beumer, (1987).**Pengetahuan Bahan Jilid III**, Bhratara Karya Aksara, Jakarta.
- B. Zakharov, (1962), **Heat treatment of metals**, Peace Publishers, Moscow,.
- B.s. Anwir, S. Basir Latif, W. Kaligis, Sidi Bakaroedin, (1953), **Tafsiran Kamus Teknik**, H. Stam-Kebayoran Baru, Jakarta.
- Carroll Edgar, (1965), **Fundamentals of Manufacturing processes and materials**, Addison-weslet publishing company, inc.London.
- Daryanto, (2007), **Energi**, Pustaka Widyatama, Jogjakarta.
- depdiknas RI dirjen pendidikan dasar menengah direktorat pendidikan menengah kejuruan, (2002), **Standar Kompetensi Nasional Bidang Industri Logam dan Mesin**, Jakarta.
- Djiteng Marsudi, (2005), **Pembangkitan Energi Listrik**, Erlangga, Jakarta.
- J.G.C. Hofsteede ir., P.j. Kramer ir. dan S. Zeiruddin,(1977). **Ilmu Mekanika Teknik D**, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Ron Culley (1988), **FITTING AND MACHINING**,TAFE PUBICATION UNIT RMIT Ltd. 37 Langridge Street, Colingwood, Victoria 3066
- Tata Surdia ir.,(1980), **Teknik Pengecoran Logam**, Pradnya paramita, Jakarta.
- Jhon M. Echols dan Hassan Shadily, (1986), **Kamus Indonesia-Inggris**, PT Gramedia, Jakarta.
- **Spesifikasi Geometris Metrologi Industri & Kontrol Kualitas**, Lab. Metrologi Industri-Jurusan Mesin-FTI-ITB.
- MHA Kempster, (1975), **Materials for engineers**, ,hodder and Stoughton, London,.
- W.A.J. Chapman, (1972), **Workshop Technology part 2**, Edward Arnold (publisher) Limited, London.
- , **Bohler Steel Manual**, PT Bohlindo Baja, Jakarta,

DAFTAR ISTILAH (GLOSARI)

Adhesive

Adhesive ialah sifat melekat /menempel/ menyatu dari suatu bahan terhadap bahan lain.

Amunisi

Aminisi ialah perbekalan militer untuk tujuan perang biasanya amunisi ini berupa peluru dan senjata

Allowance

Allowance ialah kelonggaran, Allowance yang digunakan dalam Machine- Allowance dari benda tuangan ini maksudnya adalah kelebihan ukuran dari ukuran nominal yang diberikan bila benda tersebut diselesaikan dengan pekerjaan mesin.

Arc

Arc ialah busur, arc yang dimaksud dalam istilah "arc-welding" adalah las busur atau las listrik dengan menggunakan electrode las , "arc electric furnace" artinya dapur busur nyala api.

Atmospheric

Atmospheric artinya angkasa yang dimaksud dengan Atmospheric pada beberapa paragraph seperti "Atmospheric-corrossion" atau korosi Atmospheric ialah proses persenyawaan beberapa unsur logam dengan berbagai unsur yang terdapat pada udara sehingga membentuk senyawa baru dengan sifat yang lebih buruk dari sifat logam itu sendiri seperti karat.

Brazing spelter

Brazing spelter ialah bahan yang digunakan sebagai bahan pengisi dalam penyambungan dengan sistem patreri keras dengan menggunakan bahan seng.

Bijih

Bijih ialah bahan tambang yang terdiri atas berbagai unsur yang dapat diproses lanjut untuk memperoleh suatu unsur yang diinginkan, misalnya bijih besi ialah bahan mineral yang mengandung unsur besi lebih besar dari unsur-unsur lainnya.

Commutator

Commutator ialah pengatur/pengubah arah pada arus listrik

Chips

Chips atau beram atau tatal yang dihasilkan dari proses penyayatan dari bahan logam dalam pekerjaan mesin

Catridge

Catridge ialah patron yang digunakan sebagai alat pengaman misalnya Sand Catridge ialah alat pemadam kebakaran dengan pasir.

Casting

Casting ialah proses pembuatan benda-benda kerja yang dibentuk dengan cara menuangkan bahan (logam) yang telah dicairkan kedalam cetakan, tetapi Casting ini juga sering digunakan sebagai sebutan terhadap benda yang dihasilkan dari proses penuangan.

Casting-Bronzes

Casting-Bronzes ialah benda tuangan dimana bahan yang digunakannya adalah perunggu (Bronzes) dengan sifat dan komposisi tertentu sehingga Bronzes ini memiliki sifat mampu tuang.

Chemical finishing

Chemical finishing yang dimaksud ialah proses pembentukan benda kerja dengan hasil akhir dari permukaan benda kerja tersebut diberi perlakuan secara kimiawi seperti pelapisan dengan media larutan bahan kimia.

Condenser

Condenser ialah alat penerima dan menyimpan biasanya pada peralatan listrik tetapi dapat juga untuk bahan-bahan lain.

Container

Container ialah wadah atau tempat yang digunakan untuk bahan biasanya berupa kotak atau kaleng kemasan, toples dan lain-lain seperti buah, susu ikan dan lain-lain.

Convertor

Convertor ialah alat pengubah misalnya sistem kerja yang dilakukan dalam proses pembuatan baja melalui dapur convertor atau "Convertor Furnace"

Crude-oil

Crude-oil ialah minyak yang dihasilkan dari proses pengolahan awal yang dapat dioleh dengan menambah atau mengurangi berbagai unsur sehingga dihasilkan minyak yang memenuhi syarat kebutuhan Crude-oil disebut sebagai minyak mentah.

Destilasi

Destilasi ialah proses penguapan yaitu proses perubahan/pe-misahan/pemurnian dari suatu benda kedalam bentuk lain melalui pemanasan sehingga mengalami penguapan, uap ini akan dikembalikan kedalam bentuk padat dengan jenis tertentu secara murni.

Distorsi

Distorsi ialah perubahan bentuk yang disebabkan oleh adanya tegangan dalam yang kuat pada kondisi yang tidak seragam sehingga biasanya distorsi ditandai dengan

adanya keretakan (crack) dibagian tertentu. Distorsi biasanya terjadi dalam perlakuan panas atau terjadi pemanasan yang tidak merata seperti pekerjaan las.

Dominant

Dominant ialah yang paling utama, paling menonjol atau paling banyak, misalnya bijih besi artinya pada unsur mineral ini unsur yang dominan ialah unsur besi.

Elektrolisa

Elektrolisa ialah proses penguraian dengan cara arus listrik.

Electroplating

Electroplating ialah pelapisan dengan menggunakan sistem penguraian dengan tenaga listrik melalui larutan bahan kimia yang dapat berreaksi dengan bahan yang diuraikan dan sebagai media untuk mengalirkannya pada benda yang dilapisi menurut arah gerakan arus listrik.

Electrical contact

Electrical Contact ialah sambungan listrik

Eksplorasi

Eksplorasi ialah proses penelitian, pemeriksaan, penggalian, yang dimaksud disini ialah yang dilakukan pada bahan-bahan tambang atau bahan mineral.

Extraction

Extraction mencabut, atau mengambil dengan suatu gaya atau metoda misalnya proses destilasi.

Filament

Filament ialah kawat yang digunakan sebagai alat pijar yang dibuat dari jenis bahan tertentu yang dapat menahan aliran arus listrik dengan membentuk pijar dalam waktu yang lama serta akan kembali kepada sifat asalnya jika arus listrik diputus.

Grafity

Grafity ialah grafitasi artinya gaya tarik bumi, Grafity die Casting ialah proses pembentukan benda kerja dengan menuangkan logam cair kedalam cetakan, logam cair tadi akan turun dan mengalir kedalam rongga cetakan dengan gaya grafitasi.

Gasket.

Gasket ialah paking atau bahan yang digunakan sebagai perantara dari gabungan suatu benda dengan benda lain dalam perakitan, gasket digunakan sebagai perapat untuk menghindari kebocoran atau getaran.

Garis solidus ialah garis yang terdapat dalam diagram keseimbangan campuran logam atau proses perlakuan panas yang menunjukkan batas padat dan cair dari logam yang disebabkan oleh pemanasan.

Hacksaw Blades

Hacksaw Blades ialah daun gergaji

Hydrothermal

Hydrothermal ialah panas yang terjadi pada air atau zat cair.

Instrument

Instrument ialah pesawat kerja atau peralatan perlengkapan kerja atau perkakas.

Isolator

Material yang digunakan sebagai pemisah atau penyekat

Kawat Thermocouple.

Logam dengan bentuk kawat yang bereaksi karena pengaruh panas

Komersial

Bersifat dagang atau ekonomi “secara komersial” artinya diperdagangkan.

Konsentrat

Konsentrat yang dimaksudkan adalah kepekatan larutan dari beberapa jenis bahan atau unsur bahan.

Konduktifitas

Konduktif ialah memiliki sifat menghantar, merambatkan. Konduktifitas ialah kemampuan atau daya hantar biasanya panas (thermal) atau arus listrik (electrical).

Korosi

Korosi ialah pengikisan/degradasi pada permukaan logam yang disebabkan oleh reaksi kimia dari unsur yang dibawa oleh udara, air, air laut dan lain-lain atau pengaruh lingkungan pada umumnya.

Liquidus

Liquidus ialah keadaan cair dari logam yang disebabkan oleh pemanasan.

Marine Condenser tubes

Marine Condenser tubes ialah tabung yang biasa digunakan dalam penyelaman dasar laut

Magnetic separation

Magnetic Separation ialah pemisahan bahan logam magnetic dari beberapa beberapa jenis bahan non-magnetik. Dengan energi magnetic ini logam magnetic akan diikat dan dipisahkan dari unsur logam lainnya yang non-magnetic. Logam Magnetic ini pada umumnya adalah logam besi.

Mereduksi

Mereduksi ialah meredam, mengurangi atau menurunkan kadar atau derajatnya.

Natural Ageing

Natural Ageing dapat diartikan sebagai mendinginkan, membiarkan pada kondisi tertentu atau mengeringkan atau menyimpan.

Oxidasi

Oxidasi ialah proses persenyawaan antara suatu zat dengan oxygen atau zat asam yang berlangsung sangat lama.

Phase

Phase ialah tingkatan atau tahap atau fasa

Pipa Bourdon

Pipa Bourdon ialah pipa dengan bentuk penampang elips dari bahan tembaga yang tipis yang digunakan sebagai pengukur tekanan dimana perubahan tekanan dapat mengakibatkan pemuaian, gerakan pemuaian ini akan diteruskan melalui sebuah mekanisme untuk menggerakkan jarum penunjuk skala ukur.

Petroleum

Petroleum minyak yang dihasilkan dari bahan mineral atau bahan tambang seperti minyak tanah (kerosene).

Permanent

Permanent ialah keadaan tetap yang tidak dapat diubah

Perakitan

Perakitan ialah penggabungan beberapa komponen menjadi sebuah atau satu unit mesin atau pesawat kerja.

Priming Cap

Priming Cap ialah lapisan pada bagian atas atau penutup atau topi.

Quenching

Quenching ialah proses pendinginan dengan sangat cepat dan tiba-tiba, biasanya dilakukan dalam proses pengerasan baja untuk merubah struktur baja dari Austenite menjadi Martensite. Untuk media pendingin ini biasanya digunakan air.

Radiator

Radiator ialah alat pengatur pancaran yang digunakan dalam pesawat pendingin atau pemanas.

