

DIKTAT KULIAH

PROSES MANUFAKTUR



DISUSUN OLEH :
AGUNG KRISTANTO, ST., MT. Ph.D.

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS AHMAD DAHLAN YOGYAKARTA
2022/2023**

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadiran Allah SWT yang selalu melimpahkan Rahmat serta Hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan diktat Mata Kuliah Proses Manufaktur ini tepat pada waktunya.

Diktat Mata Kuliah Proses Manufaktur ini berisikan materi-materi tentang proses-proses produksi meliputi proses pemesinan, proses pengecoran, proses pengelasan, dan mesin CNC. Diktat ini berisi materi-materi yang akan diajarkan pada perkuliahan di Program Studi Teknik Industri Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta pada semester gasal 2022/2023.

Bahan-bahan penyusunan diktat ini penulis peroleh dari beberapa referensi buku tentang proses manufaktur. Penulis menyadari bahwa diktat ini masih banyak terdapat kekurangan, untuk itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi sempurnanya diktat ini di masa yang akan datang.

Yogyakarta, Juli 2022

Penulis

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i
Daftar Isi	ii
Bab I Proses Manufaktur	1
Bab II Proses Pemesinan	7
Bab III Mesin CNC TU 2A	33
Bab IV Mesin Milling CNC TU 3A	68
Bab V Proses Pengecoran	92
Bab VI Proses Pengelasan	108
Bab VII Proses Pembentukan	123
Daftar Pustaka	145

BAB I PROSES MANUFAKTUR

A. Pendahuluan.

Proses teknologi mekanik merupakan suatu proses pembuatan suatu benda dari bahan baku sampai barang jadi atau setengah jadi dengan atau tanpa proses tambahan. Dari sejarah sejak pertama kali manusia mengenal logam sebagai pembuat alat-alat yang diperlukan untuk menunjang kehidupannya, maka manusia kemudian berusaha untuk mengembangkan cara pembuatan alat-alat tersebut. Pengecoran logam merupakan proses pembuatan yang pertama kali dikenal manusia, yang kemudian disusul dengan proses-proses pembentukan, pemotongan, dan proses lain yang hingga kini berkembang menjadi lebih kompleks dengan berbagai variasi.

B. Macam Proses Manufaktur.

Dasar dari teknologi mekanik adalah penyelesaian proses logam dan non logam dari bentuk bijih besi (*raw material*) menjadi barang yang dapat digunakan. Hampir semua logam dibuat mula-mula dalam bentuk batangan(*ingot*) hasil proses pemurnian dari bijihnya yang kemudian merupakan bahan baku untuk proses selanjutnya.

Pada dasarnya, proses pembuatan benda kerja logam dapat dikelompokkan menjadi:

1. Proses pemesinan.
2. Proses pengecoran.
3. Proses penyambungan.
4. Proses pembentukan.
5. Proses perlakuan fisis.
6. Proses penyelesaian atau pengerjaan akhir.

1. Proses Pemesinan.

Proses pemesinan logam adalah proses pembuatan yang menggunakan mesin-mesin perkakas potong untuk mendapatkan bentuk yang diinginkan dengan membuang sebagian material, sedang perkakas potongnya dibuat dari bahan yang lebih keras daripada logam yang dipotong. Contoh mesin perkakas ini antara lain mesin bubut, mesin sekrup, mesin drill, mesin frais, dan lain-lain. Seding perkakas potongnya antara lain dari jenis HSS, karbida, dan lain-lain.

Dalam proses pemesinan logam dikenal beberapa proses pemotongan seperti:

1. Proses sekrup (*shaping, planing*).
2. Proses bubut (*turning*).
3. Proses gurdi (*drilling*).
4. Proses Frais (*milling*).
5. Proses gerinda (*grinding*).

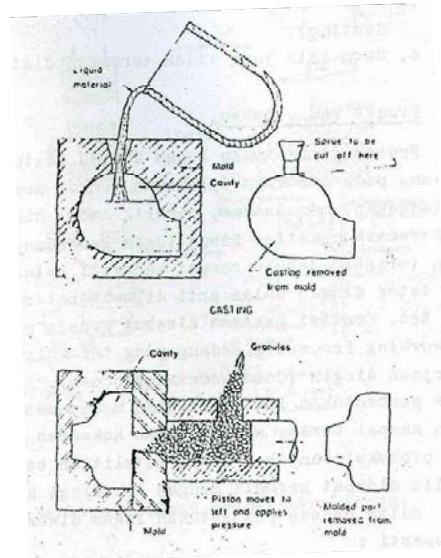
Disamping proses pemotongan di atas yang disebut sebagai proses pemotongan konvensional, di bawah ini merupakan proses pemotongan yang berbeda dengan proses-proses di atas yang disebut sebagai proses pemotongan non konvensional, antara lain:

1. Proses pemotongan abrasi (*ultra sonic machining*).
2. Proses pemotongan secara reaksi kimia (*chemical machining*).
3. Proses pemotongan secara erosi kimia-elektrik (*electro chemical machining*).
4. Proses pemotongan secara erosi loncatan listrik (*electro discharge machining*).

Kelompok proses terakhir ini mempunyai keuntungan, yaitu dapat memotong logam-logam yang sangat keras yang tidak dapat dipotong secara konvensional. Kelemahannya adalah ongkos produksi terutama menyangkut mesinnya, bila diukur dari kecepatan logam terpotong persatuan waktu sangat tinggi.

2. Proses Pengecoran.

Proses pengecoran adalah suatu proses pembuatan yang pada dasarnya mengubah bentuk logam dengan cara mencairkan logam, kemudian dimasukkan ke dalam suatu cetakan dengan dituang atau ditekan. Di dalam cetakan ini logam cair akan membeku dan menyusut seperti ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Proses pengecoran dengan dituang (*casting*) dan dicetak (*molding*)

Produk hasil pengecoran dapat langsung dipakai sebagai produk akhir, akan tetapi kebanyakan masih memerlukan proses lanjut seperti proses pemotongan, penyambungan, perlakuan fisis, atau proses penyelesaian lainnya.

Didasarkan atas jenis bahan pola/model, bahan cetakan dan cara penuangannya, maka proses pengecoran dapat dibedakan:

1. Proses pengecoran dengan pasir sebagai bahan cetakan (*sand casting*).
2. Proses pengecoran sentrifugal (*centrifugal casting*).
3. Proses pengecoran dengan cetakan permanen (*permanent mold casting*).
4. Proses pengecoran cetak-tekan (*die casting*).
5. Proses pengecoran dengan pola hilang (*investment casting*).

3. Proses Penyambungan.

Proses ini sering diartikan pengelasan, tetapi sebenarnya pengelasan tersebut merupakan bagian dari proses penyambungan. Pada dasarnya proses ini dapat dilakukan tanpa atau dengan mencairkan logam yang disambung, dengan atau tanpa logam pengisi, dengan atau tanpa tekanan dan dengan perekat atau *adhesive*. Contoh proses ini antara lain: pengelasan, solder, pengelingan, dan lain-lain.

Proses penyambungan ini dapat dilakukan apabila komponen yang akan disambung sudah melalui tahapan-tahapan proses yang disyaratkan, misalnya pembersihan, persiapan pada ujung yang akan disambung ataupun proses pengerjaan mesin lainnya.

4. Proses Pembentukan.

Proses pembentukan logam adalah suatu proses pembuatan yang pada dasarnya dilakukan dengan memberikan gaya luar (menekan, memadatkan, menarik dan sebagainya) hingga berubah bentuk secara plastis. Bahan logam sebelumnya dapat dipanaskan terlebih dahulu sampai mencapai batas tertentu atau logam tetap dingin dalam arti di bawah batas temperatur tertentu tersebut. Kondisi pertama disebut proses pengerjaan panas (*hot working process*), sedang yang terakhir disebut proses pengerjaan dingin (*cold working process*).

Dalam proses pembentukan logam dikenal berbagai proses sebagai berikut:

1. Pengerolan (*rolling*).
2. Tempa (*forging*).
3. Proses tarik (*drawing*).
4. Ekstrusi (*extrusion*).
5. Proses putar tekan (*spinning*).
6. Proses potong (*piercing*).

5. Proses Perlakuan Fisis.

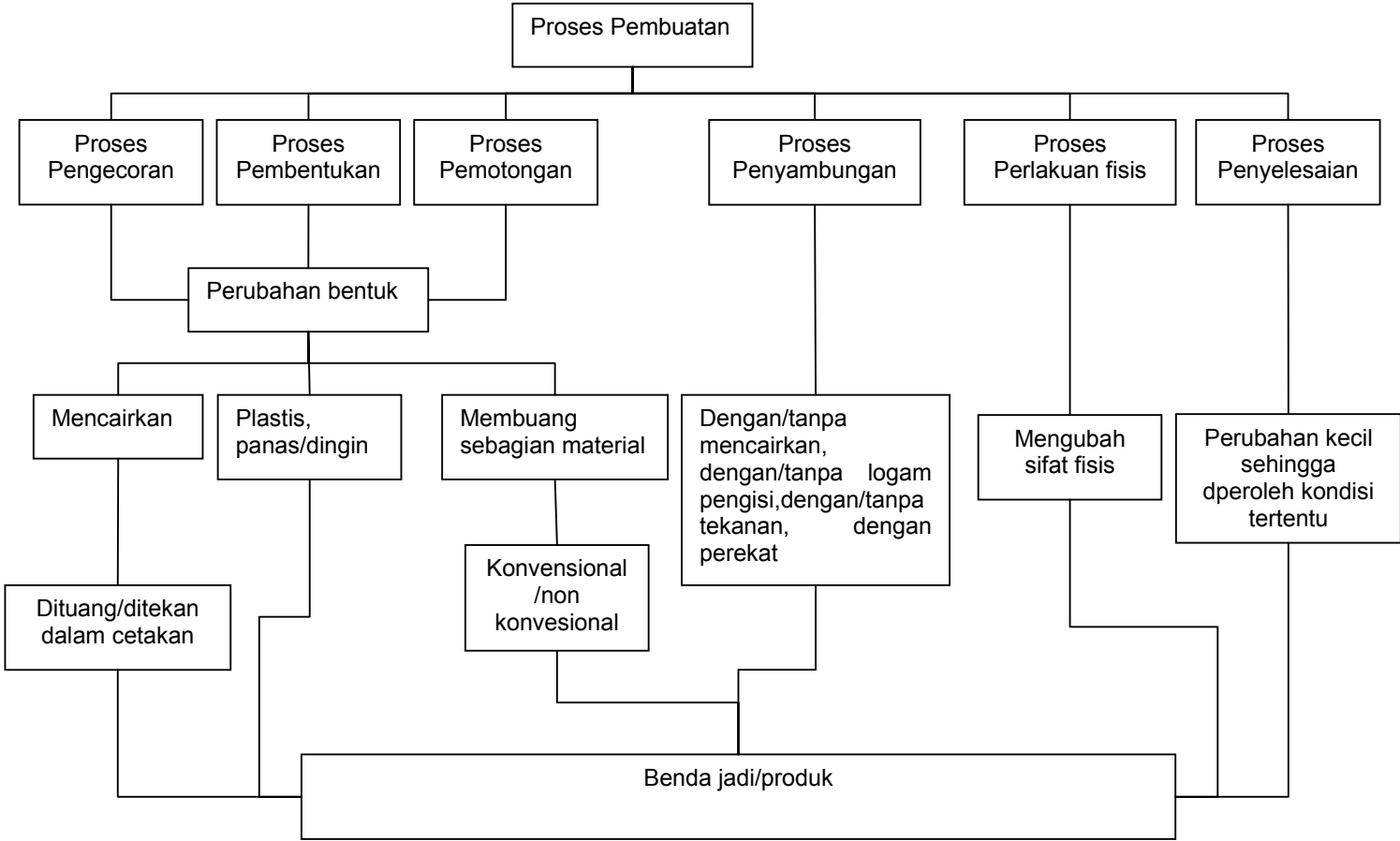
Proses perlakuan fisis adalah proses pengerjaan dengan jalan mengubah sifat-sifat fisis dari logam tanpa adanya perubahan bentuk fisik, seperti proses perlakuan panas (*heat treatment*), benturan peluru (*shot peening*), dan lain-lain.