Rare earth-metal

Rare earth-metal ialah unsur logam yang sangat langka diperoleh didalam bumi

Refrigerator

Refrigerator ialah pesawat pendingin

Rekristalisasi

Rekristalisasi ialah perubahan bentuk dari larutan kedalam bentuk butiran (kristal atau hablur) untuk pemadatan dan masih dibatasi oleh susunan atom tertentu.

Rolling

Rolling ialah pembentukan produk bahan logam ke dalam bentuk tertentu oleh gerakan roll untuk menekan atau mengepres dengan pola tertentu. Bahan yang dibentuk ini dapat dilakukan pada bahan dalam keadaan panas atau dingin.

Forging

Forging ialah pembentukan produk bahan logam kedalam bentuk tertentu oleh gerakan Tempa untuk menekan atau mengepres pada kecepatan tinggi (memukul) dengan pola tertentu. Bahan yang dibentuk ini dapat dilakukan pada bahan dalam keadaan panas atau dingin.

Solid solution

Solid solution ialah "larutan padat" yakni unsur-unsur yang terdapat didalam logam berada dalam keadaan bebas dengan hanya sedikit ikatan atom, namun bahan tersebut masih dalam bentuk semula, pada baja keadaan ini berada diatas temperatur 723°C tergantung dari jenis bajanya.

Season crack

Season Crack ialah suatu keadaan yang kritis dimana memungkinkan bahan (Cast) akan mengalami atau biasanya terjadi keretakan.

shell case

Shell case ialah tempat yang berbentuk tabung atau bejana.

Signifikan

Signifikan ialah sangat berarti atau berpengaruh besar.

Switches.

Switches ialah tombol-tombol atau stop kontak atau saklar.

Silver solders

Silver solders ialah metode dalam penyambungan pateri dengan menggunakan silver (perak)

Sintering

Sintering ialah pembentukan benda kerja dengan cara mencetak bubuk berbagai material dengan komposisi tertentu (Powder-Metallurgy)

Slag

Slag atau terak ialah bagian material yang dihasilkan dari proses peleburan, karena berbeda sifat maka Slag akan mengendap atau terpisah dari unsur lainnya.

Tar

Tar ialah jelaga yang dihasilkan dari proses pengasapan dimana terdapat berbagai unsur yang tidak terbakar dan terbawa oleh asap.

Turning

Turning ialah proses pekerjaan dengan menggunakan mesin bubut.

DAFTAR GAMBAR

1.1	Polythene yakni polymer yang terdiri atas 1200 atom karbon pada setiap 2 atom hidrogen	2
1.2	Panjang rantai ikatan polimerisasi bahan plastik	3
1.3	Bentuk Ikatan kuat rantai Atom-atom	3
1.4	Poly (Vinyl chloride acetate)	4
1.5	Ikhtisar bahan-bahan teknik	10
1.6	Diagram titik cair dari beberapa jenis logam	25
1.7	Bagian dari diagram keseimbangan paduan tembaga chrom (Chromium-copper)	30
1.8	Diagram keseimbangan dari paduan tembaga-beryllium (Copper-beryllium)	31
1.9	Bagian dari diagram keseimbangan dan microstruktur dari paduan tembaga seng	33
1.10	Bagian dari diagram keseimbangan paduan tembaga timah putih (Copper-tin) dan microstrukturnya	38
1.11	Bagian dari diagram keseimbangan paduan tembaga-aluminium (Copper-aluminium)	41
1.12	Diagram keseimbangan dari paduan tembaga nikel (Cooper-nickel)	43
1.13	Proses pembuatan aluminium	46
1.14	Diagram keseimbangan dari paduan aluminium-magnesium	48
1.15	Bagian dari diagram keseimbangan paduan aluminium-silikon	50
1.16	Bagian dari diagram keseimbangan paduan aluminium – copper	52
1.17	Diagram paduan nikel	62
1.18	Bagian dari diagram keseimbangan paduan seng-aluminium	63
1.19	Bagian dari diagram keseimbangan paduan magnesium-aluminium	67
2.1	Proses pengolahan bijih besi (<i>Iron Ores</i>) pada dapur tinggi (<i>Blast Furnace</i>)	72
2.2	Diagram kandungan unsur logam di dalam perut bumi(%)	74
2.3	Diagram pengaruh kandungan karbon terhadap pembentukan besi	78
2.4	Diagram aliran pembentukan logam sebagai bahan baku produk	82
2.5	Persyaratan sifat mekanik dari baja karbon sesuai dengan fungsinya	83
2.6	Converter bessemer	87

2.7	Proses oksigen pada dapur basa untuk pemurnian besi kasar (pig Iron)	88
2.8	LD top blown converter	89
2.9	Rotor mixed blown converter	90
2.10	Kaldo top blown converter	91
3.1	Diagram alur pembuatan besi tuang (cast Iron).....	95
3.2	Dapur cupola type pembakar kokas	97
3.3	Dapur udara atau dapur api (reverberatory furnace)	97
3.4	Dapur putar (rotary furnace)	98
3.5	Electric furnace indirect sistem	98
3.6	Electric furnace direct system.....	98
3.7	Diagram Keseimbangan besi – karbon (FeC).....	100
3.8	Menempatkan “Chill-Iron” untuk pengendalian keseragaman struktur besi tuang	101
3.9	Potongan atas dari “closed-die forging press” suatu produk tuangan (cross head) yang besar	102
3.10	Steel Casting bahan roda gigi	102
3.11	Contoh bentuk benda tuangan yang kompleks	103
3.12	Penyetelan cor (inti) di dalam pit moulding	103
3.13	Penuangan pada pengecoran ukuran besar.....	103
3.14	Ikhtisar besi tuang	104
3.15	Penuangan bahan cor seberat 100 ton dari dapur listrik ..	105
3.16	Penuangan bahan cor seberat 190 ton	105
3.17	Grey cast iron : flakes graphite pada struktur pearlite	108
3.18	White cast iron cementite dan pearlite	108
3.19	White Malleable Cast Iron Ferrite (putih) dan Pearlite	109
3.20	Black heart malleable cast iron : ferrite (putih)	109
3.21	Black heart malleable cast iron ferrite (hitam)	110
4.1	Diagram perbandingan antara temperatur dengan waktu pendinginan dalam proses pemadatan	121
4.2	Diagram perbandingan antara Temperatur dengan waktu pendinginan dalam proses pemadatan	121
4.3	Diagram perbandingan antara Temperatur dengan waktu pendinginan dalam proses pemadatan	122
4.4	Diagram keseimbangan thermal untuk logam “A” dan Logam “B”	124
4.5	Diagram keseimbangan thermal untuk Logam “A” dan Logam “B”	125
4.6	Diagram keseimbangan untuk dua jenis logam larut secara penuh disetiap proporsi dalam keadaan padat	126
4.7	Diagram keseimbangan untuk dua jenis logam tidak larut secara penuh di dalam larutan padat	128
4.8	Diagram keseimbangan untuk dua jenis logam dengan batas larutan di dalam larutan padat	129
4.9	Diagram keseimbangan untuk dua jenis logam dengan	

	bentuk campuran antar logam (Intermetallic compound) ..	132
4.10	Diagram keseimbangan logam A	132
4.11	Diagram keseimbangan logam A	132
4.12	Diagram keseimbangan dimana reaksi peritectic mengambil tempat	134
5.1	Bagan/lkhtisar bahan teknik dari unsur logam	141
5.2	Pembentukan logam menjadi bahan baku produk	142
6.1	Cetakan penuangan.....	147
6.2	Penguat cetakan.....	150
6.3	Rangka cetakan kayu	151
6.4	Rangka cetakan baja	151
6.5	Panci tuang	153
6.6	Bentuk benda kerja dan bentuk cetakan	155
6.7	Piringan rem (disk brake)	156
6.8	Cetakan dengan penguatan untuk model seluruhnya pada drag (cetakan bawah)	157
6.9	Cetakan fibre untuk model inti	159
6.10	Susunan Model dan inti (teras) untuk pengecoran piringan rem (disk brake)	160
6.11	Kedudukan pola Model dan inti didalam cetakan	160
6.12	Drag pada kedudukan yang sebenarnya	161
6.13	Blank roda gigi lurus	163
6.14	Posisi cetakan dari bentuk cetakan blank roda gigi lurus .	164
6.15	Pembentukan pola (pattern) pada Mesin bubut	165
6.16	Pembuatan pola Inti (pasir).....	166
6.17	Model (pola) Inti (teras) dari pasir cetak hasil pencetakan	167
6.18	Pembuatan cetakan dan inti (core)	167
6.19	Plat (papan) landasan	168
6.20	Kedudukan pola dan inti pada cetakan bawah (drag) di dalam rangka cetak.....	168
6.21	Pengisian pasir cetak pada cetakan bawah (drag)	169
6.22	Pengisian pasir cetak tahap ke 2 pada cetakan bawah (drag)	170
6.23	Pengisian pasir cetak tahap ke 2 pada cetakan bawah (drag)	170
6.24	Pengisian pasir cetak tahap ke 2 rata pada rangka cetakan bawah (drag)	171
6.25	kedudukan pola dan inti pada cetakan bawah (drag) di dalam rangka cetak.....	172
6.26	Penempatan pola dan pola inti pada cetakan atas (cope).	172
6.27	Posisi saluran-saluran pada cetakan atas dengan sistem saluran tidak langsung	173
6.28	Posisi cetakan atas dan cetakan bawah serta salurannya.....	174

6.29	Proses penuangan	175
6.30	Membuat cetakan dengan menggunakan mesin cetak ...	176
6.31	Diagram hubungan antara kadar karbon dengan temperatur awal pencairan dan ahir pencairan	178
6.32	Konstruksi Dapur Kupola	180
6.33	Dapur Induksi Krus	183
6.34	Dapur Induksi dengan sistem saluran	184
6.35	Proses penuangan (pengecoran)	187
6.36	Prinsip pengecoran dengan centrifugal secara vertikal dan semi centrifugal	188
6.37	Metode pengecoran sentrifugal	188
6.38	Prinsip dasar penuangan berlanjut (continouos casting) ..	189
6.39	Prinsip dasar penuangan berlanjut (continouos casting) langkah pembuatan cetakan (mould) pada sistem shell moulding	190
6.40	Langkah pembuatan cetakan (mould) pada sistem shell moulding	191
6.41	Pressure die casting	193
6.42	Skematik diagram dari proses <i>injection molding</i>	193
6.43	Electric witch component	194
6.44	Tuner housing untuk suku cadang	194
6.45	Valve assy	195
6.46	Vacum – Furnace	196
6.47	“Land-base turbine airfoils” salah satu produk pengecoran dengan metoda investment casting	197
6.48	Struktural hardware air-cast alloy salah satu produk pengecoran precision casting dengan metoda lvestment casting	197
6.49	Large airfoil component dibuat dari bahan cobalt salah satu produk pengecoran precision casting.....	198
6.50	“Turbine-Nozle” salah satu produk pengecoran	198
6.51	Turbine-wheel” salah satu produk pengecoran	201
6.52	Tambahan bentuk penguatan untuk pelengkungan	202
6.53	Pengurangan ukuran	202
6.54	Tambahan keluar	202
6.55	Saluran langsung	203
6.56	Saluran bawah	203
6.57	Saluran cincin	204
6.58	Saluran pisah	204
6.59	Saluran terompet	205
6.60	Saluran pensil	206
6.61	Saluran baji	207
6.62	Saluran bertingkat	208

6.63	Bagian-bagian saluran-saluran tambahan	209
6.64	Bagian-bagian saluran bawah	211
6.65	Chill batang (chill Jarum)	212
6.66	Menentukan ukuran diameter chill batang	212
6.67	Menentukan ukuran diameter	213
6.68	Chill batang dengan lilitan	213
6.69	Benda seperti gambar di atas	214
6.70	Chill luar samping	214
6.71	Chill luar dasar	215
6.72	Pemakaian chill luar dan chill Luar dasar	216
6.73	Perbandingan antara ukuran diameter chill dengan ketebalan bahan pada bentuk "T"	216
6.74	Pemakaian chil pada bentuk benda bersilang "X"	217
6.75	Cetakan logam sebagai chill	218
6.76	Alat bantu mekanik (mesin gerinda tangan)	218
6.77	Semprotan pasir pasir	219
6.78	Water injection method	220
6.79	Water shroud method	220
6.80	Water curtain	221
6.81	Ventury method	221
7.1	Pengukuran dengan mikrometer	227
7.2	Pengukuran tak langsung	227
7.3	Pengukuran tak langsung	228
7.4	Pengukuran tak langsung	228
7.5	Pengukuran tak langsung	228
7.6	Penggores	229
7.7	Pemakaian penggores	229
7.8	Jangka tusuk	230
7.9	Jangka bengkok	231
7.10	Penyetelan posisi jangka tusuk pada mistar baja	231
7.11	Pemakaian jangka tusuk	231
7.12	Jangka banci atau jangka ganjil	232
7.13	Jangka banci atau jangka ganjil	232
7.14	Jangka banci digunakan untuk menentukan titik pusat	233
7.15	Penyetelan dengan jangka ganjil dengan kaki terbalik	233
7.16	Menggores sejajar bagian dalam	233
7.17	Menggores sejajar bagian luar	233
7.18	Trammel (jangka batang	233
7.19	Mata penggores (rod)	234
7.20	Penyetelan Trammels pada mistar baja	234
7.21	Universal surface gauges	234
7.22	Surface gauges sederhana	235

7.23	Universal surface gauges dalam menyetel ketinggian pada "combination set"	235
7.24	Surface gauges dalam pekerjaan melukis garis pada benda kerja	236
7.25	Surface gauges dalam pekerjaan mencari titik pusat	236
7.26	Surface gauges dalam pekerjaan melukis garis pada benda kerja	236
7.27	Surface gauges dalam pekerjaan menentukan posisi alur pasak	236
7.28	Prick punch (sudut penitik 90 ⁰)	237
7.29	Center punch (sudut penitik 90 ⁰)	237
7.30	Automatic Punch	238
7.31	Bell punch	238
7.32	Mistar sorong (vernier caliper)	239
7.33	Mengukur panjang skala Nonius, Contoh panjang skala Nonius 39 mm	240
7.34	Harga ukur setiap divisi pada mistar sorong dengan satuan Inchi dan ketelitian 1/1000	242
7.35	Mikrometer luar (Outside mikrometer)	245
7.36	Harga ukur dalam setiap divisi mikrometer dengan satuan millimeter	246
7.37	Skala ukur mikrometer dengan satuan inchi	247
7.38	Skala ukur Mikrometer dengan satuan Inchi	247
7.39	Mikrometer luar (outside mikrometer) pada satuan milimeter dengan satuan Inchi	247
7.40	Membaca mikrometer dengan satuan milimeter	248
7.41	Membaca mikrometer dengan satuan milimeter	248
7.42	Membaca mikrometer dengan satuan milimeter	248
7.43	Membaca mikrometer dengan satuan inch	249
7.44	Membaca mikrometer dengan satuan inch	249
7.45	Proses pengukuran dengan Mikrometer	249
7.46	Pengukur tinggi (vernier height gauge) dan nama bagiannya	250
7.47	Pengukur Tinggi dapat digunakan dalam memeriksa ketinggian lubang senter	251
7.48	Pengukur Tinggi dapat digunakan dalam mengukur tinggi permukaan benda kerja	251
7.49	Memeriksa kelurusan test bar dengan bantuan dial test Indikator	251
7.50	Memeriksa kelurusan test bar dengan bantuan dial test Indicator	252
7.51	Penandaan benda kerja (marking out of work)	253
7.52	Penandaan benda kerja (marking out of work)	253
7.53	Penandaan benda kerja (marking out of work)	253

7.54	Penandaan benda kerja (marking out of work)	253
7.55	Garis sumbu (centre lines)	254
7.56	Sketsa (outlines)	254
7.57	Precision cast iron marking-out tabel	255
7.58	Precision granite marking-out tabel	255
8.1	Penerapan berbagai tipe dari garis	260
8.2	Penunjukkan pandangan pada proyeksi sudut ketiga	261
8.3	Penunjukkan pandangan pada proyeksi sudut pertama ...	262
8.4	Satu buah pandangan cukup menggambarkan dimensi benda kerja	262
8.5	Penunjukkan pandangan pembantu (auxiliary view)	263
8.6	Penunjukkan pandangan sebagian	263
8.7	Proyeksi Isometrik (Isometric Projection)	264
8.8	Jaringan terpotong pada dua posisi	266
8.9	Pemotongan setempat	266
8.10	Jaringan tidak terpotong sebagian dan lubang diperlihatkan pada bagian bidang	266
8.11	Tanda pemotongan bidang dihilangkan	267
8.12	Pemotongan setengah bagian	267
8.13	Bagian revolved	267
8.14	Interposed section	268
8.15	Bagian dipindahkan	268
8.16	Kelebihan ukuran panjang diberikan (87) tanda bantu (Auxiliary dimension)	272
8.17	Ukuran dan champer	273
8.18	Gambar dengan dimensi pada tabel	274
8.19	Tampilan ukuran gambar pada tabel	274
8.20	Tanda sama dengan (=)	275
8.21	Tanda dua mata panah (double arrowhead)	276
8.22	Garis sumbu (Centrelines).....	276
8.23	Titik khayal hubungan antar bagian ditegaskan dengan titik bagian ujung	277
8.24	Pemakaian tanda titik (Dot) referensi ukuran permukaan Curve	277
8.25	Ukuran dari garis referensi umum	278
8.26	Contoh gambar untuk produk tuangan (Blank roda gigi)...	281
8.27	Bentuk-bentuk sudut dari produk tuangan	281
8.28	Disain bentuk produk tuangan	282
8.29	Modellriss Skala 1:1	282
8.30	Penentuan posisi gambar menurut proses pemesinannya.....	283
8.31	Penentuan posisi gambar menurut proses perakitannya...	283
8.32	Penentuan posisi gambar menurut Posisi perletakannya	284

	pada cetaka	
8.33	Benda tuangan yang tidak akan mengalami proses pemésinan	284
8.34	Benda Tuangan dalam bentuk produk sebenarnya	285
8.35	Benda Tuangan dengan penambahan ukuran	285
8.36	Tanda gambar kekasaran permukaan	286
8.37	Pembentukan casting untuk pengerjaan permukaan pada bentuk radius	287
8.38	Grafik penambahan ukuran untuk bidang atau lobang untuk bahan cor baja tuang, besi tuang dan logam	288
8.39	Contoh penyusutan 1,2 % pada bahan FCD	290
8.40	Sudut tuangan	290
8.41	Kemiringan pada sirip	291
8.42	Bentuk kemiringan pada sirip	292
8.43	Jenis sudut tuangan	293
8.44	Radius tuangan	294
8.45	Radius tuangan R8/R4	295
8.46	Perubahan ketebalan pada benda kerja	296
8.47	Ukuran kesatuan bentuk	297
8.48	Ukuran bentuk dasar	298
8.49	Ukuran posisi komponen	297
8.50	Ukuran fungsi, non fungsi dan pembentukan	300
9.1	Contoh gambar kerja dari bahan besi tuang (casting)	308
9.2	Mesin bubut dengan bagian-bagian utamanya	310
9.3	Chuck rahang 3	311
9.4	Penjepitan benda kerja dengan chuck rahang 3 Universal dengan rahang terbalik	311
9.5	Penjepitan benda kerja dengan chuck rahang 3 universal dengan posisi normal	311
9.6	Produk pengecoran untuk dikerjakan lanjut pada mesin bubut	312
9.7	Penyetelan benda kerja dalam pemasangannya pada chuck rahang 4 independent	312
9.8	Chuck rahang 4 (chuck (independent)	312
9.9	Melepas chuck dari screw spindle nose	312
9.10	Benda kerja dicekam dengan jaw pada posisi normal	313
9.11	Benda kerja dicekam dengan jaw pada posisi terbalik	313
9.12	Chuck rahang 4 independent	314
9.13	Pemeriksaan kebenaran putaran dengan surface gauge.	314
9.14	Pengukuran sebelum pembubutan muka	314
9.15	Penyetelan benda kerja dengan menggunakan dial indikator	316
9.16	Penyetelan akhir dengan pemukulan palu lunak	316

9.17	Penyetelan dengan pergeseran rahang	317
9.18	Pengetelan benda kerja dengan bantuan palu lunak	318
9.19	Posisi ujung benda tuangan pada alur rahang chuck	319
9.20	Penandaan	319
9.21	Dudukan bearing bahan	319
9.22	Jarak kebebasan terhadap permukaan chuck	320
9.23	Benda tuangan	321
9.24	Boring cover plat	321
9.25	Permukaan dalam untuk penyetelan	322
9.26	Counter balancing benda kerja pada chuck	323
9.27	Pemasangan benda kerja dengan face plate	324
9.28	Pemasangan benda kerja dengan menggunakan klem	325
9.29	Pemakaian <i>face plate</i> pada yang telah dikerjakan (dimachining)	325
9.30	Pemasangan benda kerja pada <i>face plate</i>	326
9.31	Pemasangan benda kerja dengan kedudukan blok siku ..	328
9.32	Pemasangan <i>bearing set</i> pada face plate	328
9.33	Pahat bubut	329
9.34	Pahat bubut menggunakan pegangan	330
9.35	Sisi potong tunggal pada kikir	330
9.36	Sudut sayat pada pahat bubut	331
9.37	Sisi sayat normal	332
9.38	Kemiringan pahat bubut	333
9.39	Kemiringan sisi sayat terhadap dimensi pahat bubut.....	334
9.40	Bentuk hasil pengasahan pahat bubut	335
9.41	Kebebasan sisi pemotong dan kebebasan muka pada pemotongan dengan pahat bubut	336
9.42	Pendekatan sudut dan sisi sudut potong	337
9.43	Proses pemotongan pahat bubut	338
9.44	Sudut sayat dan sudut bebas	339
9.45	Sisi potong pahat bentuk radius	339
9.46	Kebebasan muka dan tepi pada pahat bubut	340
9.47	Proses penyayatan pahat bubut	341
9.48	Proses penyayatan pahat sekrap	342
9.49	Ilustrasi klasifikasi insert	350
9.50	Grafik umur pakai pahat bubut	351
9.51	Rentang kecepatan putaran pada spindle	353
9.52	Cutting speeds nomogrametric	354
9.53	Mesin frais universal	356
9.54	Mesin frais vertical	357
9.55	Mesin frais vertical	358
9.56	Mesin frais horizontal CNC	359