6. Proses Penyelesaian.

Proses ini digunakan untuk memberikan kondisi permukaan tertentu dari benda jadi (produk) sehingga terjadi perubahan dimensi yang sangat kecil. Secara keseluruhan, bentuk dan ukuran boleh dikatakan tidak mengalami perubahan yang berarti. Kondisi permukaan tertentu yang dimaksud adalah antara lain berwarna mengkilat, pemeliharaan-pencegahan dari perubahan unsur serta bentuk permukaan, melalui proses pengecatan, proses anoda, proses pelapisan permukaan dengan unsur tertentu, dan lain-lain.

Dari uraian di atas, maka secara skematis proses pembuatan logam dapat dilihat seperti yang ditunjukkan pada gambar 2 berikut ini.

BAB I PROSES MANUFAKTUR



Gambar 2. Skematis Proses Pembuatan

**BAB II
PROSES PEMESINAN**

A. Teori Pemotongan Logam.

Pemotongan logam didasari dengan terbentuknya *chip* (geram) sebagai akibat dari proses pemotongan. Jika pada proses tidak timbul geram, maka prosesnya disebut dengan pemotongan tanpa perautan atau *Chipless Machining Process*.

B. Pembentukan Geram.

Pemotongan logam menyangkut beberapa faktor penting seperti :

1. Sifat-sifat dari bahan benda kerja (*work material*)
2. Sifat-sifat dan bentuk dari geometri pahat.
3. Hubungan antara pahat dan benda kerja

Pada dasarnya, terbentuknya geram adalah merupakan hasil yang disebabkan oleh terbentuknya *shear deformation* (deformasi geser) pada bagian tertentu dari benda kerja yang termakan oleh sisi potong dari pahat. Gerakan relatif antara pahat dan benda kerja menyebabkan terjadinya daya kompresi di dekat pahat yang mengakibatkan terjadinya deformasi geser tersebut diatas. Proses pembentukan geram secara sederhana ditunjukkan pada gambar 3.

C. Macam Geram.

Geram yang terbentuk pada proses pemotongan logam dapat di klasifikasikan menjadi 2 macam : *Discontinuous chips* dan *continous chips* seperti terlihat pada gambar 4 dan 5.



Gambar 3. Pembentukan geram pada proses bubut

1. *Discontinuous Chips.*

Discontinuous chips adalah geram yang terbentuknya terputus-putus dimana segmen-segmennya tidak terikat satu dengan yang lainnya, hal ini disebabkan karena distorsi pada logam yang berdekatan dengan pahat menghasilkan *crack* (retak) dan terlempar dari pahat.



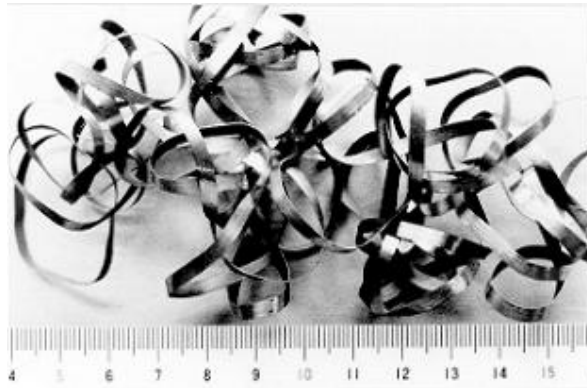
Gambar 4. *Discontinuous chips*

BAB II PROSES PEMESINAN

2. *Continuous Chips.*

Geram ini umumnya ikut bersama-sama pahat yang kemudian terpisah, tetapi geramnya sendiri terus tersambung membentuk gulungan geram yang panjang. Gulungannya sering seperti spiral atau lurus memanjang.

Geram ini terjadi pada operasi mesin perkakas dengan kecepatan potong tinggi dengan material yang bersifat *ductile* (lunak). Geram ini cenderung menghasilkan permukaan akhir dari proses pengerjaan. Contohnya geram dari bahan alumunium, baja lunak, dan lain-lain.



Gambar 5. *Continuous chips*

D. Jenis Proses Pemesinan.

Klasifikasi proses pemesinan menurut jenis gerakan relatif pahat terhadap benda kerja adalah :

1. Proses bubut (*Turning*).
2. Proses menyekrap (*Shaping dan Planing*)
3. Proses menggurdi (*Drilling*)
4. Proses mengefrais (*Milling*).
5. Proses menggerinda rata (*Face Grinding*)
6. Proses menggerinda silindris (*Cylindrical Grinding*)
7. Proses menggergaji (*Sawing*) atau memarut (*Broaching*).

BAB II PROSES PEMESINAN

1. Mesin Bubut.

Jenis dari mesin ini ada bermacam-macam dan merupakan mesin perkakas yang paling banyak dipakai di dunia serta paling banyak menghasilkan berbagai bentuk komponen-komponen silindris, bantalan, tangkai-tangkai bulat, dan lain-lain.



Gambar 6. Mesin bubut kuno



Gambar 7. Mesin bubut modern

a. Bagian-bagian Mesin Bubut.

Pada dasarnya mesin bubut terdiri dari berbagai bagian seperti :

1. Kepala diam (*head stock*).

Selalu berada di sebelah kiri operator dan berisi roda gigi – roda gigi pengubah kecepatan putar, tempat melekatnya *spindle*. Poros utamanya berlubang, sehingga memungkinkan untuk mengerjakan batangan logam yang panjang dijepit di dalamnya.

2. *Tail Stock* (kepala gerak).

Bagian ini tidak berputar, tetapi dapat digerakkan ke kiri dan ke kanan operator melalui *ways* (meja) guna menyesuaikan ukuran benda kerja. Juga bagian ini dapat digerakkan silang ± 25 mm, guna membuat benda kerja tirus dengan sudut yang kecil

3. Kereta (*Carriage*).

Bagian ini dapat digerakkan ke kiri atau ke kanan baik secara otomatis maupun digerakkan dengan tangan.

4. *Apron*.

Apron melekat pada bagian kereta, yang berisi lengan-lengan pengontrol (gerak makan dan gerak ulir).

5. Peluncur Silang (*Cross Slide*).

Bagian ini melekat pada kereta dan dapat digerakkan dalam arah sumbu X (melintang) yang tegak lurus dengan gerakan kereta. Digunakan untuk mengatur kedalaman potong dan membubut muka.

6. Penumpu Dudukan Pahat (*compound rest*)

Bagian ini bertumpu pada peluncur silang dan dapat berputar 360° .

7. Dudukan pahat (*tool post*).

Bagian ini bertumpu pada *compound rest* yang digunakan sebagai tempat pahat potong dipasang (diikat).

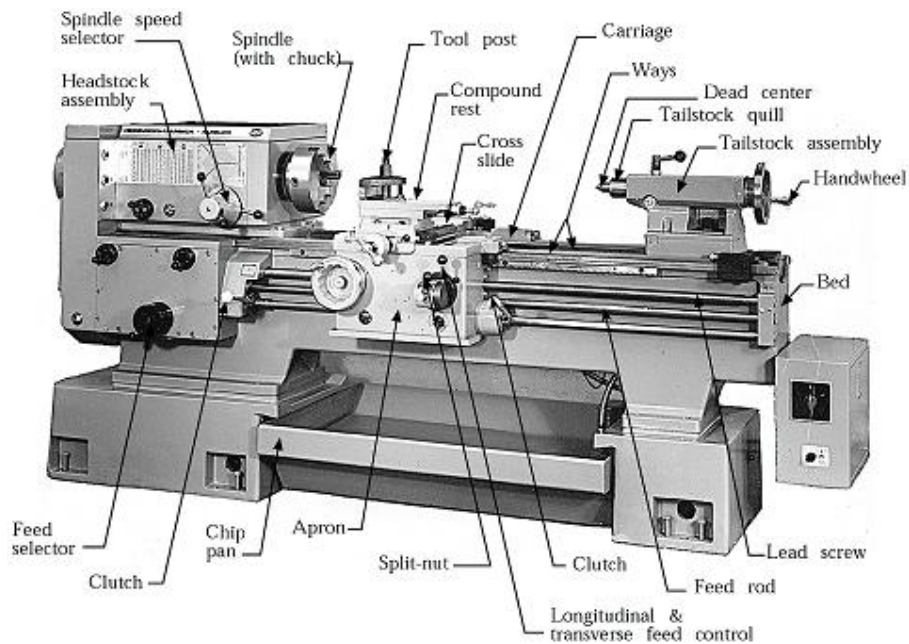
BAB II PROSES PEMESINAN

8. Alas (*bed*).

Persyaratan dari alas adalah harus kaku sehingga dapat menahan lenturan ke segala arah. Bahan bagian ini adalah besi tuang atau baja yang dilas dengan berbagai bentuk penampang melintangnya.

9. Rel (*way*).

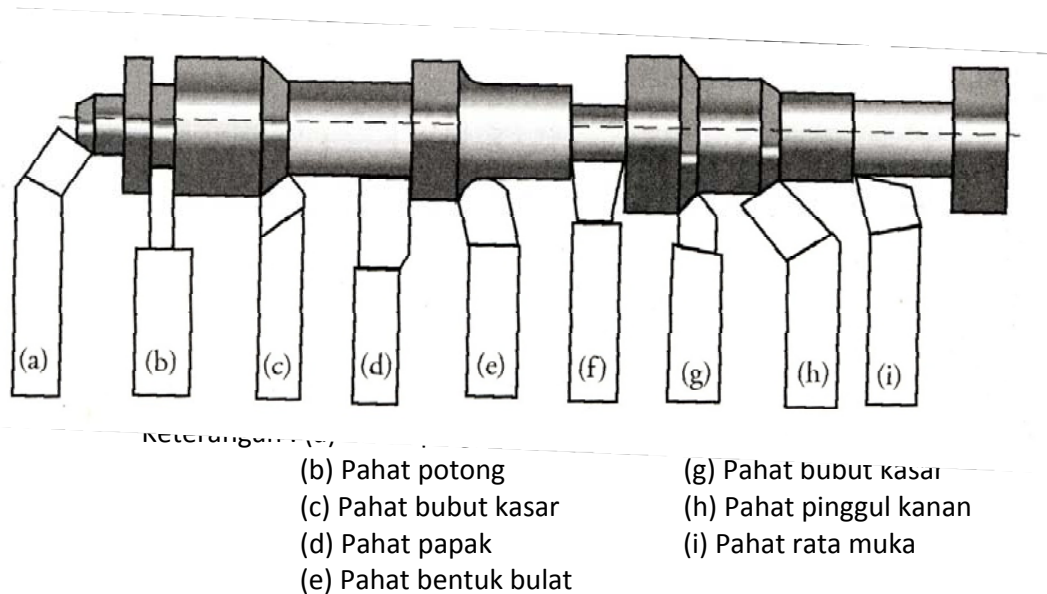
Rel dari mesin bubut berbentuk datar atau V, merupakan tempat jalannya atau sebagai rel dari kereta dan kepala gerak.



Gambar 8. Bagian-bagian mesin bubut

b. Jenis Pahat Bubut.

Menurut bentuknya, pahat bubut dapat dikelompokkan menjadi :



c. Proses-proses Pada Mesin Bubut.

Berbagai proses yang dapat dilakukan pada mesin bubut dapat dibagi menjadi beberapa macam proses seperti yang ditunjukkan pada gambar 9 berikut ini.