9.57	Mesin frais vertikal CNC	359
9.58	Mesin frais vertikal CNC	358
9.59	Mesin frais vertikal CNC	361
9.60	Mesin <i>frais turet</i>	362
9.61	Berbagai pengikat (fixture) benda kerja dalam proses pembentukan dengan mesin frais.....	363
9.62	Casting dari <i>bracket</i> dan <i>cup</i> sebagai contoh pekerjaan pengefraisan	364
9.63	T- Slots pada meja mesin frais	364
9.64	Pemakaian T-Sloot dalam memegang benda kerja	366
9.65	Pemasangan benda kerja bulat	367
9.66	Pemasangan benda kerja langsung di atas meja mesin	368
9.67	Swivel angle plat	368
9.68	Cross sliding table	369
9.69	Adjustable universal angle plate.....	369
9.70	Ragum mesin frais	369
9.71	Ragum mesin frais datar	370
9.72	Ragum mesin frais datar	370
9.73	Ragum mesin frais dengan posisi yang dapat diputar	370
9.74	Ragum mesin frais dengan posisi yang dapat diputar pada posisi datar	371
9.75	Pisau frais datar (plain milling cutter)	371
9.76	Pisau frais datar	372
9.77	Pisau frais datar (plain cutter) sudut kisa 30 ⁰	372
9.78	Pisau frais datar (plain cutter) sudut kisa 35 ⁰	373
9.79	Shell end mill cutter	373
9.80	Shell end mill cutter	374
9.81	Face mill cutter	374
9.82	Side face end mill cutter	375
9.83	Pemakanan mengangkat (up cut)	376
9.84	Down-cut.....	376
9.85	Penggunaan cutter pada dimensi pekerjaan	380
9.86	Pengefraisan dua bidang dengan pisau (cutter) yang berbeda	380
9.87	Proses pengerjaan benda kerja	381
9.88	Pengefraisan bidang datar	382
9.89	Casting, bahan benda kerja "Sliding-vee"	383
9.90	Proses pengerjaan bidang 1	383
9.91	Proses pengerjaan bidang 2	384
9.92	Proses pengerjaan bidang 3	384
9.93	Proses pengerjaan bidang 4	385
9.94	Pemasangan <i>end mill</i> pada chuck	385

9.95	Pengerjaan finishing	386
9.96	Pembentukan profil "VEE" dengan menggunakan <i>end mill cutter</i>	387
9.97	Pembuatan alur dengan menggunakan <i>side and face cutter</i>	388
9.102	Diagram alur sistem pesawat kerja	390
9.103	Konstruksi umum mesin EDM serta bagian-bagiannya.....	391
9.104	Mesin EDM yang dikontrol dengan sistem computer	392
9.105	Mesin EDM yang dikontrol dengan sistem computer	393
9.106	Sistem sirkulasi <i>dielectric fluid</i>	394
9.107	<i>Electrode holder of machine tool</i>	395
9.108	Macam-macam alat ukur kedalaman	396
9.109	Metode pembilasan (<i>flushing-method</i>)	398
9.110	<i>Continouos injection</i>	399
9.111	Pengisapan	400
9.112	Pengikisan secara elektrik	403
9.113	Proses pembilasan	404
10.1	Mesin uji kekerasan shore scleroscope. a. tipe SH-D	412
10.2	Mesin uji kekerasan shore scleroscope. b. tipe SH-C ...	412
10.3	Mesin uji kekerasan shore scleroscope. c. tipe PHS-3 ...	414
10.4	Mesin uji kekerasan brinell	415
10.5	Posisi penekanan dengan indentor dalam pengujian kekerasan brinell	417
10.6	Mesin uji kekerasan vickers	420
10.7	Mesin uji kekerasan vickers	421
10.8	Posisi indentor dalam pengujian kekerasan vickers	421
10.9	Posisi indentor dalam pengamatan dibawah mikroscope .	422
10.10	Illustrasi bentuk indentasi pada permukaan spesimen setelah pangujian	423
10.11	Bidang-bidang geometris pada diamond indentation	426
10.12	Konstruksi pesawat uji kekerasa rockwel	426
10.13	Konstruksi pesawat uji kekerasa rockwel	427
10.14	Konstruksi pesawat uji kekerasa rockwel	427
10.15	Konstruksi pesawat uji kekerasa rockwel	429
10.16	Ball Indentor pada posisi siap menekan	429
10.17	Diamond Indentor pada posisi siap menekan	429
10.18	Diamond (a) Ball (b) Indentor pada posisi menekan	430
10.19	Diamond (a) Ball (b) Indentor pada posisi menekan dengan beban Mayor	430
10.20	Diamond (a) Ball (b) Indentor pada posisi menekan hanya dengan beban minor	431
10.21	Standar bahan uji plat menurut British Standard	434
10.22	Standar bahan uji bulat (round) menurut British Standard	434
10.23	Konstruksi umum dari mesin uji tarik	438
10.24	Konstruksi umum dari mesin uji tarik	438
10.25	Diagram tegangan regangan	439

10.26	Prilaku baja lunak dalam proses pengujian tarik	441
10.27	Dimensi standar bahan uji proporsional menurut Dp-10 ...	443
10.28	Dimensi standar bahan uji proporsional menurut Dp-10 dibentuk pada mesin perkakas	443
10.29	Tanda pembagian sepanjang Lo contoh : pembagian pada 20 bagian	443
10.30	Pengukuran panjang setelah patah	444
10.31	Pembebanan lengkung dalam pengujian lengkung (bend test)	444
10.32	Pengaruh pembebanan lengkung terhadap bahan uji (spesiment)	445
10.33	Momen lengkung (Mb)	446
10.34	Defleksi	446
10.35	Kedudukan bahan uji dalam pengujian lengkung beban ..	448
10.36	Dimensi spesimen pengujian lengkung perubahan bentuk	449
10.37	Kedudukan spesimen pada landasan	450
10.38	Pembebanan dalam pengujian lengkung	451
10.39	Penekanan pada landasan hingga membentuk 180 ⁰ dengan bantuan balok pengisi.....	451
10.40	Pengujian lengkung tunggal	451
10.41	Pengujian bengkokan tunggal	452
10.42	Gerak bengkokan 180 ⁰	452
10.43	Gerak bengkokan 90 ⁰	452
10.44	Bahan uji "Izod"	453
10.45	Kedudukan Bahan	454
10.46	Spesifikasi bahan uji charphy	454
10.47	Kedudukan bahan	455
10.48	Mesin uji puku takik (Impact testing machine)	455
10.49	Dasar penentuan daya dalam pengujian pukul takik (Impact test)	456
10.50	Sambungan tunggal	457
10.51	Sambungan ganda	457
10.52	Gaya geser pada sambungan dikeling ganda	458
10.53	Pemeriksaan cacat dengan spectromagnetic	460
10.54	Keadaan cacat dari pipa : keretakan pada bagian dalam pipa baja –AISI 52100	461
10.55	Keadaan cacat dari pipa : keretakan pada bagian	461
10.56	Pemeriksaan cacat dengan sinar- X pada hydraulic turbin.	463
10.57	Pemeriksaan cacat pada pipa dengan spectromagnetic ..	464
10.58	Prinsip dasar pemeriksaan cacat dalam dengan ultra sonic	465
10.59	Microstruktur dari besi tuang (cast iron) setelah pemanasan dan didinginkan dengan udara pembesaran 500X ...	467
10.60	Microstruktur ari besi tuang (cast iron)setelah	468

	pemanasan dan di quenching dengan H ₂ O pembesaran 500X	
10.61	Struktur nodular graphite-iron di etsa dengan nital dengan pemeriksaan mikroskopis pada pembesaran 100X	468
10.62	Standar sample untuk besi tuang putih (White cast-iron) dengan pembesaran 200 X	469
10.63	Struktur dari baja AISI 4340 dalam struktur bainite tinggi diperbesar 1000 X	469
10.64	Struktur dari baja AISI 4340 dalam struktur bainite rendah diperbesar 1000 X	470
10.65	Struktur dari baja AISI 4340 dalam struktur bainite rendah diperbesar 2000 X	470
10.66	Struktur martensite dari baja AISI 4340 ditemper dengan temperatur 400 ⁰ F diperbesar 1000 X	471
10.67	Struktur martensite dari baja AISI 4340 ditemper dengan temperatur 400 ⁰ F diperbesar 32000 X	471
10.68	Struktur baja SAE 52100 setelah proses hardening diperbesar 10000 X	472
11.1	Circular saw	476
11.2	Radial arm saw	476
11.3	Bench Table Saw.....	476
11.4	Tilting arbor Saw.....	477
11.5	Radian Arm Saw	477
11.6	Wood lathe (Mesin bubut kayu).....	478
11.7	Jig Saw	478
11.8	Membelah/memotong kayu dengan Jig Saw	479
11.9	Hand Grinder	479
11.10	Membentuk benda kayudengan hand grinder	480
11.11	Casting	481
11.12	Wood workers plain screw vice	482
11.13	Quick action vice	482
11.14	Saw vice.....	483
11.15	"T"-bar clamp	483
11.16	Quick action clamp	484
11.17	Forged Steel "G"-Clamp	484
11.18	Gergaji tangan (handsaws)	485
11.19	Memotong menggunakan gergaji tangan (handsaws)	485
11.20	Gergaji tangan (handsaws) type busur (bowsaw).....	486
11.21	Pahat tetap (chisel firmer)	486
11.22	Palu (mason's club hammer)	487
11.23	Pahat bubut kayu (wood turning tool)	487
11.24	Pahat ukir (wood carving tool)	488
11.25	Bor dengan operasi manual bits brace long twist ring auger	489

11.26	Mistar gulung (roll meter)	490
11.27	Penyiku (caliber square) dan combination set	490
11.28	Marking gauge dan Cutting gauge	491
11.29	Screwdrivers	491
11.30	Casting	492
11.31	Model (pattern)	492
11.32	Model bagian 1	493
11.33	Model bagian 2	493
11.34	Gabungan model bagian 1 dan model bagian 2	493
11.35	<i>Casting</i>	493
11.36	<i>Model bagian</i>	494
11.37	Model bagian 3	494
11.38	Model bagian 1, 2, dan 3	494
12.1	Skematik komponen pada system pesawat.....	496
12.2	Instalasi Pusat Listrik Tenaga Air.....	497
12.3	Proses Konversi energy dari Diesel engine ke energy listrik pada generator listrik.....	497
12.4	Proses Konversi energy dari Diesel engine ke energy listrik pada generator listrik.....	498
11.39	Bagian-bagian utama generator listrik.....	498
11.40	Skema pesawat kerja untuk system penerangan mesin Electrical Power pack dengan konversi pada Hyd.sys.....	499
11.41	Skema pesawat kerja untuk system penerangan mesin Electrical Power pack , Electrical working element	500
11.42	Skema pesawat kerja untuk system penggerak utama mesin bubut Electrical Power dengan konversi pada Mechanical Power pack dan Mechanical working element	500
12.5	Elemen transmisi dan elemen control system kerja Mekanik.....	501
12.6	Elemen control system kerja mekanik.....	501
12.7	Working elemen pada system kerja Mekanik (mesin bubut)	502
12.8	Elektro motor sebagai pengubah energy listrik menjadi energi Mekanik (mesin bubut)	504
12.9	Elektro motor sebagai pengubah energy listrik menjadi energi Mekanik (mesin bubut).....	505
12.10	Elektro motor sebagai pengubah energy listrik menjadi energi Mekanik yang diperlengkapi dengan system transmisi.....	506
12.11	Elektro motor sebagai pengubah energy listrik menjadi energi Mekanik yang diperlengkapi dengan system transmisi (gear speed reducer).....	506