1. Membubut silindris (*turning*).

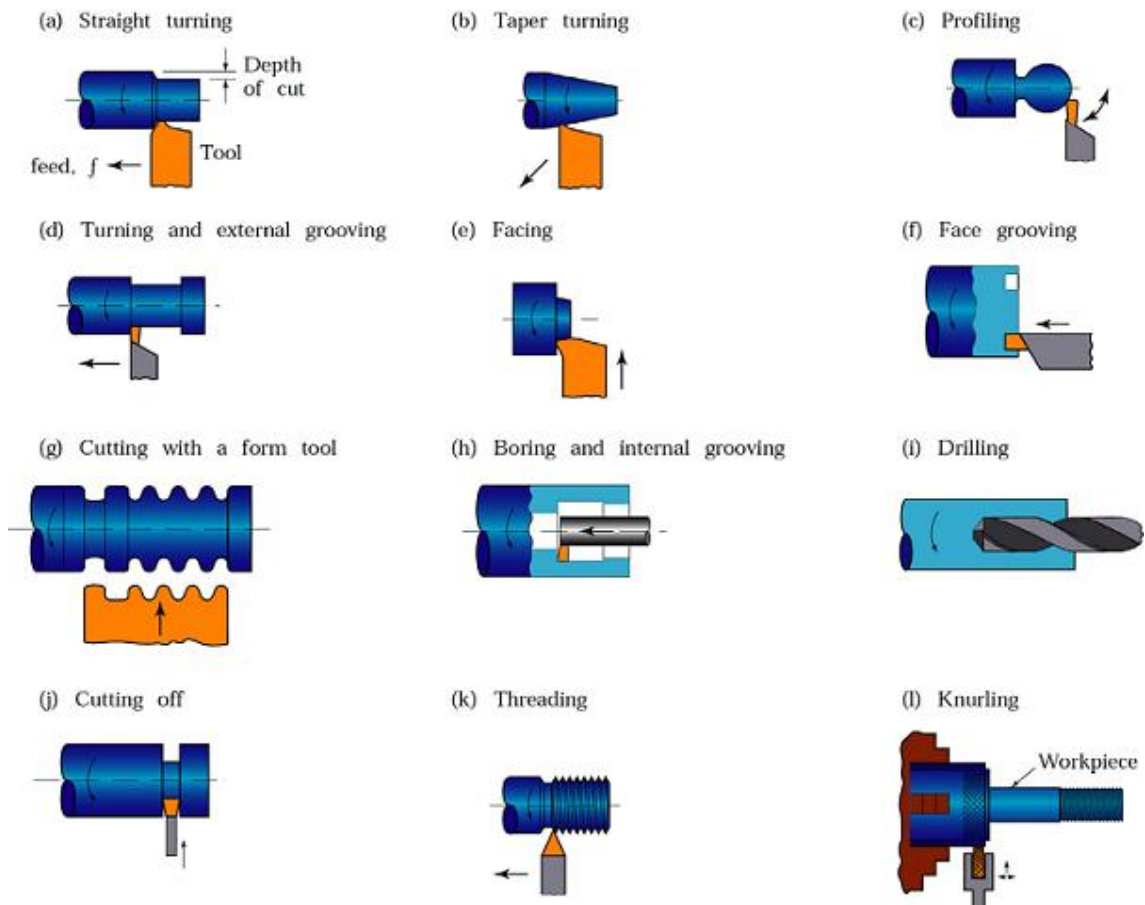
Bertujuan untuk mengurangi diameter luar benda kerja. Gerak pahat potong merupakan gerak lurus sejajar benda kerja. Kadang-kadang berbentuk profil apabila digunakan mesin bubut non-konvensional. Alat ukur yang digunakan adalah micrometer sekrup, jangka sorong. Proses *turning* ditunjukkan pada gambar 9(a), (c), dan (d).

2. Membubut muka (*facing*).

Digunakan untuk mengurangi panjang benda kerja atau memotong benda kerja. Gerak pahat potong merupakan gerak lurus memotong benda kerja yang dilakukan

BAB II PROSES PEMESINAN

dengan menjalankan *cross slide* atau *compound rest*. Proses *facing* ditunjukkan pada gambar 9(e) dan (f).



Gambar 9. Proses-proses pada mesin bubut

3. *Boring*.

Digunakan untuk memperbesar diameter lubang. Proses *boring* ditunjukkan pada gambar 9(h).

4. Pembuatan ulir (*Threading*).

Untuk membuat ulir baik ulir dalam maupun ulir luar. Proses *threading* ditunjukkan pada gambar 9(k).

BAB II PROSES PEMESINAN

5. Memotong (*cutting off*).

Merupakan proses pemisahan benda kerja menjadi dua bagian. Pahat potongnya sangat tipis sehingga memerlukan kecepatan potong dan gerak makan yang rendah serta dilakukan dengan hati-hati agar tidak patah. Proses *cutting off* ditunjukkan pada gambar 9(g) dan (j).

6. *Drilling*.

Untuk pembuatan lubang yang dalam. Proses *drilling* ditunjukkan pada gambar 29(i).

7. *Knurling*.

Merupakan proses untuk membentuk permukaan luar benda kerja (bentuk silindris) sehingga menjadi kasar dengan geometri tertentu yang digunakan sebagai tempat pegangan tangan. Proses *knurling* ditunjukkan pada gambar 9(l).

8. Pemotongan tirus (*taper turning*).

Proses *taper turning* ditunjukkan pada gambar 9(b).

Berdasarkan fungsinya, pahat bubut dapat dikelompokkan menjadi sebagai berikut :

1. Pahat bubut rata.

Pahat rata digunakan untuk membubut bagian luar benda kerja hingga bulat dan rata.

2. Pahat bubut muka.

Pahat muka digunakan untuk membubut permukaan ujung benda kerja hingga rata.

3. Pahat potong.

Pahat potong digunakan untuk memotong benda kerja atau membuat alur pasak.

4. Pahat bentuk.

Pahat bentuk merupakan pahat yang ujung pemotongnya berbentuk sedemikian rupa sehingga hasil pembubutannya akan berbentuk cekung, cembung, dan lain-lain.

BAB II PROSES PEMESINAN

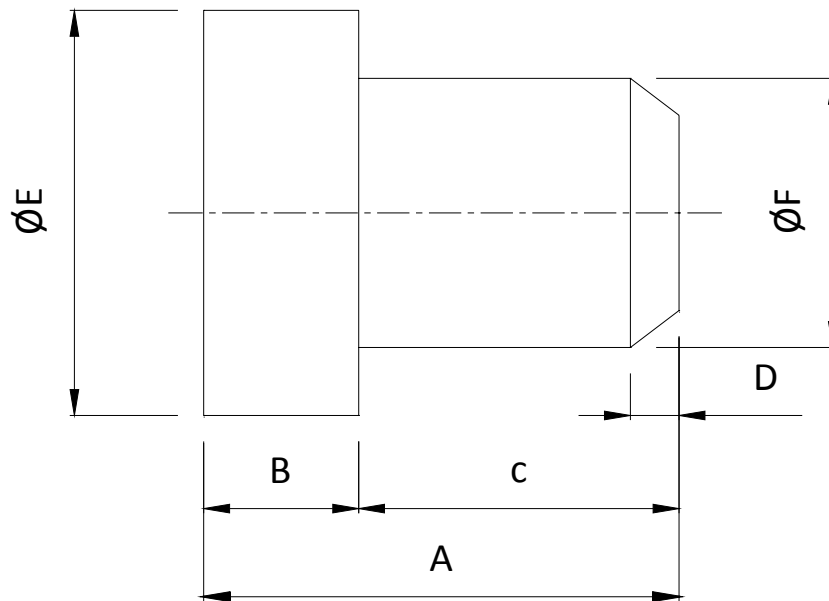
5. Pahat bubut dalam.

Pahat ini digunakan untuk membubut bagian dalam atau lubang benda kerja.

6. Pahat ulir.

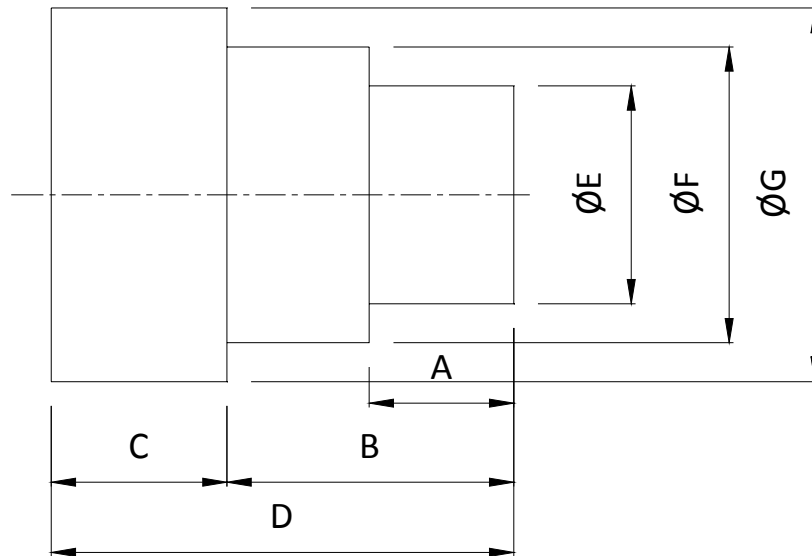
Pahat ulir digunakan untuk membubut ulir pada benda kerja.

Langkah kerja membubut rata :



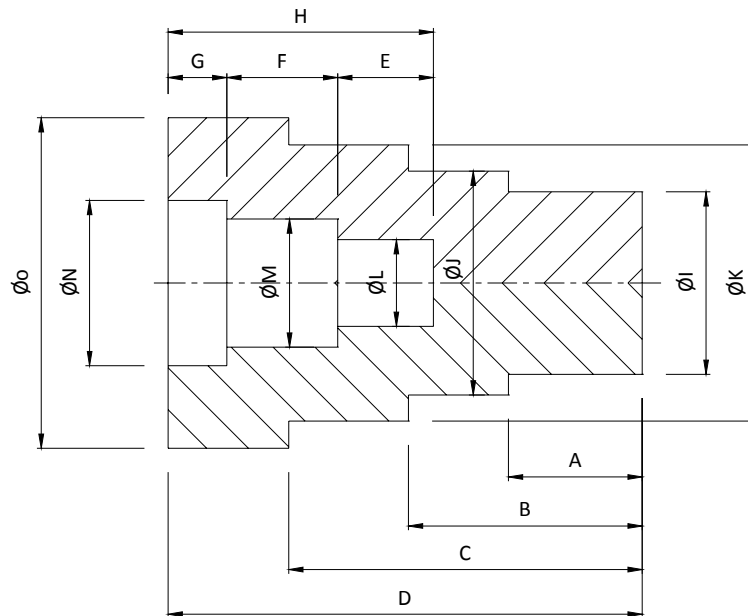
1. Bubut rata sepanjang A sebesar diameter E dengan pahat rata.
2. Bubut rata sepanjang C sebesar diameter F dengan pahat rata.
3. Bubut pinggul D dengan pahat pinggul.

Langkah kerja membubut poros bertingkat :



1. Bubut rata sepanjang D sebesar diameter G dengan pahat rata.
2. Bubut rata sepanjang B sebesar diameter F dengan pahat rata.
3. Bubut rata sepanjang A sebesar diameter E dengan pahat rata.

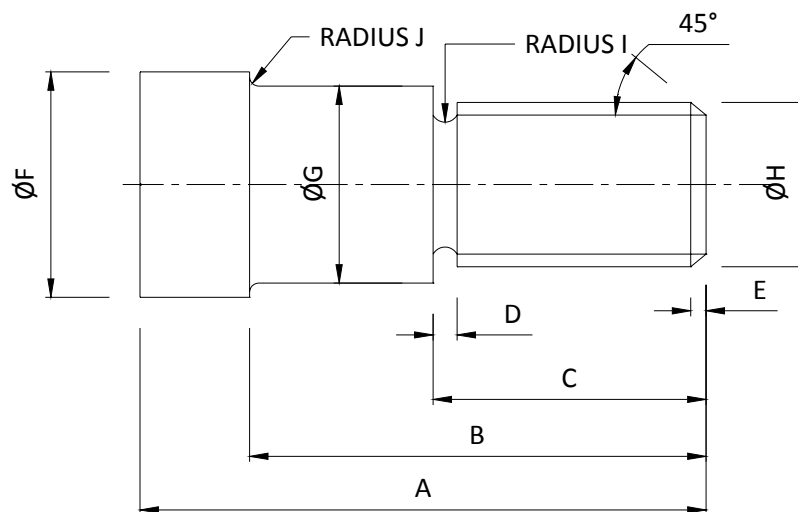
Langkah kerja membubut poros bertingkat dan lubang bertingkat :



BAB II PROSES PEMESINAN

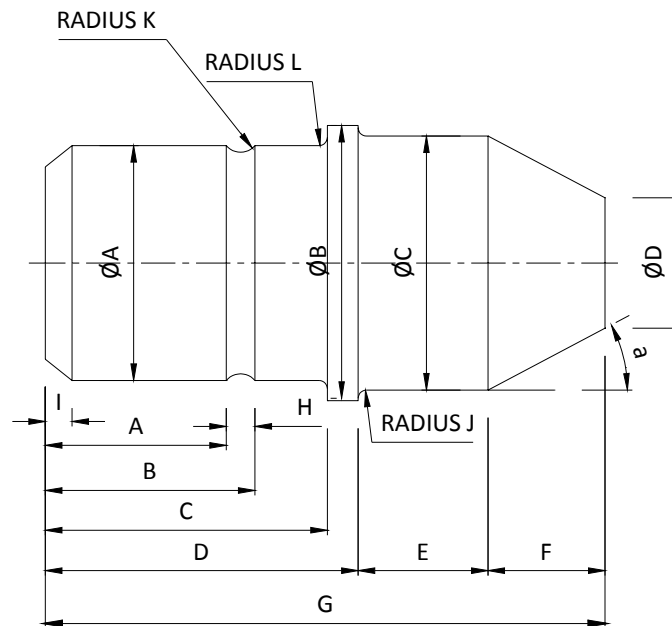
1. Bubut lubang dalam sepanjang E sebesar diameter L dengan pahat dalam.
2. Bubut lubang dalam sepanjang F sebesar diameter M dengan pahat dalam.
3. Bubut lubang dalam sepanjang G sebesar diameter N dengan pahat dalam.
4. Bubut rata sepanjang D sebesar diameter O dengan pahat rata.
5. Bubut rata sepanjang C sebesar diameter K dengan pahat rata.
6. Bubut rata sepanjang B sebesar diameter J dengan pahat rata.
7. Bubut rata sepanjang A sebesar diameter I dengan pahat rata.

Langkah membubut poros bertingkat dan berulir :



1. Bubut rata sepanjang A sebesar diameter F dengan pahat rata.
2. Bubut rata sepanjang B sebesar diameter G dengan pahat rata.
3. Bubut rata sepanjang C sebesar diameter H dengan pahat rata.
4. Bubut radius I sepanjang D dengan pahat bentuk.
5. Bubut radius J dengan pahat bentuk.
6. Bubut pinggul 45° sepanjang E dengan pahat pinggul.
7. Bubut ulir sepanjang C – D sebesar diameter H dengan pahat ulir.

Langkah kerja membubut poros bertingkat dan tirus:



1. Bubut rata sepanjang E sebesar diameter B dengan pahat rata.
2. Bubut rata sepanjang E + F sebesar diameter C dengan pahat rata.
3. Bubut rata sepanjang C sebesar diameter A dengan pahat rata.
4. Bubut radius K sepanjang H dengan pahat bentuk.
5. Bubut radius L dengan pahat bentuk.
6. Bubut pinggul 45° sepanjang I dengan pahat pinggul.
7. Bubut radius J dengan pahat bentuk.
8. Bubut tirus sepanjang F dengan sudut a .

d. Bahan Pahat bubut.

Bahan yang digunakan untuk perkakas bubut harus memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

1. *Hardness*.

Gunanya agar pahat bubut dapat mengadakan penetrasi terhadap benda kerja yang akan diraut.

BAB II PROSES PEMESINAN

2. *Toughness.*

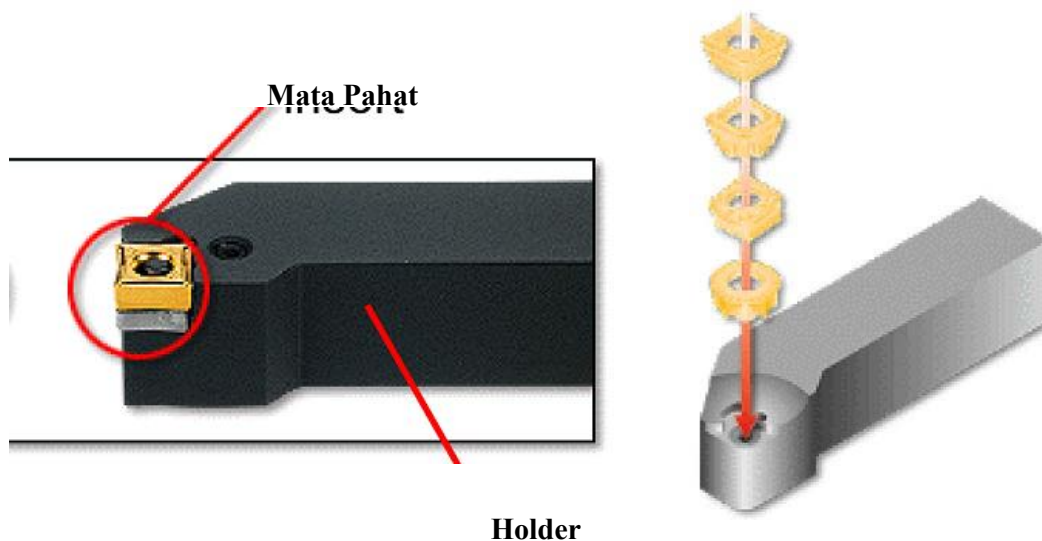
Berfungsi agar pahat bubut tidak mudah patah.

3. *Heat resistance* dan *low wear.*

Berfungsi untuk mengatasi keausan pada pahat bubut yang akan memperpendek umur pahat.

Pada saat ini beberapa jenis logam dikembangkan untuk digunakan sebagai bahan pahat bubut seperti:

1. *Carbon tool steel.*
2. *Low carbon steel.*
3. *High speed steel (HSS).*
4. *Cemented carbide.*
5. *Ceramid tool.*
6. Diamond tool.



Gambar 10. Mata pahat bubut dan pemegangnya

e. Perhitungan Pada Mesin Bubut.

Kecepatan Potong (*Cutting Speed*)

Kecepatan potong dalam proses pembubutan diartikan kecepatan ujung pahat bergerak dalam memotong benda kerja yang berputar dinyatakan dalam meter per menit.

$$\text{Cutting speed } (c_s) = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \text{ meter/menit}$$

dimana : d = diameter benda kerja (mm)

n = kecepatan putaran mesin (rpm)

Jika diameter benda dalam satuan inchi maka gunakan rumus sebagai berikut :

$$C_s = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{12} \text{ feet/menit}$$

dimana : d = diameter benda kerja (inchi)

n = kecepatan putaran mesin (rpm)

Kedalaman Pemotongan (a)

$$i = \frac{D_1 - D_2}{2a}$$

dimana : i = jumlah pemotongan/pembubutan (kali)

D₁ = diameter awal (mm)

D₂ = diameter setelah dibubut (mm)

a = kedalaman pemotongan (mm)

Waktu Potong (T)

$$T = \frac{L}{n \cdot s} \cdot i$$

Dimana : T = lamanya pembubutan berlangsung (menit)

L = panjang benda kerja yang dibubut (mm)

N = putaran poros utama (putaran/menit)

s = speed atau kecepatan pemakanan (mm/putaran)

BAB II PROSES PEMESINAN

Latihan soal :

1. Benda kerja dengan diameter 40 mm dibubut dengan kecepatan sayat 31,4 m/menit. Berapakah putaran mesin yang digunakan ?
2. Benda kerja mempunyai ukuran diameter 1,5 inchi dibubut dengan kecepatan sayat 90 feet/menit. Tentukan putaran mesin yang digunakan.
3. Diameter benda kerja mula-mula berukuran 40 mm dibubut menjadi berdiameter 30 mm dengan kedalaman pemotongan 0,5 mm. Berapa kali kita melakukan pemotongan ?
4. Benda kerja mempunyai ukuran diameter 40 mm akan dibubut dengan kedalaman pemotongan 0,4 mm dan kecepatan pemakanan 0,2 mm/putaran. Panjang yang akan dibubut adalah 200 mm dan diameter setelah dibubut menjadi 32 mm. Tentukan :
 - Berapa kali pemotongan berlangsung.
 - Berapa putaran mesin yang digunakan jika kecepatan potongnya adalah 60 m/menit.
 - Berapa waktu yang dibutuhkan untuk membubut tersebut.

2. Proses Menyekrap (*Shaper* dan *Planner*).

Kedua mesin ini, *shaper* dan *planer*, pada dasarnya sama yaitu hanya dapat memotong menurut garis lurus dengan jenis atau tipe pemotongan yang sama. Perbedaan utamanya adalah :

Shaper : Untuk benda kerja yang kecil.

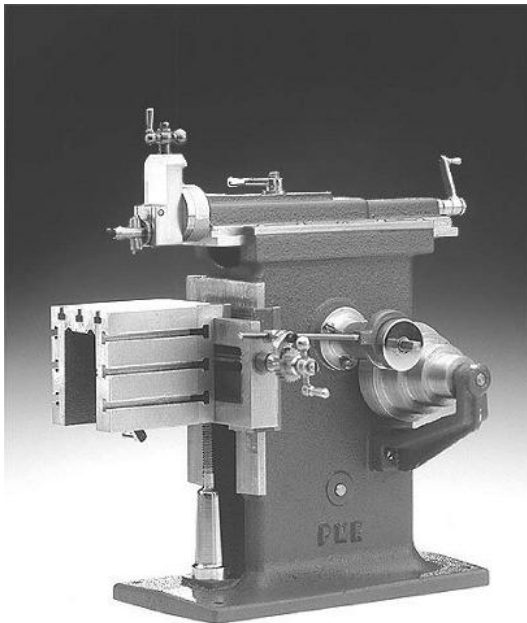
Gerak potong dilakukan pahat (yang melekat pada ram) sedang gerak makan oleh benda kerja (meja).

Planner : Untuk benda kerja yang besar dan berat.

Gerak potong oleh benda kerja (meja) sedang pahat melakukan gerak makan.

a. Bagian-bagian Mesin Sekrap.

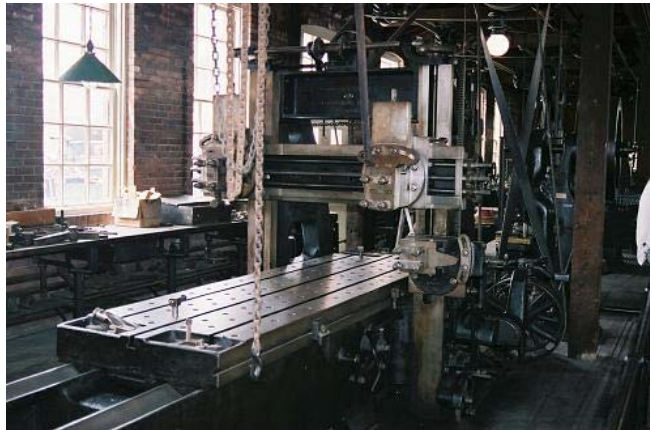
1. Ram, tempat melekatnya *tool head* yang dapat bergerak maju mundur melalui rel dan *column*. Awal pemotongan dan panjang langkahnya dapat diatur sesuai keadaan.
2. *Tool head* : melekat pada bagian ram yang berbentuk lingkaran sehingga dapat dipakai untuk membuat sudut. Gerak *tool head* naik turun pemegang *tool post* dapat diputar beberapa derajat sehingga posisi pahat dapat diatur dengan baik.
3. *Clepper box* : melekat pada *tool box* melalui pena sehingga pada gerak balik pahat potong dapat terangkat baik secara mekanis atau hidrolis.
4. Meja : dapat bergerak ke kiri-kanan baik dengan tangan maupun otomatis. Gerak meja merupakan gerak makan yang dilakukan pada saat pahat potong berada dalam posisi awal atau akhir pemotongan.
5. Meja : dapat bergerak ke kiri-kanan baik dengan tangan maupun otomatis. Gerak meja merupakan gerak makan yang dilakukan pada saat pahat potong berada dalam posisi awal atau akhir pemotongan.