12.12	Worm gear Transmission reducer.....	507
12.13	Variable speed Worm gear Transmission reducer.....	507
12.14	Transico cicloidal Speed reducer.....	508
12.15	Compression Coupling.....	508
12.16 a	Flexible Coupling-Disk/of driver- type.....	508
12.20b	Bagian-bagian Flexible Coupling-Disk/of driver- type.....	509
12.17 a	Flexible Coupling precision pin and rubber ring-type.....	509
12.21b	Bagian-bagian Flexible Coupling precision pin and rubber ring-type.....	509
12.18	Hercus-gear” Flexible Coupling.....	510
12.19 a	Flexible Coupling-Flexicross – type.....	510
12.23b	Bagian-bagian Flexible Coupling-Flexicross – type.....	510
12.20	Dog-tooth Clutch.....	511
12.21	Universal Joints.....	512
12.22	one-type Clutch.....	512
12.23	Expanding-type clutch.....	513
12.24	Plate-type Clutch.....	513
12.25	Sprag-type Clutch.....	514
12.26	Standar dimensional untuk sabuk “V”.....	518
12.27	Dimensional alur V pada pulley.....	519
12.28	3 Jenis Precision steel roller chains Simple; Duplex dan Triplex.....	521
12.29	Komponen-komponen dari roller chain.....	521
12.30	Sprocket komponen dari roller chain.....	523
12.31	Kesejajaran Permukaan sprocket terhadap porosnya.....	524
12.32	Penyetelan dengan pergeseran poros	524
12.33	Penyetelan dengan pergeseran poros.....	525
12.34	Penyetelan dengan Idler.....	525
12.39	Perhitungan jarak kelonggaran.....	525
12.40	Jarak kelonggaran (A) mm.....	526
12.41	Pengukuran rantai (Chain).....	527
12.42	Berbagai jenis dan karakteristik rantai (chains).....	528
12.43	Silent chains.....	529
12.44	<i>Toothed belt</i>	529
12.45	Berbagai jenis dan bentuk profil yang diperdagangkan. Macam-macam jenis kaca mata pengaman	529 533
13.1	Masker	534
13.2	Sarung tangan kulit	534
13.3	Penutup telinga	535
13.4	Safety Shoes	535
13.5	Helmet dengan kaca bening	536
13.6	Safety helmet	537

13.7	Pakaian tahan api	537
13.8	.....	538
13.9	Mengangkat secara manual.....	540
13.10	Baik dan salah cara berpakaian dalam bekerja.....	542
13.11	.....	543
13.12	.....	544
13.13	.....	545
13.14	Keamanan dalam menggerinda serta perlindungan dengan kaca mata	546
13.15	.....	547
13.16	.....	548
13.17	Tabung pemadam kebakaran	549

DAFTAR TABEL

Tabel		Simbol dan definisi	59
Tabel	1.1	Paduan "A"	64
Tabel	1.2	Paduan "B"	64
Tabel	3.1	Low temperatur cast Iron	114
Tabel	5.1	Spesifikasi baja " BÖHLER"	139
Tabel	6.1	Berat Jenis, titik Cair dan koefisien kekentalan	179
Tabel	6.2	Batu tahan api dan cara pemasangannya	185
Tabel	6.3	Tambahan ukuran penyusutan	199
Tabel	6.4	Tambahan ukuran untuk benda tuangan besi untuk penyelesaian mesin (machining).....	200
Tabel	6.5	Tambahan ukuran untuk benda tuangan bukan besi (casting non-iron) untuk penyelesaian mesin (machining)	200
Tabel	6.6	Tambahan ukuran untuk benda tuangan baja (casting steel) untuk penyelesaian mesin (machining)	201
Tabel	6.7	Perbandingan antra berat tuangan dengan ukuran diameter dan jumlah saluran	206
Tabel	6.8	Perbandingan antara berat coran dengan ukuran diameter saluran	208
Tabel	6.9	Berat coran dan ukuran saluran	210
Tabel	8.1	Tipe garis dan penerapannya	259
Tabel	8.2	Simbol dan singkatan dalam penampilan gambar	269
Tabel	8.3	Data ukuran untuk gambar benda	274
Tabel	8.4	Ukuran kertas gambar	275
Tabel	8.5	Toleransi benda pengecoran	288
Tabel	8.6	Angka penyusutan dan batas penyimpangan bahan tuangan.....	289
Tabel	8.7	Angka kemiringan sudut tuangan menurut ketinggian bidang	292

Tabel	8.8	Toleransi untuk ukuran panjang, lebar tinggi/ tebal dan posisi (mm)	301
	8.9	Toleransi ukuran ketebalan sirip	302
	8.10	Toleransi kelurusan dan kerataan	303
	8.11	Nilai toleransi sudut, ketegak lurus dan kemiringan.....	303
Tabel	9.1	Simbol penunjukkan kualifikasi khusus	345
Tabel	9.2	Rekomendasi kecepatan potong untuk bahan-bahan teknik secara umum.....	352
Tabel	9.3	Kecepatan potong (Cutting Speed =Cs)	377
Tabel	9.4	Nilai pemakanan setiap gigi dari berbagai jenis cutter	379
Tabel	9.5	Tekanan Injeksi berdasarkan tipe pengerjaan 1	398
Tabel	9.6	Tekanan Injeksi berdasarkan tipe pengerjaan 2	399
Tabel	9.7	Tekanan Injeksi berdasarkan tipe pengerjaan 3.....	400
Tabel	10.1	Perbandingan ukuran indentor dan tebal bahan.....	416
Tabel	10.2	Perbandingan diameter Indentor (D) terhadap konstanta bahan	416
Tabel	10.3	Skala Kekerasan dalam Pengujian kekerasan Rockwell	431
Tabel	10.4	Skala Kekerasan dalam Pengujian kekerasan Rockwell	435
Tabel	10.5	Bahan uji tarik proporsional menurut standar DP untuk bahan uji persegi empat	436
Tabel	10.6	Bahan uji tarik non-proporsional untuk bahan uji bulat	436
Tabel	10.7	Ukuran bahan uji tarik non-proporsional untuk pelat	437
Tabel	10.8	Ukuran bahan uji dan perbandingannya terhadap duri pelengkung dan jarak tumpuan	448
Tabel	12.1	Dimensi Standar Alur V pada pulley.....	520
Tabel	12.2	Standarisasi roller chain.....	522

LAMPIRAN-LAMPIRAN

Tabel Trigonometry

Natural sines

Degrees	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	Mean differences				
											1'	2'	3'	4'	5'
0	0000	0017	0035	0052	0070	0087	0105	0122	0140	0157	3	6	9	12	15
1	0175	0192	0209	0227	0244	0262	0279	0297	0314	0332	3	6	9	12	15
2	0349	0366	0384	0401	0419	0436	0454	0471	0488	0506	3	6	9	12	15
3	0523	0541	0558	0576	0593	0610	0628	0645	0663	0680	3	6	9	12	15
4	0698	0715	0732	0750	0767	0785	0802	0819	0837	0854	3	6	9	12	14
5	0872	0889	0906	0924	0941	0958	0976	0993	1011	1028	3	6	9	12	14
6	1045	1063	1080	1097	1115	1132	1149	1167	1184	1201	3	6	9	12	14
7	1219	1236	1253	1271	1288	1305	1323	1340	1357	1374	3	6	9	12	14
8	1392	1409	1426	1444	1461	1478	1495	1513	1530	1547	3	6	9	12	14
9	1564	1582	1599	1616	1633	1650	1668	1685	1702	1719	3	6	9	12	14
10	1736	1754	1771	1788	1805	1822	1840	1857	1874	1891	3	6	9	11	14
11	1908	1925	1942	1959	1977	1994	2011	2028	2045	2062	3	6	9	11	14
12	2079	2096	2113	2130	2147	2164	2181	2198	2215	2233	3	6	9	11	14
13	2250	2267	2284	2300	2317	2334	2351	2368	2385	2402	3	6	8	11	14
14	2419	2436	2453	2470	2487	2504	2521	2538	2554	2571	3	6	8	11	14
15	2588	2605	2622	2639	2656	2672	2689	2706	2723	2740	3	6	8	11	14
16	2756	2773	2790	2807	2823	2840	2857	2874	2890	2907	3	6	8	11	14
17	2924	2940	2957	2974	2990	3007	3024	3040	3057	3074	3	6	8	11	14
18	3090	3107	3123	3140	3156	3173	3190	3206	3223	3239	3	6	8	11	14
19	3256	3272	3289	3305	3322	3338	3355	3371	3387	3404	3	5	8	11	14
20	3420	3437	3453	3469	3486	3502	3518	3535	3551	3567	3	5	8	11	14
21	3584	3600	3616	3633	3649	3665	3681	3697	3714	3730	3	5	8	11	14
22	3746	3762	3778	3795	3811	3827	3843	3859	3875	3891	3	5	8	11	14
23	3907	3923	3939	3955	3971	3987	4003	4019	4035	4051	3	5	8	11	14
24	4067	4083	4099	4115	4131	4147	4163	4179	4195	4210	3	5	8	11	13
25	4226	4242	4258	4274	4289	4305	4321	4337	4352	4368	3	5	8	11	13
26	4384	4399	4415	4431	4446	4462	4478	4493	4509	4524	3	5	8	10	13
27	4540	4555	4571	4586	4602	4617	4633	4648	4664	4679	3	5	8	10	13
28	4695	4710	4726	4741	4756	4772	4787	4802	4818	4833	3	5	8	10	13
29	4848	4863	4879	4894	4909	4924	4939	4955	4970	4985	3	5	8	10	13
30	5000	5015	5030	5045	5060	5075	5090	5105	5120	5135	3	5	8	10	13
31	5150	5165	5180	5195	5210	5225	5240	5255	5270	5284	2	5	7	10	12
32	5299	5314	5329	5344	5358	5373	5388	5402	5417	5432	2	5	7	10	12
33	5446	5461	5476	5490	5505	5519	5534	5548	5563	5577	2	5	7	10	12
34	5592	5606	5621	5635	5650	5664	5678	5693	5707	5721	2	5	7	10	12
35	5736	5750	5764	5779	5793	5807	5821	5835	5850	5864	2	5	7	9	12
36	5878	5892	5906	5920	5934	5948	5962	5976	5990	6004	2	5	7	9	12
37	6018	6032	6046	6060	6074	6088	6101	6115	6129	6143	2	5	7	9	12
38	6157	6170	6184	6198	6211	6225	6239	6252	6266	6280	2	5	7	9	11
39	6293	6307	6320	6334	6347	6361	6374	6388	6401	6414	2	4	7	9	11
40	6428	6441	6455	6468	6481	6494	6508	6521	6534	6547	2	4	7	9	11
41	6561	6574	6587	6600	6613	6626	6639	6652	6665	6678	2	4	7	9	11
42	6691	6704	6717	6730	6743	6756	6769	6782	6794	6807	2	4	6	9	11
43	6820	6833	6845	6858	6871	6884	6896	6909	6921	6934	2	4	6	8	11
44	6947	6959	6972	6984	6997	7009	7022	7034	7046	7059	2	4	6	8	10
45	7071	7083	7096	7108	7120	7133	7145	7157	7169	7181	2	4	6	8	10
46	7193	7206	7218	7230	7242	7254	7266	7278	7290	7302	2	4	6	8	10
47	7314	7325	7337	7349	7361	7373	7385	7396	7408	7420	2	4	6	8	10
48	7431	7443	7455	7466	7478	7490	7501	7513	7524	7536	2	4	6	8	10
49	7547	7559	7570	7581	7593	7604	7615	7627	7638	7649	2	4	6	8	9
50	7660	7672	7683	7694	7705	7716	7727	7738	7749	7760	2	4	6	7	9
51	7771	7782	7793	7804	7815	7826	7837	7848	7859	7869	2	4	5	7	9
52	7880	7891	7902	7912	7923	7934	7944	7955	7965	7976	2	4	5	7	9
53	7986	7997	8007	8018	8028	8039	8049	8059	8070	8080	2	3	5	7	9
54	8090	8100	8111	8121	8131	8141	8151	8161	8171	8181	2	3	5	7	8
55	8192	8202	8211	8221	8231	8241	8251	8261	8271	8281	2	3	5	7	8
56	8290	8300	8310	8320	8329	8339	8348	8358	8368	8377	2	3	5	6	8
57	8387	8396	8406	8415	8425	8434	8443	8453	8462	8471	2	3	5	6	8
58	8480	8490	8499	8508	8517	8526	8536	8545	8554	8563	2	3	5	6	8
59	8572	8581	8590	8599	8607	8616	8625	8634	8643	8652	1	3	4	6	7
60	8660	8669	8678	8686	8695	8704	8712	8721	8729	8738	1	3	4	6	7