© Copyright 2000-2001 PM Research Inc All Rights Reserved

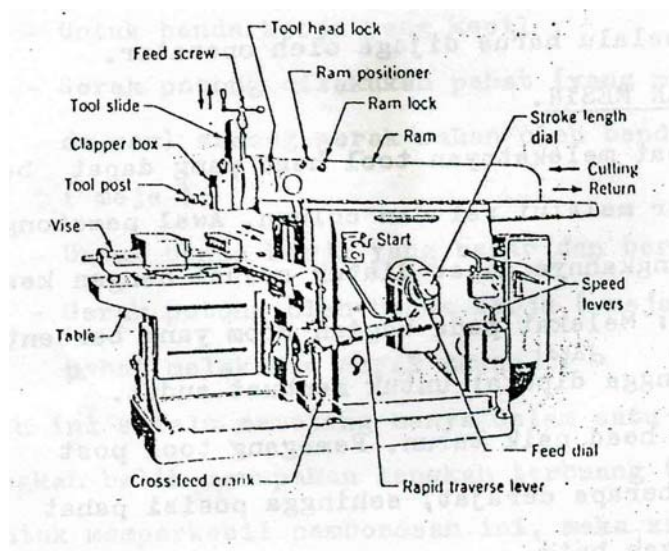


gambar 11. Shaper



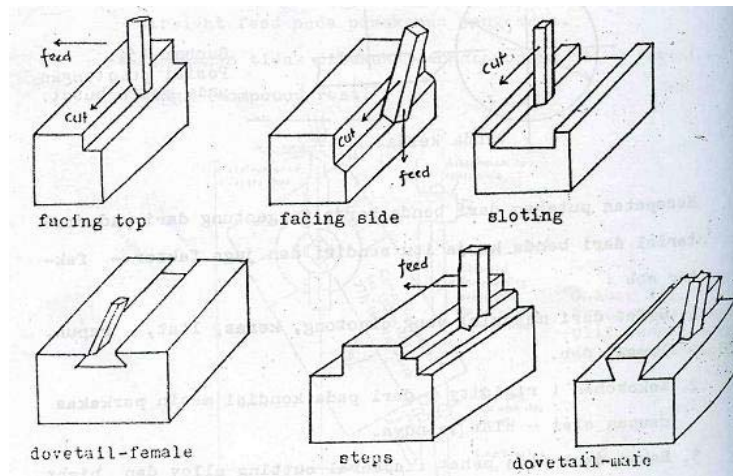
Gambar 12. *Planner*

6. Meja : dapat bergerak ke kiri-kanan baik dengan tangan maupun otomatis. Gerak meja merupakan gerak makan yang dilakukan pada saat pahat potong berada dalam posisi awal atau akhir pemotongan.
7. *Saddle* : dapat bergerak ke atas-bawah yang digerakkan secara manual untuk mendekatkan posisi benda kerja terhadap pahat potong dan memperkirakan secara kasar kedalaman potong yang diperlukan. Kedalaman potong yang sebenarnya diatur dengan memutar *hand crank* pada *tool head*.
8. *Column* : mendukung ram dan sebagai rel dari *saddle*.



b. Macam-macam Proses Sekrap.

Mesin sekrap dapat melakukan beberapa proses pembentukan logam seperti yang ditunjukkan pada gambar 14 berikut ini.



Gambar 14 Berbagai macam proses sekrap

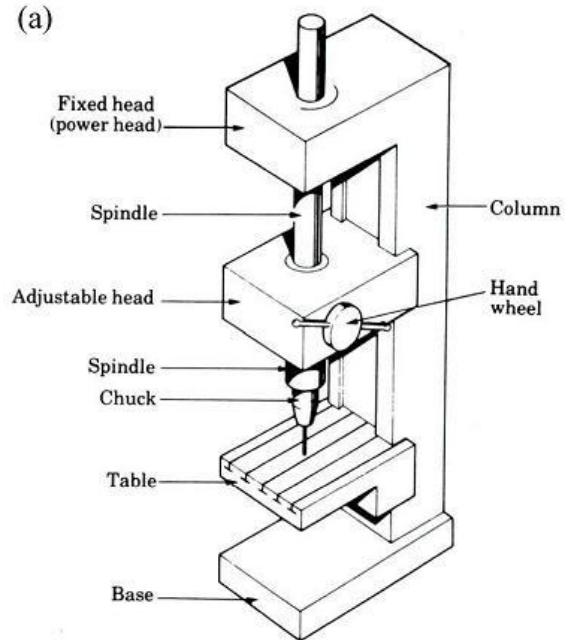
3. Mesin Gurdi (*Drilling machine*).

Pada mesin gurdi baik gerak makan dan gerak potong dilakukan oleh pahat. Gerak makan dapat dilakukan secara manual atau otomatis. Gambar 14 menunjukkan gambar mesin gurdi (*drilling machine*).



Gambar 14. Mesin gurdi (*drilling machine*)

Bagian-bagian mesin gurdi dapat dilihat pada gambar 15. berikut ini.



Gambar 15. Bagian-bagian mesin gurdi

a. Bahan Pahat Gurdi.

Pahat gurdi terbuat dari beberapa bahan logam, yaitu :

1. *Plain high carbon*, pahat ini kurang tahan terhadap panas sehingga tidak dapat digunakan untuk memotong seluruh jenis material benda kerja.
2. *High speed steel (HSS)*, pada umumnya (90%) dari seluruh mata bor dibuat dengan bahan ini.
3. *Tungsten carbide drill*, merupakan 10% dari seluruh mata bor terbuat dari bahan ini.

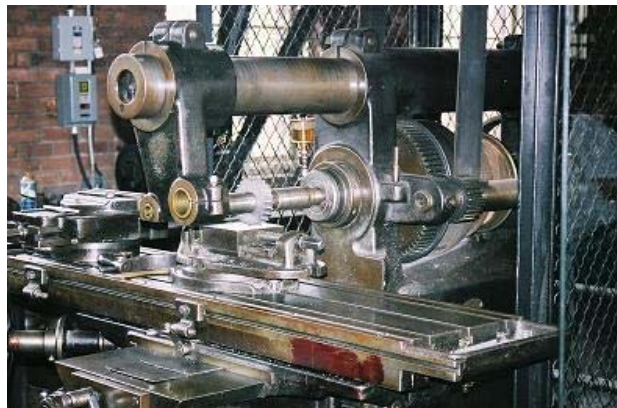
Contoh mata bor yang sering digunakan ditunjukkan pada gambar 16. berikut ini.



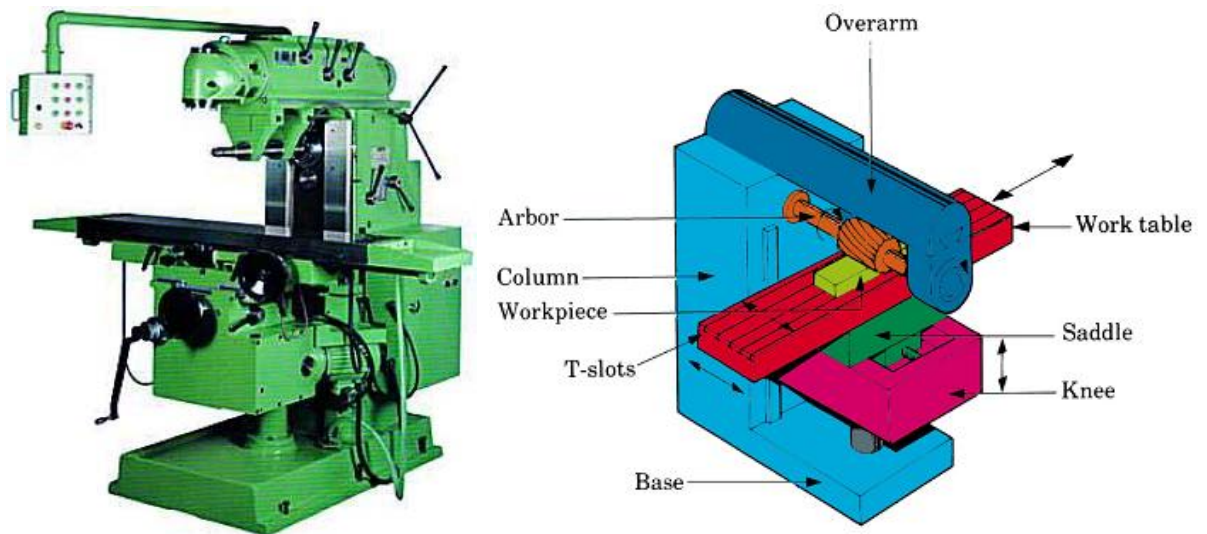
Gambar 16. Mata bor

4. Mesin Frais (*Milling Machine*).

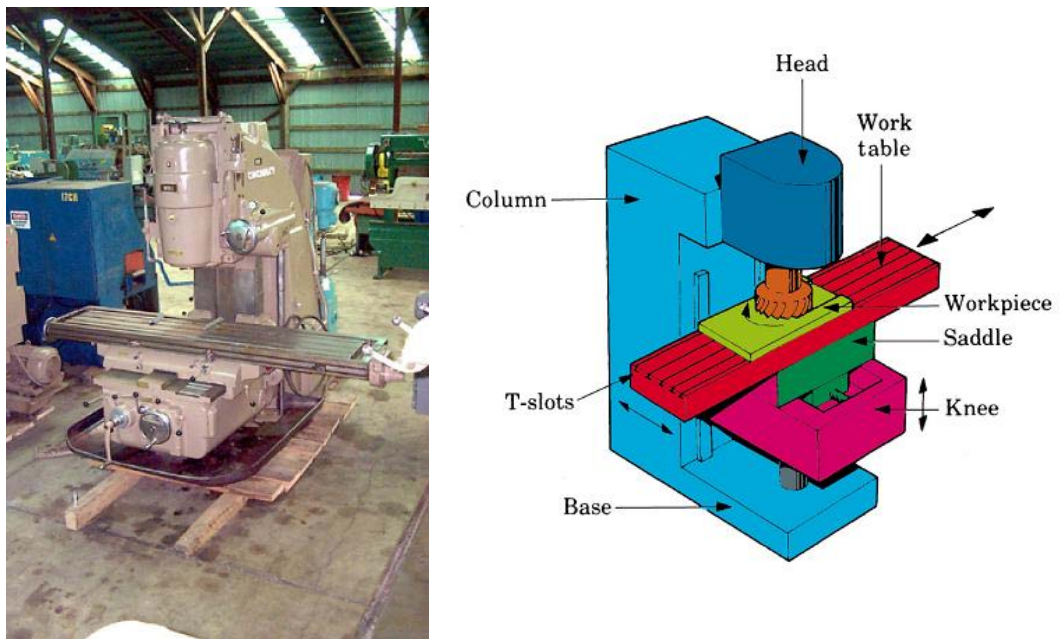
Prinsip dasar dari mesin frais adalah terlepasnya logam (geram) oleh gerakan pahat. Mesin ini dapat melakukan berbagai macam pekerjaan seperti memotong, membuat roda gigi, menghaluskan permukaan dan lain-lain. Gambar berikut ini memperlihatkan jenis-jenis mesin frais yang banyak dipergunakan.