Natural sines															
Degrees	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	Mean differences				
											1'	2'	3'	4'	5'
61	.8746	8755	8763	8771	8780	8788	8796	8805	8813	8821	1	3	4	6	7
62	.8829	8838	8846	8854	8862	8870	8878	8886	8894	8902	1	3	4	5	7
63	.8910	8918	8926	8934	8942	8949	8957	8965	8973	8980	1	3	4	5	6
64	.8988	8996	9003	9011	9018	9026	9033	9041	9048	9056	1	3	4	5	6
65	.9063	9070	9078	9085	9092	9100	9107	9114	9121	9128	1	2	4	5	6
66	.9135	9143	9150	9157	9164	9171	9178	9184	9191	9198	1	2	3	5	6
67	.9205	9212	9219	9225	9232	9239	9245	9252	9259	9265	1	2	3	4	6
68	.9272	9278	9285	9291	9298	9304	9311	9317	9323	9330	1	2	3	4	5
69	.9336	9342	9348	9354	9361	9367	9373	9379	9385	9391	1	2	3	4	5
70	.9397	9403	9409	9415	9421	9426	9432	9438	9444	9449	1	2	3	4	5
71	.9455	9461	9466	9472	9478	9483	9489	9494	9500	9505	1	2	3	4	5
72	.9511	9516	9521	9527	9532	9537	9542	9548	9553	9558	1	2	3	3	4
73	.9563	9568	9573	9578	9583	9588	9593	9598	9603	9608	1	2	2	3	4
74	.9613	9617	9622	9627	9632	9636	9641	9646	9650	9655	1	2	2	3	4
75	.9659	9664	9668	9673	9677	9681	9686	9690	9694	9699	1	1	2	3	4
76	.9703	9707	9711	9715	9720	9724	9728	9732	9736	9740	1	1	2	3	3
77	.9744	9748	9751	9755	9759	9763	9767	9770	9774	9778	1	1	2	3	3
78	.9781	9785	9789	9792	9796	9799	9803	9806	9810	9813	1	1	2	2	3
79	.9816	9820	9823	9826	9829	9833	9836	9839	9842	9845	1	1	2	2	3
80	.9848	9851	9854	9857	9860	9863	9866	9869	9871	9874	0	1	1	2	2
81	.9877	9880	9882	9885	9888	9890	9893	9895	9898	9900	0	1	1	2	2
82	.9903	9905	9907	9910	9912	9914	9917	9919	9921	9923	0	1	1	2	2
83	.9925	9928	9930	9932	9934	9936	9938	9940	9942	9943	0	1	1	1	2
84	.9945	9947	9949	9951	9952	9954	9956	9957	9959	9960	0	1	1	1	2
85	.9962	9963	9965	9966	9968	9969	9971	9972	9973	9974	0	0	1	1	1
86	.9976	9977	9978	9979	9980	9981	9982	9983	9984	9985	0	0	1	1	1
87	.9986	9987	9988	9989	9990	9990	9991	9992	9993	9993	0	0	0	1	1
88	.9994	9995	9995	9996	9996	9997	9997	9997	9998	9998	0	0	0	0	0
89	.9998	9999	9999	9999	9999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0	0	0	0	0

Natural cosines															
Degrees	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	Mean differences				
											1'	2'	3'	4'	5'
0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	9999	9999	9999	9999	0	0	0	0	0
1	.9998	9998	9998	9997	9997	9997	9996	9996	9995	9995	0	0	0	0	0
2	.9994	9993	9993	9992	9991	9990	9990	9989	9988	9987	0	0	0	1	1
3	.9986	9985	9984	9983	9982	9981	9980	9979	9978	9977	0	0	1	1	1
4	.9976	9974	9973	9972	9971	9969	9968	9966	9965	9963	0	0	1	1	1
5	.9962	9960	9959	9957	9956	9954	9952	9951	9949	9947	0	1	1	1	2
6	.9945	9943	9942	9940	9938	9936	9934	9932	9930	9928	0	1	1	1	2
7	.9925	9923	9921	9919	9917	9914	9912	9910	9907	9905	0	1	1	2	2
8	.9903	9900	9898	9895	9893	9890	9888	9885	9882	9880	0	1	1	2	2
9	.9877	9874	9871	9869	9866	9863	9860	9857	9854	9851	0	1	1	2	2
10	.9848	9845	9842	9839	9836	9833	9829	9826	9823	9820	1	1	2	2	3
11	.9816	9813	9810	9806	9803	9799	9796	9792	9789	9785	1	1	2	2	3
12	.9781	9778	9774	9770	9767	9763	9759	9755	9751	9748	1	1	2	2	3
13	.9744	9740	9736	9732	9728	9724	9720	9715	9711	9707	1	1	2	2	3
14	.9703	9699	9694	9690	9686	9681	9677	9673	9668	9664	1	1	2	3	4
15	.9659	9655	9650	9646	9641	9636	9632	9627	9622	9617	1	2	2	3	4
16	.9613	9608	9603	9598	9593	9588	9583	9578	9573	9568	1	2	2	3	4
17	.9563	9558	9553	9548	9542	9537	9532	9527	9521	9516	1	2	3	3	4
18	.9511	9505	9500	9494	9489	9483	9478	9472	9466	9461	1	2	3	4	5
19	.9455	9449	9444	9438	9432	9426	9421	9415	9409	9403	1	2	3	4	5
20	.9397	9391	9385	9379	9373	9367	9361	9354	9348	9342	1	2	3	4	5
21	.9336	9330	9323	9317	9311	9304	9298	9291	9285	9278	1	2	3	4	5
22	.9272	9265	9259	9252	9245	9239	9232	9225	9219	9212	1	2	3	4	6
23	.9205	9198	9191	9184	9178	9171	9164	9157	9150	9143	1	2	3	5	6
24	.9135	9128	9121	9114	9107	9100	9092	9085	9078	9070	1	2	4	5	6
25	.9063	9056	9048	9041	9033	9026	9018	9011	9003	8996	1	3	4	5	6

Degrees	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	Mean differences				
											1'	2'	3'	4'	5'
26	.8988	8980	8973	8965	8957	8949	8942	8934	8926	8918	1	3	4	5	6
27	.8910	8902	8894	8886	8878	8870	8862	8854	8846	8838	1	3	4	5	7
28	.8829	8821	8813	8805	8796	8788	8780	8771	8763	8755	1	3	4	6	7
29	.8746	8738	8729	8721	8712	8704	8695	8686	8678	8669	1	3	4	6	7
30	.8660	8652	8643	8634	8625	8616	8607	8599	8590	8581	1	3	4	6	7
31	.8572	8563	8554	8545	8536	8526	8517	8508	8499	8490	2	3	5	6	8
32	.8480	8471	8462	8453	8443	8434	8425	8415	8406	8396	2	3	5	6	8
33	.8387	8377	8368	8358	8348	8339	8329	8320	8310	8300	2	3	5	6	8
34	.8290	8281	8271	8261	8251	8241	8231	8221	8211	8202	2	3	5	7	8
35	.8192	8181	8171	8161	8151	8141	8131	8121	8111	8100	2	3	5	7	8
36	.8090	8080	8070	8059	8049	8039	8028	8018	8007	7997	2	3	5	7	9
37	.7986	7976	7965	7955	7944	7934	7923	7912	7902	7891	2	4	5	7	9
38	.7880	7869	7859	7848	7837	7826	7815	7804	7793	7782	2	4	5	7	9
39	.7771	7760	7749	7738	7728	7716	7705	7694	7683	7672	2	4	6	7	9
40	.7660	7649	7638	7627	7615	7604	7593	7581	7570	7559	2	4	6	8	9
41	.7547	7536	7524	7513	7501	7490	7478	7466	7455	7443	2	4	6	8	10
42	.7451	7420	7408	7396	7385	7373	7361	7349	7337	7325	2	4	6	8	10
43	.7314	7302	7290	7278	7266	7254	7242	7230	7218	7206	2	4	6	8	10
44	.7193	7181	7169	7157	7145	7133	7120	7108	7096	7083	2	4	6	8	10
45	.7071	7059	7046	7034	7022	7009	6997	6984	6972	6959	2	4	6	8	10
46	.6947	6934	6921	6909	6896	6884	6871	6858	6845	6833	2	4	6	8	11
47	.6820	6807	6794	6782	6769	6756	6743	6730	6717	6704	2	4	6	9	11
48	.6691	6678	6665	6652	6639	6626	6613	6600	6587	6574	2	4	7	9	11
49	.6561	6547	6534	6521	6508	6494	6481	6468	6455	6441	2	4	7	9	11
50	.6428	6414	6401	6388	6374	6361	6347	6334	6320	6307	2	4	7	9	11
51	.6293	6280	6266	6252	6239	6225	6211	6198	6184	6170	2	5	7	9	11
52	.6157	6143	6129	6115	6101	6088	6074	6060	6046	6032	2	5	7	9	12
53	.6018	6004	5990	5976	5962	5948	5934	5920	5906	5892	2	5	7	9	12
54	.5878	5864	5850	5835	5821	5807	5793	5779	5764	5750	2	5	7	9	12
55	.5736	5721	5707	5693	5678	5664	5650	5635	5621	5606	2	5	7	10	12
56	.5592	5577	5563	5548	5534	5519	5505	5490	5476	5461	2	5	7	10	12
57	.5446	5432	5417	5402	5388	5373	5358	5344	5329	5314	2	5	7	10	12
58	.5299	5284	5270	5255	5240	5225	5210	5195	5180	5165	2	5	7	10	12
59	.5150	5135	5120	5105	5090	5075	5060	5045	5030	5015	3	5	8	10	13
60	.5000	4985	4970	4955	4939	4924	4909	4894	4879	4863	3	5	8	10	13
61	.4848	4833	4818	4802	4787	4772	4756	4741	4726	4710	3	5	8	10	13
62	.4695	4679	4664	4648	4633	4617	4602	4586	4571	4555	3	5	8	10	13
63	.4540	4524	4509	4493	4478	4462	4446	4431	4415	4399	3	5	8	10	13
64	.4384	4368	4352	4337	4321	4305	4289	4274	4258	4242	3	5	8	11	13
65	.4226	4210	4195	4179	4163	4147	4131	4115	4099	4083	3	5	8	11	13
66	.4067	4051	4035	4019	4003	3987	3971	3955	3939	3923	3	5	8	11	14
67	.3907	3891	3875	3859	3843	3827	3811	3795	3778	3762	3	5	8	11	14
68	.3746	3730	3714	3697	3681	3665	3649	3633	3616	3600	3	5	8	11	14
69	.3584	3567	3551	3535	3518	3502	3486	3469	3453	3437	3	5	8	11	14
70	.3420	3404	3387	3371	3355	3338	3322	3305	3289	3272	3	5	8	11	14
71	.3256	3239	3223	3206	3190	3173	3156	3140	3123	3107	3	6	8	11	14
72	.3090	3074	3057	3040	3024	3007	2990	2974	2957	2940	3	6	8	11	14
73	.2924	2907	2890	2874	2857	2840	2823	2807	2790	2773	3	6	8	11	14
74	.2756	2740	2723	2706	2689	2672	2656	2639	2622	2605	3	6	8	11	14
75	.2588	2571	2554	2538	2521	2504	2487	2470	2453	2436	3	6	8	11	14
76	.2419	2402	2385	2368	2351	2334	2317	2300	2284	2267	3	6	8	11	14
77	.2250	2233	2215	2198	2181	2164	2147	2130	2113	2096	3	6	9	11	14
78	.2079	2062	2045	2028	2011	1994	1977	1959	1942	1925	3	6	9	11	14
79	.1908	1891	1874	1857	1840	1822	1805	1788	1771	1854	3	6	9	11	14
80	.1736	1719	1702	1685	1668	1650	1633	1616	1599	1582	3	6	9	12	14
81	.1564	1547	1530	1513	1495	1478	1461	1444	1426	1409	3	6	9	12	14
82	.1392	1374	1357	1340	1323	1305	1288	1271	1253	1236	3	6	9	12	14
83	.1219	1201	1184	1167	1149	1132	1115	1097	1080	1063	3	6	9	12	14
84	.1045	1028	1011	0993	0976	0958	0941	0924	0906	0889	3	6	9	12	14
85	.0872	0854	0837	0819	0802	0785	0767	0750	0732	0715	3	6	9	12	14
86	.0698	0680	0663	0645	0628	0610	0593	0576	0558	0541	3	6	9	12	15
87	.0523	0506	0488	0471	0454	0436	0419	0401	0384	0366	3	6	9	12	15
88	.0349	0332	0314	0297	0279	0262	0244	0227	0209	0192	3	6	9	12	15
89	.0175	0157	0140	0122	0105	0087	0070	0052	0035	0017	3	6	9	12	15