Gambar 17. *Old Horizontal Milling Machine*



Gambar 18. *Horizontal milling machine modern* dan bagian-bagiannya



Gambar 19. *Vertical milling machine* dan bagian-bagiannya

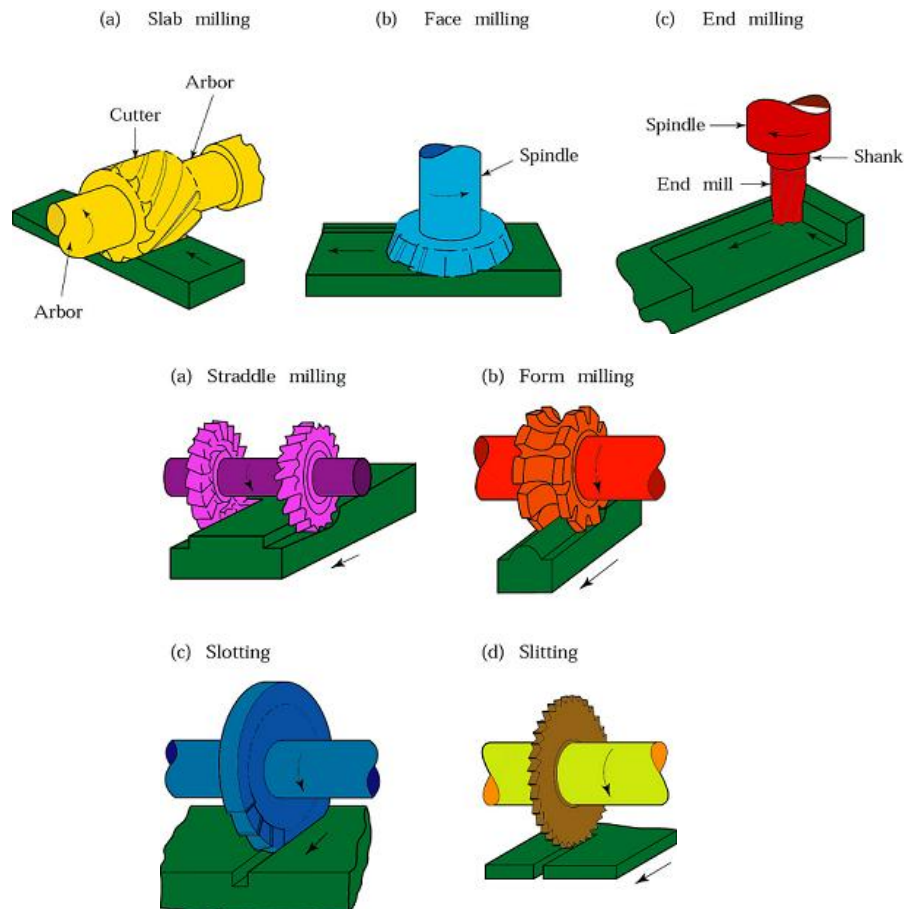
Column dari mesin ini merupakan tulang punggungnya, kadang-kadang dituang menjadi satu dengan *base* dan sebagai penyangga *over arm*. *Knee* merupakan bagian yang berat dari mesin ini yang mendukung *saddle* dan meja yang dapat dinaik-

BAB II PROSES PEMESINAN

turunkan dengan proses berulir (*elevating screw*) guna mendekatkan benda kerja ke pahat potong dan menyatel kedalaman potong. Gerak makan dapat dilakukan baik secara manual maupun dengan cara otomatis pada berbagai arah ataupun kombinasi dari kedua arah tersebut. Perbedaan antara *horizontal* dan *vertical milling machine* hanya terletak pada posisi pahat potong.

Operasi *Milling Machine*.

Macam-macam proses yang dapat dilakukan *milling machine* terlihat pada gambar 20 berikut ini.



Gambar 20. Beberapa operasi *milling machine*



Gambar 21. *Face milling*

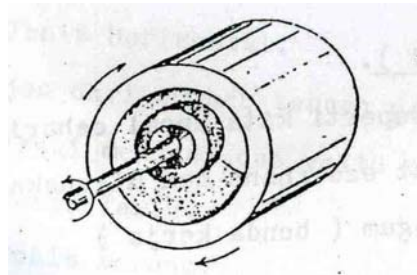
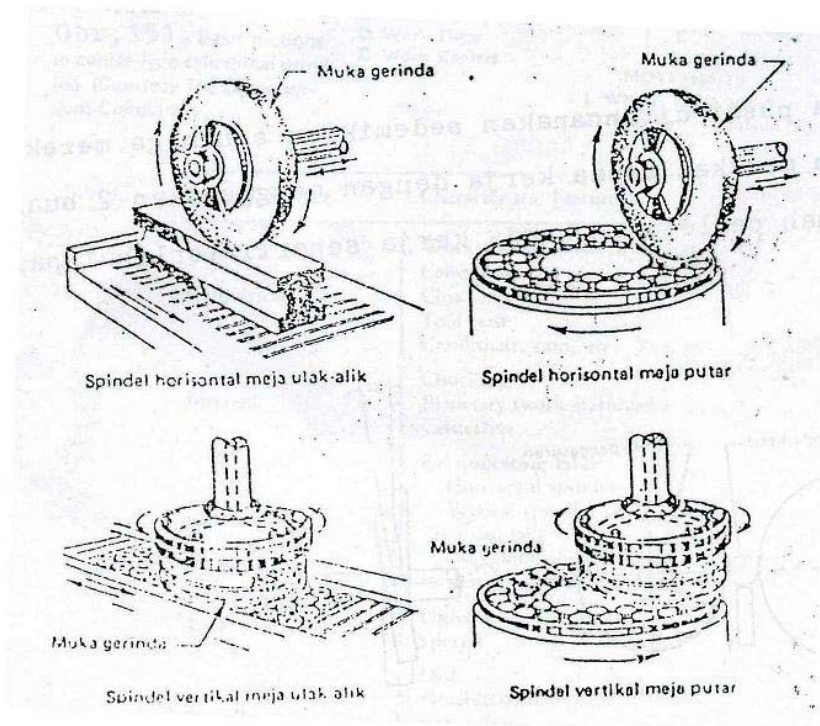
5. Mesin Gerinda (*Grinding Machine*).

Menggerinda berarti menggosok, mengauskan dengan gesekan atau mengasah. Dalam proses pembentukan, hal ini ditunjukkan dengan pelepasan logam oleh suatu roda amplas berputar (*grinding wheel*). Roda pemotong terdiri dari banyak butiran kecil yang dilekatkan bersama, masing-masing butiran berlaku sebagai mata potong miniatur. Mesin gerinda terutama dirancang untuk menyelesaikan pengerjaan permukaan benda kerja berbentuk:

1. Silindris (*cylindrical grinding*).
2. Rata/datar (*face grinding*).
3. Dalam (*internal grinding*).
4. Pahat dan pemotong (*tool and special grinding*).

BAB II PROSES PEMESINAN

Contoh operasi yang bisa dikerjakan dengan mesin gerinda ditunjukkan pada gambar 22.



Gambar 22. Operasi mesin gerinda

6. Mesin Gergaji (*Sawing*).

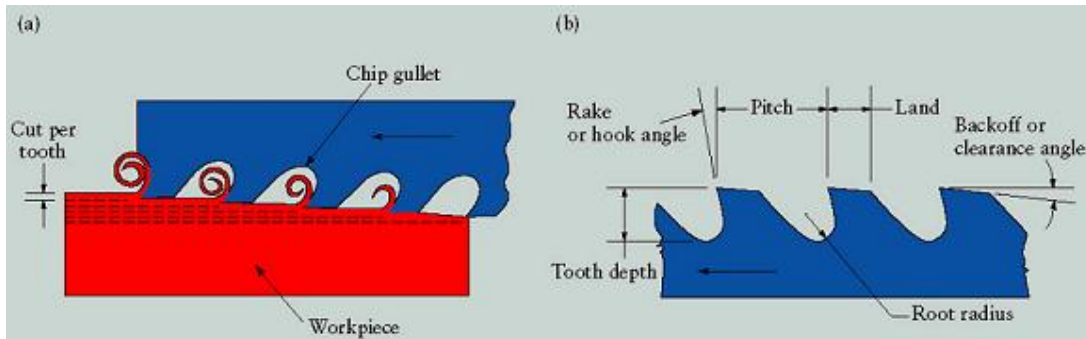
Mesin gergaji seperti kita kenal sehari-hari adalah suatu mesin yang sangat sederhana dan digunakan untuk memotong logam atau non logam (benda kerja). Beberapa jenis mesin gergaji adalah sebagai berikut :

1. Gergaji bolak-balik (*reciprocating saw*).
2. Gergaji bulat (*circular saw*).

BAB II PROSES PEMESINAN

3. Gergaji sabuk (*band saw*).

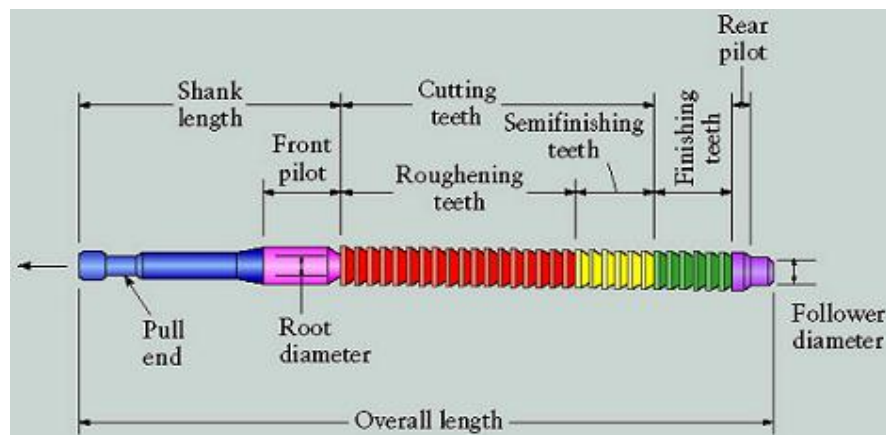
Berikut ini ditunjukkan proses pemakanan pada proses penggergajian benda kerja.



Gambar 23. Proses pemakanan pada proses gergaji

7. Mesin Pembesar Lubang (*Broaching*).

Proses dari mesin pembesar lubang adalah hampir sama dengan proses pada mesin gergaji, hanya berbeda pada bentuk pahat potongnya. Jika pada mesin gergaji pemakanan dan pemotongan benda kerja oleh satu sisi pahat, tetapi pada mesin *broaching* pada keseluruhan dari sisi pahat potong.



Gambar 24. Pahat potong mesin *broaching*

**BAB III
MESIN CNC TU-2A**

1. Pengertian Mesin CNC.

Perkembangan teknologi komputer saat ini telah mengalami kemajuan yang amat pesat. Dalam perkembangan selanjutnya komputer telah diaplikasikan ke dalam alat-alat perkakas mesin diantaranya mesin bubut, mesin frais, mesin bor, dan lain-lain. Hasil perpaduan teknologi komputer dan teknologi mekanik inilah yang selanjutnya dinamakan mesin CNC (*Computer numerically-Controlled*). Dimana sistem pengoperasiannya menggunakan program yang dikontrol langsung oleh komputer. Secara umum konstruksi mesin perkakas CNC dan sistem kerjanya lebih sinkron antara komputer dan mekaniknya. Maka jika dibandingkan dengan mesin perkakas konvensional yang setaraf dan sejenis, maka mesin CNC lebih teliti, lebih tepat, luwes, dan cocok untuk produk massal.

Pengertian singkat mesin CNC (*Computer numerically-Controlled*) adalah suatu mesin yang dikontrol oleh komputer dengan menggunakan bahasa numerik (perintah gerakan dengan menggunakan kode angka dan huruf). Misal pada layar monitor mesin kita tulis **M03**, maka spindel mesin akan berputar, dan apabila kita tulis **M05**, maka spindel mesin akan mati.

Dengan dirancangnya mesin perkakas CNC dapat mengurangi campur tangan operator selama mesin berlangsung, sehingga mempermudah pekerjaan. Oleh karena itu mesin perkakas CNC sangat cocok digunakan untuk produksi massal.

2. Kode Numerik Mesin CNC.

1. Fungsi G.

- G00 : Gerak lurus cepat (tidak boleh menyayat).
- G01 : Gerak lurus penyayatan.
- G02 : Gerak melengkung cekung.
- G03 : Gerak melengkung cembung.
- G04 : Gerakan penyayatan berhenti sesaat.
- G21 : Baris blok sisipan dibuat dengan menekan tombol ~ dan INP.
- G25 : Memanggil program subroutine.
- G27 : Perintah meloncat ke nomor blok yang dituju.
- G33 : Pembuatan ulir tunggal.
- G64 : Mematikan arus step motor.
- G65 : Operasi disket (menyimpan atau memanggil program).
- G73 : Siklus pengeboran dengan pemutusan tatal.
- G78 : Siklus pembuatan ulir.
- G81 : Siklus pengeboran langsung.
- G82 : Siklus pengeboran dengan berhenti sesaat.
- G83 : Siklus pengeboran dengan penarikan tatal.
- G84 : Siklus pembubutan memanjang.
- G85 : Siklus penghalusan lubang secara langsung.
- G86 : Siklus pembuatan alur.
- G88 : Siklus pembubutan melintang.
- G89 : Siklus penghalusan lubang dengan waktu diam sesaat.
- G90 : Program absolut.
- G91 : Program inkremental.
- G92 : Penetapan posisi pahat secara absolut.

2. Fungsi M.

- M00 : Program berhenti.
- M03 : Spindel berputar searah jarum jam (CW).
- M05 : Putaran spindel berhenti.
- M06 : perintah ganti tool.
- M17 : Perintah kembali ke program utama.
- M30 : Program berakhir.
- M99 : Penentuan parameter I dan K.

3. Kode Alarm.

- A00 : Salah perintah fungsi G atau M.
- A01 : Salah perintah G02 atau G03.
- A02 : Nilai X salah.
- A03 : Nilai F salah.
- A04 : Nilai Z salah.
- A05 : Kurang perintah M30.
- A06 : Putaran spindel terlalu cepat.
- A09 : Program tidak ditemukan pada disket.
- A10 : Disket diprotect.
- A11 : Salah memuat disket.
- A12 : Salah pengecekan.
- A13 : Salah satuan mm atau inchi dalam pemuatan.
- A14 : Salah satuan.
- A15 : Nilai H salah.
- A17 : Salah sub program.

C. Jenis Mesin CNC.

Mesin CNC yang akan kita pelajari pada mata kuliah Proses Produksi II ada 2 jenis mesin CNC, yaitu:

1. Mesin CNC TU-2A (2 sumbu).
2. Mesin CNC TU-3A (3 sumbu).

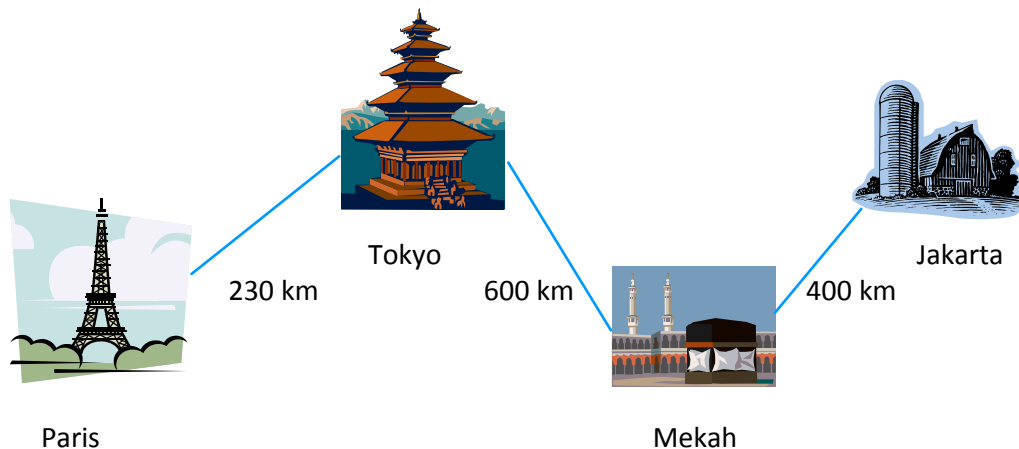
D. Pemrograman Mesin CNC TU-2A.

Untuk melaksanakan perintah jalannya alat potong guna mencapai tujuan yang diinginkan diperlukan pemrograman. Pemrograman adalah suatu urutan perintah yang disusun secara rinci setiap blok per blok untuk memberi masukan mesin CNC tentang apa yang harus dikerjakan.

Pemrograman mesin CNC disusun dalam bentuk sistem koordinat-koordinat. Untuk mesin CNC TU-2A dan TU-3A mempergunakan dua jenis sistem koordinat, yaitu :

1. Sistem inkremental.

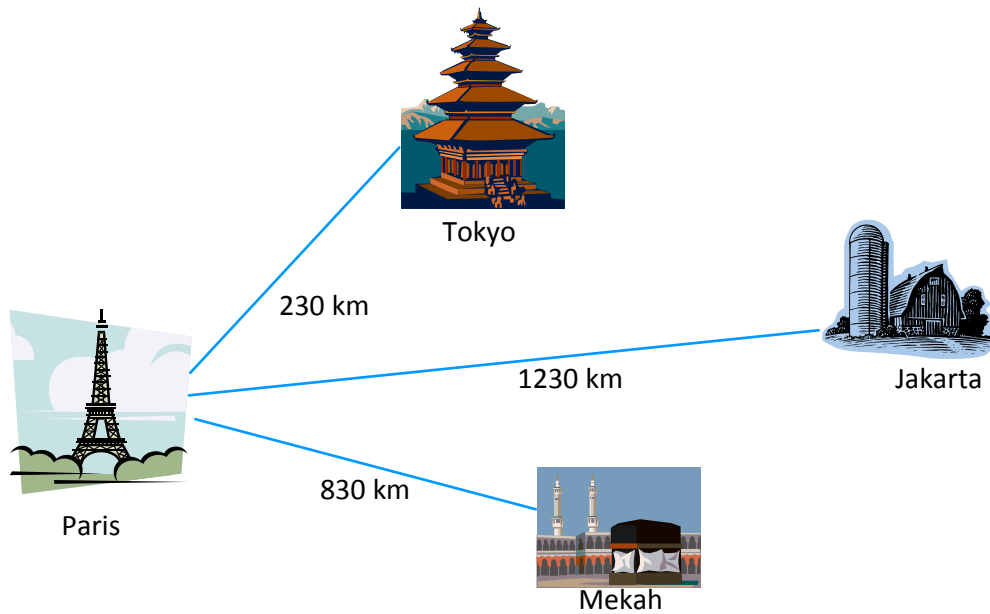
Adalah suatu metode pemrograman dimana titik referensinya selalu berubah yaitu titik akhir yang dituju menjadi titik referensi baru untuk ukuran berikutnya.



Gambar 25. Metode inkremental

2. Sistem absolut.

Adalah suatu metode pemrograman dimana titik referensinya tetap yaitu satu titik/tempat dijadikan referensi untuk semua ukuran berikutnya.

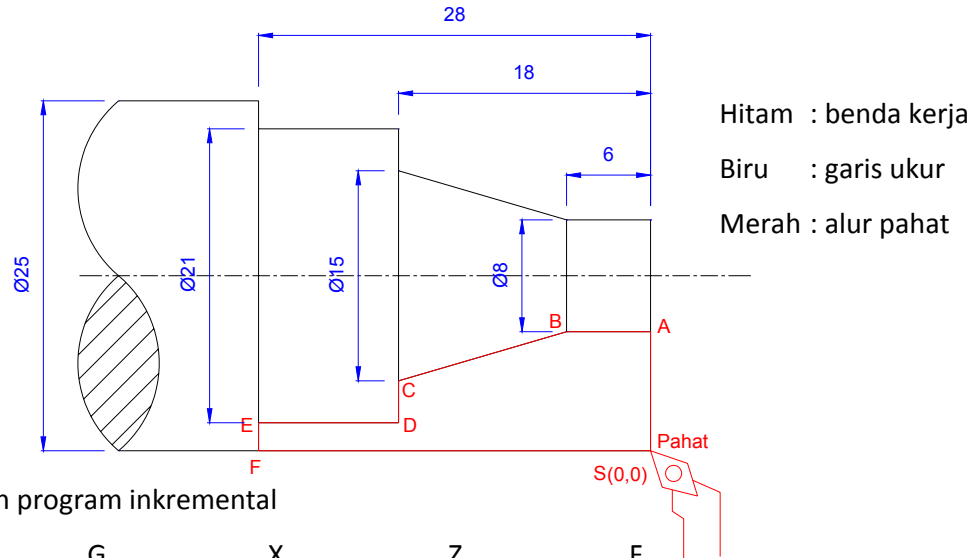


Gambar 26. Metode Absolut

E. Contoh Program Inkremental.

Menyusun program secara inkremental perhitungannya didasarkan pada posisi nol berada, artinya gerakan pahat berikutnya dihitung dari posisi pahat sebelumnya. Dengan kata lain hitungan selanjutnya selalu dimulai dari posisi pahat berada. Lebih jelasnya ikuti ilustrasi di bawah ini dan cermati angka-angkanya.

BABIII MESIN CNC TU-2A



Susunan program inkremental

N	G	X	Z	F	
00	M03				
01	00	-850	00		Dari S ke A
02	01	00	-600	35	Dari A ke B
03	01	350	-1200	35	Dari B ke C
04	01	300	00	35	Dari C ke D
05	01	00	-1000	35	Dari D ke E
06	01	200	00	35	Dari E ke F
07	00	00	2800		Dari F ke S
08	M05				
09	M30				

Keterangan dari program di atas adalah sebagai berikut:

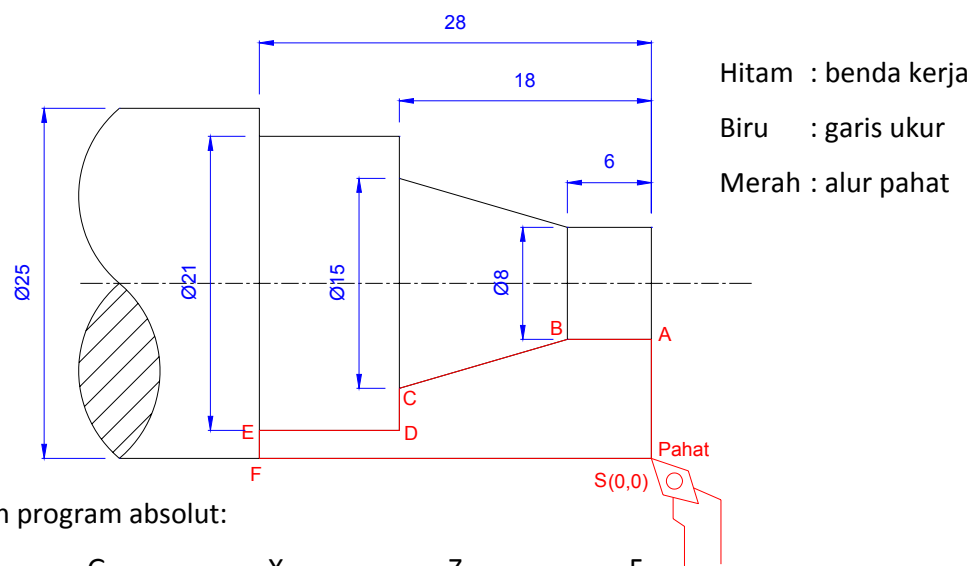
- N00 Mesin diperintahkan memutar spindel searah jarum jam (M03)
- N01 Pahat diperintahkan maju lurus tidak menyayat (G00 X-850 Z0) dari S ke A
- N02 Pahat diperintahkan menyayat lurus memanjang (G01 X0 Z-600 F35) dari A ke B
- N03 Pahat diperintahkan menyayat tirus (G01 X350 Z-1200 F35) dari B ke C
- N04 Pahat diperintahkan menyayat mundur lurus (G01 X300 Z0 F35) dari C ke D
- N05 Pahat diperintahkan menyayat lurus memanjang (G01 X0 Z-1000 F35) dari D ke E
- N06 Pahat diperintahkan menyayat mundur lurus (G01 X200 Z0 F35) dari E ke F
- N07 Pahat diperintahkan gerak cepat tidak menyayat (G00 X0 Z2800) dari F kembali ke S

BABIII MESIN CNC TU-2A

- N08 Putaran spindle berhenti
 N09 Mesin diperintahkan selesai (M30)

F. Contoh Program Absolut.

Penyusunan program absolut perhitungannya didasarkan pada satu titik referensi. Nilai X adalah diameter, sedangkan nilai Z adalah jarak dari titik referensi ke arah memanjang. Untuk lebih jelasnya ikuti ilustrasi program berikut.