Natural tangents

Degrees	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	Mean differences				
											1'	2'	3'	4'	5'
0	.0000	.0017	.0035	.0052	.0070	.0087	.0105	.0122	.0140	.0157	3	6	9	12	15
1	.0175	.0192	.0209	.0227	.0244	.0262	.0279	.0297	.0314	.0332	3	6	9	12	15
2	.0349	.0367	.0384	.0402	.0419	.0437	.0454	.0472	.0489	.0507	3	6	9	12	15
3	.0524	.0542	.0559	.0577	.0594	.0612	.0629	.0647	.0664	.0682	3	6	9	12	15
4	.0699	.0717	.0734	.0752	.0769	.0787	.0805	.0822	.0840	.0857	3	6	9	12	15
5	.0875	.0892	.0910	.0928	.0945	.0963	.0981	.0998	.1016	.1033	3	6	9	12	15
6	.1051	.1069	.1086	.1104	.1122	.1139	.1157	.1175	.1192	.1210	3	6	9	12	15
7	.1228	.1246	.1263	.1281	.1299	.1317	.1334	.1352	.1370	.1388	3	6	9	12	15
8	.1405	.1423	.1441	.1459	.1477	.1495	.1512	.1530	.1548	.1566	3	6	9	12	15
9	.1584	.1602	.1620	.1638	.1655	.1673	.1691	.1709	.1727	.1745	3	6	9	12	15
10	.1763	.1781	.1799	.1817	.1835	.1853	.1871	.1890	.1908	.1926	3	6	9	12	15
11	.1944	.1962	.1980	.1998	.2016	.2035	.2053	.2071	.2089	.2107	3	6	9	12	15
12	.2126	.2144	.2162	.2180	.2199	.2217	.2235	.2254	.2272	.2290	3	6	9	12	15
13	.2309	.2327	.2345	.2364	.2382	.2401	.2419	.2438	.2456	.2475	3	6	9	12	15
14	.2493	.2512	.2530	.2549	.2568	.2586	.2605	.2623	.2642	.2661	3	6	9	12	16
15	.2679	.2698	.2717	.2736	.2754	.2773	.2792	.2811	.2830	.2849	3	6	9	13	16
16	.2867	.2886	.2905	.2924	.2943	.2962	.2981	.3000	.3019	.3038	3	6	9	13	16
17	.3057	.3076	.3096	.3115	.3134	.3153	.3172	.3191	.3211	.3230	3	6	10	13	16
18	.3249	.3269	.3288	.3307	.3327	.3346	.3365	.3385	.3404	.3424	3	6	10	13	16
19	.3443	.3463	.3482	.3502	.3522	.3541	.3561	.3581	.3600	.3620	3	7	10	13	16
20	.3640	.3659	.3679	.3699	.3719	.3739	.3759	.3779	.3799	.3819	3	7	10	13	17
21	.3839	.3859	.3879	.3899	.3919	.3939	.3959	.3979	.4000	.4020	3	7	10	13	17
22	.4040	.4061	.4081	.4101	.4122	.4142	.4163	.4183	.4204	.4224	3	7	10	14	17
23	.4245	.4265	.4286	.4307	.4327	.4348	.4369	.4390	.4411	.4431	3	7	10	14	17
24	.4452	.4473	.4494	.4515	.4536	.4557	.4578	.4599	.4621	.4642	4	7	11	14	18
25	.4663	.4684	.4706	.4727	.4748	.4770	.4791	.4813	.4834	.4856	4	7	11	14	18
26	.4877	.4899	.4921	.4942	.4964	.4986	.5008	.5029	.5051	.5073	4	7	11	15	18
27	.5095	.5117	.5139	.5161	.5184	.5206	.5228	.5250	.5272	.5295	4	7	11	15	18
28	.5317	.5340	.5362	.5384	.5407	.5430	.5452	.5475	.5498	.5520	4	8	11	15	19
29	.5543	.5566	.5589	.5612	.5635	.5658	.5681	.5704	.5727	.5750	4	8	12	15	19
30	.5774	.5797	.5820	.5844	.5867	.5890	.5914	.5938	.5961	.5985	4	8	12	16	20
31	.6009	.6032	.6056	.6080	.6104	.6128	.6152	.6176	.6200	.6224	4	8	12	16	20
32	.6249	.6273	.6297	.6322	.6346	.6371	.6395	.6420	.6445	.6469	4	8	12	16	20
33	.6494	.6519	.6544	.6569	.6594	.6619	.6644	.6669	.6694	.6720	4	8	13	17	21
34	.6745	.6771	.6796	.6822	.6847	.6873	.6899	.6924	.6950	.6976	4	9	13	17	21
35	.7002	.7028	.7054	.7080	.7107	.7133	.7159	.7186	.7212	.7239	4	9	13	18	22
36	.7265	.7292	.7319	.7346	.7373	.7400	.7427	.7454	.7481	.7508	5	9	14	18	23
37	.7536	.7563	.7590	.7618	.7646	.7673	.7701	.7729	.7757	.7785	5	9	14	18	23
38	.7813	.7841	.7869	.7898	.7926	.7954	.7983	.8012	.8040	.8069	5	9	14	19	24
39	.8098	.8127	.8156	.8185	.8214	.8243	.8273	.8302	.8332	.8361	5	10	15	20	24
40	.8391	.8421	.8451	.8481	.8511	.8541	.8571	.8601	.8632	.8662	5	10	15	20	25
41	.8693	.8724	.8754	.8785	.8816	.8847	.8878	.8910	.8941	.8972	5	10	16	21	26
42	.9004	.9036	.9067	.9099	.9131	.9163	.9195	.9228	.9260	.9293	5	11	16	21	27
43	.9325	.9358	.9391	.9424	.9457	.9490	.9523	.9556	.9590	.9623	6	11	17	22	28
44	.9657	.9691	.9725	.9759	.9793	.9827	.9861	.9896	.9930	.9965	6	11	17	23	29
45	1.000	.0035	.0070	.0105	.0141	.0176	.0212	.0247	.0283	.0319	6	12	18	24	30
46	1.0355	.0392	.0428	.0464	.0501	.0538	.0575	.0612	.0649	.0686	6	12	18	25	31
47	1.0724	.0761	.0799	.0837	.0875	.0913	.0951	.0990	.1028	.1067	6	13	19	25	32
48	1.1106	.1145	.1184	.1224	.1263	.1303	.1343	.1383	.1423	.1463	7	13	20	27	33
49	1.1504	.1544	.1585	.1626	.1667	.1708	.1750	.1792	.1833	.1875	7	14	21	28	34
50	1.1918	.1960	.2002	.2045	.2088	.2131	.2174	.2218	.2261	.2305	7	14	22	29	36
51	1.2349	.2393	.2437	.2482	.2527	.2572	.2617	.2662	.2708	.2753	8	15	23	30	38
52	1.2799	.2846	.2892	.2938	.2985	.3032	.3079	.3127	.3175	.3222	-8	16	24	31	39
53	1.3270	.3319	.3367	.3416	.3465	.3514	.3564	.3613	.3663	.3713	8	16	25	33	41
54	1.3764	.3814	.3865	.3916	.3968	.4019	.4071	.4124	.4176	.4229	9	17	26	34	43
55	1.4281	.4335	.4388	.4442	.4496	.4550	.4605	.4659	.4715	.4770	9	18	27	36	45
56	1.4826	.4882	.4938	.4994	.5051	.5108	.5166	.5224	.5282	.5340	10	19	29	38	48
57	1.5399	.5458	.5517	.5577	.5637	.5697	.5757	.5818	.5880	.5941	10	20	30	40	50
58	1.6003	.6066	.6128	.6191	.6255	.6319	.6383	.6447	.6512	.6577	11	21	32	43	53
59	1.6643	.6709	.6775	.6842	.6909	.6977	.7045	.7113	.7182	.7251	11	23	34	45	56
60	1.7321	.7391	.7461	.7532	.7603	.7675	.7747	.7820	.7893	.7966	12	24	36	48	60

Degrees	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	Mean differences				
											1'	2'	3'	4'	5'
61	1 8040	8115	8190	8265	8341	8418	8495	8572	8650	8728	13	26	38	51	64
62	1 8807	8887	8967	9047	9128	9210	9292	9375	9458	9542	14	27	41	55	68
63	1 9626	9711	9797	9883	9970	0057	0145	0233	0323	0413	15	29	44	58	73
64	2 0503	0594	0686	0778	0872	0965	1060	1155	1251	1348	16	31	47	63	78
65	2 1445	1543	1642	1742	1842	1943	2045	2148	2251	2355	17	34	51	68	85
66	2 2460	2566	2673	2781	2889	2998	3109	3220	3332	3445	18	37	55	73	92
67	2 3559	3673	3789	3906	4023	4142	4262	4383	4504	4627	20	40	60	79	99
68	2 4751	4876	5002	5129	5257	5386	5517	5649	5782	5916	22	43	65	87	108
69	2 6051	6187	6325	6464	6605	6746	6889	7034	7179	7326	24	47	71	95	119
70	2 7475	7625	7776	7929	8083	8239	8397	8556	8716	8878	26	52	78	104	131
71	2 9042	9208	9375	9544	9714	9887	0061	0237	0415	0595	29	58	87	116	145
72	3 0777	0961	1146	1334	1524	1716	1910	2106	2305	2506	32	64	96	129	161
73	3 2709	2914	3122	3332	3544	3759	3977	4197	4420	4646	36	72	108	144	180
74	3 4874	5105	5339	5576	5816	6059	6305	6554	6806	7062	41	81	122	163	204
75	3 7321	7583	7848	8118	8391	8667	8947	9232	9520	9812	46	93	139	186	232
76	4 0108	0408	0713	1022	1335	1653	1976	2303	2635	2972					
77	4 3315	3662	4015	4374	4737	5107	5483	5864	6252	6646					
78	4 7046	7453	7867	8288	8716	9152	9504	0045	0504	0970					
79	5 1446	1929	2422	2924	3435	3955	4486	5026	5578	6140					
80	5 6713	7297	7894	8502	9124	9758	0405	1066	1742	2432					
81	6 3138	3859	4596	5350	6122	6912	7720	8548	9395	0264	Mean differences no longer sufficiently accurate.				
82	7 1154	2066	3002	3962	4947	5958	6996	8062	9158	0285					
83	8 1443	2636	3863	5126	6427	7769	9152	0579	2052	3572					
84	9 5144	9 677	9 845	10 02	10 20	10 39	10 58	10 78	10 99	11 20					
85	11 430														
		11.66	11.91	12.16	12.43	12.71	13.00	13.30	13.62	13.95					
86	14 301														
		14.67	15.06	15.46	15.89	16.35	16.83	17.34	17.89	18.46					
87	19 081														
		19.74	20.45	21.20	22.02	22.90	23.86	24.90	26.03	27.27					
88	28 636														
		30.14	31.82	33.69	35.80	38.19	40.92	44.07	47.74	52.08					
89	57 290														
		63.66	71.62	81.85	95.49	114.6	143.2	191.0	286.5	573.0					

Conversion tables

Fractional Sub-divisions of an inch to decimals and to millimetres.

in	in	milli- metres	in	in	milli- metres
$\frac{1}{16}$	0.015625	0.3969	$\frac{3}{16}$	0.609375	15.4781
$\frac{3}{16}$	0.03125	0.7938	$\frac{5}{8}$	0.625	15.875
$\frac{1}{4}$	0.046875	1.1906	$\frac{11}{16}$	0.640625	16.2719
$\frac{3}{8}$	0.0625	1.5875	$\frac{3}{4}$	0.65625	16.6688
$\frac{1}{2}$	0.078125	1.9844	$\frac{13}{16}$	0.671875	17.0656
$\frac{5}{8}$	0.09375	2.3812	$\frac{1}{2}$	0.6875	17.4625
$\frac{3}{4}$	0.109375	2.7781	$\frac{5}{4}$	0.703125	17.8594
$\frac{7}{8}$	0.125	3.175	$\frac{1}{2}$	0.71875	18.2562
$\frac{1}{4}$	0.140625	3.5719	$\frac{11}{16}$	0.734375	18.6531
$\frac{3}{8}$	0.15625	3.9688	$\frac{3}{4}$	0.75	19.05
$\frac{1}{2}$	0.171875	4.3656	$\frac{13}{16}$	0.765625	19.4469
$\frac{5}{8}$	0.1875	4.7625	$\frac{3}{4}$	0.78125	19.8438
$\frac{3}{4}$	0.203125	5.1594	$\frac{11}{8}$	0.796875	20.2406
$\frac{7}{8}$	0.21875	5.5562	$\frac{1}{2}$	0.8125	20.6375
$\frac{15}{16}$	0.234375	5.9531	$\frac{13}{16}$	0.828125	21.0344

**Millimetres to inches
Based on 1 inch=25.4 millimetres**

mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in
—	—	0.03937	0.07874	0.11811	0.15748	0.19685	0.23622	0.27559	0.31496	0.35433
10	0.39370	0.43307	0.47244	0.51181	0.55118	0.59055	0.62992	0.66929	0.70866	0.74803
20	0.78740	0.82677	0.86614	0.90551	0.94488	0.98425	1.02362	1.06299	1.10236	1.14173
30	1.18110	1.22047	1.25984	1.29921	1.33858	1.37795	1.41732	1.45669	1.49606	1.53543
40	1.57480	1.61417	1.65354	1.69291	1.73228	1.77165	1.81102	1.85039	1.88976	1.92913
50	1.96850	2.00787	2.04724	2.08661	2.12598	2.16535	2.20472	2.24409	2.28346	2.32283
60	2.36220	2.40157	2.44094	2.48031	2.51969	2.55906	2.59843	2.63780	2.67717	2.71654
70	2.75591	2.79528	2.83465	2.87402	2.91339	2.95276	2.99213	3.03150	3.07087	3.11024
80	3.14961	3.18898	3.22835	3.26772	3.30709	3.34646	3.38583	3.42520	3.46457	3.50394
90	3.54331	3.58268	3.62205	3.66142	3.70079	3.74016	3.77953	3.81890	3.85827	3.89764
100	3.93701	3.97638	4.01575	4.05512	4.09449	4.13386	4.17323	4.21260	4.25197	4.29134
10	4.33071	4.37008	4.40945	4.44882	4.48819	4.52756	4.56693	4.60630	4.64567	4.68504
20	4.72441	4.76378	4.80315	4.84252	4.88189	4.92126	4.96063	5.00000	5.03937	5.07874
30	5.11811	5.15748	5.19685	5.23622	5.27559	5.31496	5.35433	5.39370	5.43307	5.47244
40	5.51181	5.55118	5.59055	5.62992	5.66929	5.70866	5.74803	5.78740	5.82677	5.86614
50	5.90551	5.94488	5.98425	6.02362	6.06300	6.10237	6.14174	6.18111	6.22048	6.25985
60	6.29921	6.33858	6.37795	6.41732	6.45669	6.49606	6.53543	6.57480	6.61417	6.65354
70	6.69291	6.73228	6.77165	6.81102	6.85039	6.88976	6.92913	6.96850	7.00787	7.04724
80	7.08661	7.12600	7.16537	7.20474	7.24411	7.28348	7.32285	7.36222	7.40159	7.44096
90	7.48031	7.51968	7.55905	7.59842	7.63779	7.67716	7.71653	7.75590	7.79527	7.83464

Teknik pengecoran logam

$\frac{1}{4}$	0-25	6-35	$\frac{37}{32}$	0-84375	21-4312	200	7-8740	7-9134	7-9528	7-9921	8-0315	8-0709	8-1102	8-1496	8-1890	8-2283
$\frac{1}{8}$	0-265625	6-7469	$\frac{33}{32}$	0-859375	21-8281	10	8-2677	8-3071	8-3465	8-3858	8-4252	8-4646	8-5039	8-5433	8-5827	8-6220
$\frac{3}{32}$	0-28125	7-1438	$\frac{7}{8}$	0-875	22-225	20	8-6614	8-7008	8-7402	8-7795	8-8189	8-8583	8-8976	8-9370	8-9764	9-0157
$\frac{1}{2}$	0-296875	7-5406	$\frac{31}{32}$	0-890625	22-6219	30	9-0551	9-0945	9-1339	9-1732	9-2126	9-2520	9-2913	9-3307	9-3701	9-4094
$\frac{5}{16}$	0-3125	7-9375	$\frac{39}{32}$	0-90625	23-0188	40	9-4488	9-4882	9-5276	9-5669	9-6063	9-6457	9-6850	9-7244	9-7638	9-8031
$\frac{3}{8}$	0-328125	8-3344	$\frac{59}{64}$	0-921875	23-4156	50	9-8425	9-8819	9-9213	9-9606	10-0000	10-0394	10-0787	10-1181	10-1575	10-1969
$\frac{11}{32}$	0-34375	8-7312	$\frac{15}{16}$	0-9375	23-8125	60	10-2362	10-2756	10-3150	10-3543	10-3937	10-4331	10-4724	10-5118	10-5512	10-5906
$\frac{23}{64}$	0-359375	9-1281	$\frac{31}{32}$	0-953125	24-2094	70	10-6299	10-6693	10-7087	10-7480	10-7874	10-8268	10-8661	10-9055	10-9449	10-9843
$\frac{3}{8}$	0-375	9-525	$\frac{15}{16}$	0-96875	24-6062	80	11-0236	11-0630	11-1024	11-1417	11-1811	11-2205	11-2598	11-2992	11-3386	11-3780
$\frac{23}{64}$	0-390625	9-9219	$\frac{31}{32}$	0-984375	25-0031	90	11-4173	11-4567	11-4961	11-5354	11-5748	11-6142	11-6535	11-6929	11-7323	11-7717
$\frac{13}{32}$	0-40625	10-3188	1	1	25-4	300	11-8110	11-8504	11-8898	11-9291	11-9685	12-0079	12-0472	12-0866	12-1260	12-1654
$\frac{27}{64}$	0-421875	10-7156	2	2	50-800	10	12-2047	12-2441	12-2835	12-3228	12-3622	12-4016	12-4409	12-4803	12-5197	12-5591
$\frac{7}{16}$	0-4375	11-1125	3	3	76-200	20	12-5984	12-6378	12-6772	12-7165	12-7559	12-7953	12-8346	12-8740	12-9134	12-9528
$\frac{29}{64}$	0-453125	11-5094	4	4	101-600	30	12-9921	13-0315	13-0709	13-1102	13-1496	13-1890	13-2283	13-2677	13-3071	13-3465
$\frac{15}{32}$	0-46875	11-9062	5	5	127-000	40	13-3858	13-4252	13-4646	13-5039	13-5433	13-5827	13-6220	13-6614	13-7008	13-7402
$\frac{31}{64}$	0-484375	12-3031	6	6	152-400	50	13-7795	13-8189	13-8583	13-8976	13-9370	13-9764	14-0157	14-0551	14-0945	14-1339
$\frac{1}{2}$	0-5	12-7	7	7	177-800	60	14-1732	14-2126	14-2520	14-2913	14-3307	14-3701	14-4094	14-4488	14-4882	14-5276
$\frac{23}{64}$	0-515625	13-0969	8	8	203-200	70	14-5669	14-6063	14-6457	14-6850	14-7244	14-7638	14-8031	14-8425	14-8819	14-9213
$\frac{17}{32}$	0-53125	13-4938	9	9	228-600	80	14-9606	15-0000	15-0394	15-0787	15-1181	15-1575	15-1969	15-2362	15-2756	15-3150
$\frac{35}{64}$	0-546875	13-8906	10	10	254-000	90	15-3543	15-3937	15-4331	15-4724	15-5118	15-5512	15-5906	15-6299	15-6693	15-7087
$\frac{9}{16}$	0-5625	14-2875	11	11	279-400	400	15-7480	15-7874	15-8268	15-8661	15-9055	15-9449	15-9843	16-0236	16-0630	16-1024
$\frac{17}{32}$	0-578125	14-6844	12	12	304-800	10	16-1417	16-1811	16-2205	16-2598	16-2992	16-3386	16-3780	16-4173	16-4567	16-4961
$\frac{19}{32}$	0-59375	15-0812	13	13		20	16-5354	16-5748	16-6142	16-6535	16-6929	16-7323	16-7717	16-8110	16-8504	16-8898
			14	14		30	16-9291	16-9685	17-0079	17-0472	17-0866	17-1260	17-1654	17-2047	17-2441	17-2835
			15	15		40	17-3228	17-3622	17-4016	17-4409	17-4803	17-5197	17-5591	17-5984	17-6378	17-6772
			16	16		50	17-7165	17-7559	17-7953	17-8346	17-8740	17-9134	17-9528	17-9921	18-0315	18-0709
			17	17		60	18-1102	18-1496	18-1890	18-2283	18-2677	18-3071	18-3465	18-3858	18-4252	18-4646
			18	18		70	18-5039	18-5433	18-5827	18-6220	18-6614	18-7008	18-7402	18-7795	18-8189	18-8583
			19	19		80	18-8976	18-9370	18-9764	19-0157	19-0551	19-0945	19-1339	19-1732	19-2126	19-2520
			20	20		90	19-2913	19-3307	19-3701	19-4094	19-4488	19-4882	19-5276	19-5669	19-6063	19-6457
						500	19-6850	19-7244	19-7638	19-8031	19-8425	19-8819	19-9213	19-9606	20-0000	20-0394



ISBN 978-979-060-122-2
ISBN 978-979-060-124-6

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

HET (Harga Eceran Tertinggi) Rp. 17.666,00