Susunan program absolut:

N	G	X	Z	F	
00	92	2500	00		
01	M03				
02	00	800	00	35	Dari S ke A
03	01	800	-600	35	Dari A ke B
04	01	1500	-1800	35	Dari B ke C
05	01	2100	-1800	35	Dari C ke D
06	01	2100	-2800	35	Dari D ke E
07	01	2500	-2800	35	Dari E ke F
08	00	2500	00		Dari F ke S
09	M05				
10	M30				

BABIII MESIN CNC TU-2A

Keterangan dari program di atas adalah sebagai berikut:

- N00 Informasi disampaikan pada mesin bahwa posisi pahat pada diameter 25 dan tepat diujung benda (G92 X2500 Z0)
- N01 Mesin diperintahkan memutarakan spindle searah jarum jam (M03)
- N02 Pahat diperintahkan maju lurus tidak menyayat (G00 X800 Z0) dari S ke A
- N03 Pahat diperintahkan menyayat lurus memanjang (G01 X800 Z-600 F35) dari A ke B
- N04 Pahat diperintahkan menyayat tirus (G01 X1500 Z-1800 F35) dari B ke C
- N05 Pahat diperintahkan menyayat mundur lurus (G01 X2100 Z-1800 F35) dari C ke D
- N06 Pahat diperintahkan menyayat lurus memanjang (G01 X2100 Z-1800 F35) dari D ke E
- N07 Pahat diperintahkan menyayat mundur lurus (G01 X2500 Z-2800 F35) dari E ke F
- N08 Pahat diperintahkan gerak cepat tidak menyayat (G00 X2500 Z0) dari F kembali ke S
- N09 Putaran spindle berhenti
- N10 Mesin diperintahkan selesai (M30)

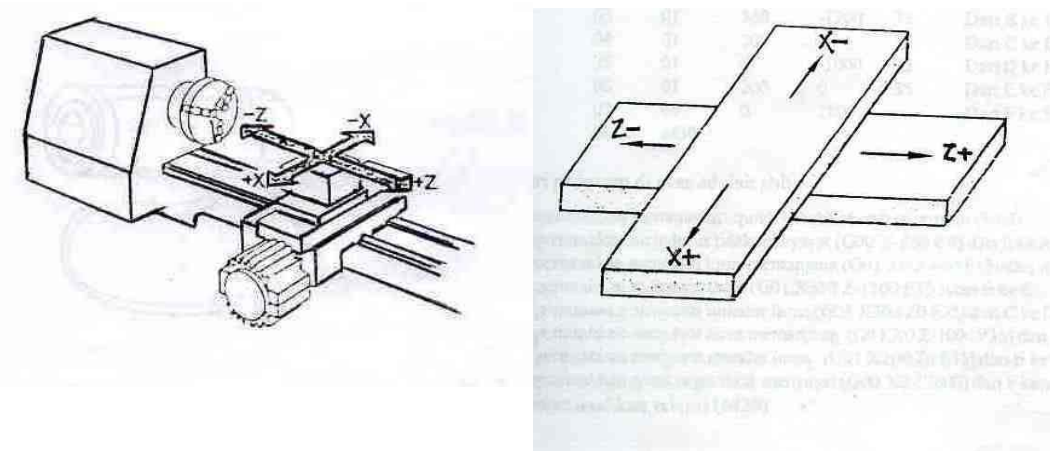
G. Prinsip Kerja Mesin Bubut CNC TU-2A.

Mesin bubut CNC TU-2A mempunyai gerakan dasar ke arah melintang dan horizontal dengan koordinat sumbu X dan Z. Prinsip kerja mesin bubut CNC TU-2A adalah benda kerja yang terpasang pada cekam berputar sedangkan alat potong diam.

Untuk arah gerakan pada mesin bubut diberi lambang sebagai berikut :

1. Sumbu X untuk arah gerakan melintang tegak lurus terhadap sumbu putar.
2. Sumbu Z untuk arah gerakan memanjang yang sejajar sumbu putar.

Untuk memperjelas fungsi sumbu-sumbunya dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

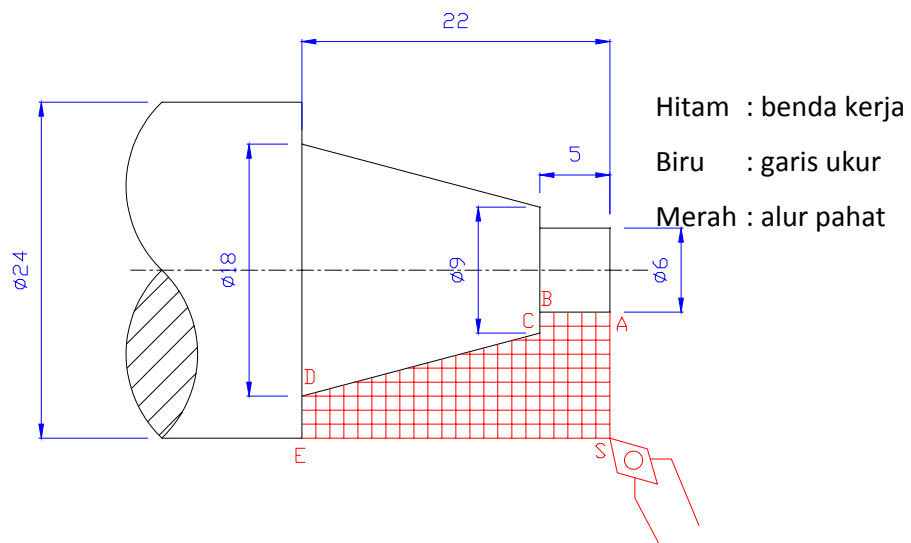


H. PERINTAH G00

N..... G00 X..... Z.....

- N : Nomor blok
- G00 : Gerak lurus cepat tidak menyayat
- X : Diameter yang dituju/gerak melintang (0,01 mm)
- Z : Gerak memanjang (0,01 mm)

Contoh :



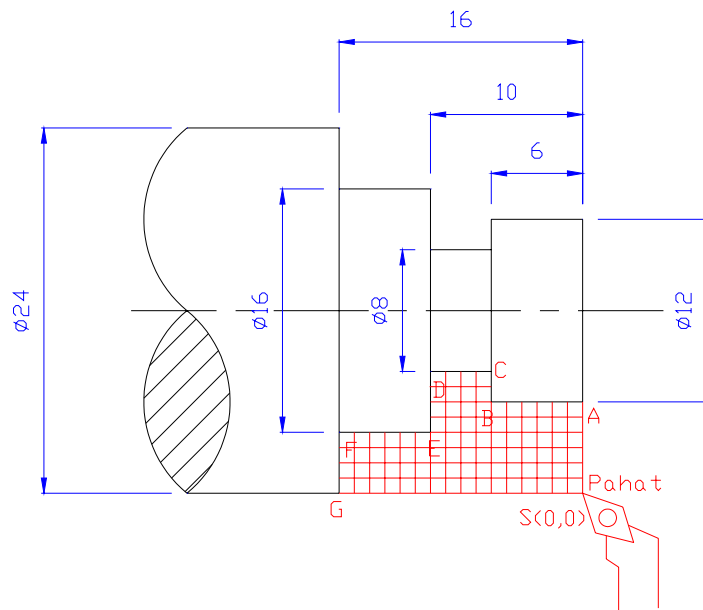
Susunan program simulasi ploter (tanpa benda kerja) mengikuti alur gerakan S-A-B-C-D-E-S

BABIII MESIN CNC TU-2A

Sistem inkremental				Sistem absolut			
N	G	X	Z	N	G	X	Z
00	M03			00	92	2400	00
01	00	-900	00	01	M03		
02	00	00	-500	02	00	600	00
03	00	150	00	03	00	600	-500
04	00	450	-1700	04	00	900	-500
05	00	300	00	05	00	1800	-2200
06	00	00	2200	06	00	2400	-2200
07	M05			07	00	2400	00
08	M30			08	M05		
				09	M30		

LATIHAN :

Susunan program simulasi ploter (tanpa benda kerja) mengikuti alur gerakan S-A-B-C-D-E-F-G-S



BABIII MESIN CNC TU-2A

JAWAB :

Sistem Inkremental

N	G	X	Z
00	M03		
01	00	-600	00
02	00	00	-600
03	00	-200	00
04	00	00	-400
05	00	400	00
06	00	00	-600
07	00	400	00
08	00	00	1600
09	M05		
10	M30		

Sistem Absolut

N	G	X	Z
00	92	2400	00
01	M03		
02	00	1200	00
03	00	1200	-600
04	00	800	-600
05	00	800	-1000
06	00	1600	-1000
07	00	1600	-1600
08	00	2400	-1600
09	00	2400	00
10	M05		
11	M30		

I. PERINTAH G01

N..... G01 X..... Z..... F.....
--

N : Nomor blok

G01 : Gerak lurus menyayat

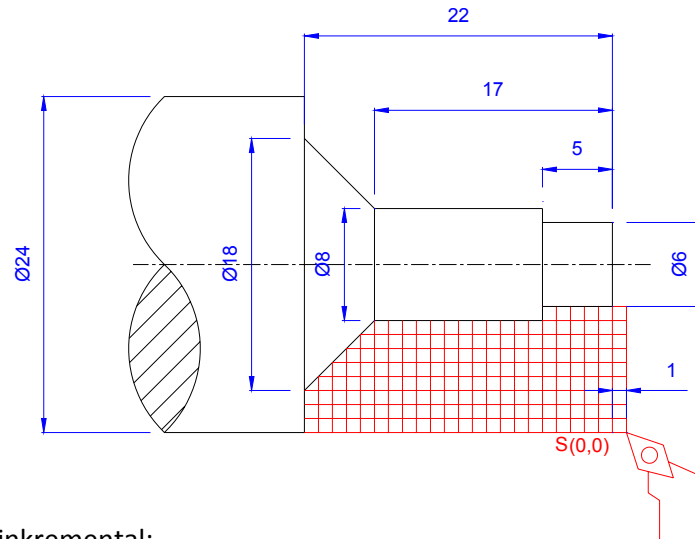
X : Diameter yang dituju/gerak melintang (0,01 mm)

Z : Gerak memanjang (0,01 mm)

F : Feeding (mm/menit)

BABIII MESIN CNC TU-2A

Contoh:



Sistem inkremental:

N	G	X	Z	F
00	M03			
01	00	-100	00	
02	01	00	-2300	35
03	00	00	2300	
04	00	-100	00	
05	01	00	-2300	35
06	00	00	2300	
07	00	-100	00	
08	01	00	-2300	35
09	00	00	2300	
10	00	-100	00	
11	01	00	-2200	35
12	00	00	2200	
13	00	-100	00	
14	01	00	-2100	35
15	00	00	2100	
16	00	-100	00	
17	01	00	-2000	35
18	00	00	2000	
19	00	-100	00	
20	01	00	-1900	35

BABIII MESIN CNC TU-2A

21	00	00	1900	
22	00	-100	00	
23	01	00	-1800	35
24	00	100	00	
25	00	00	1800	
26	00	-200	00	
27	01	00	-600	35
28	01	100	00	35
29	01	00	-1200	35
30	01	100	-100	35
31	01	100	-100	35
32	01	100	-100	35
33	01	100	-100	35
34	01	100	-100	35
35	01	300	00	35
36	00	00	2300	
37	M05			
38	M30			

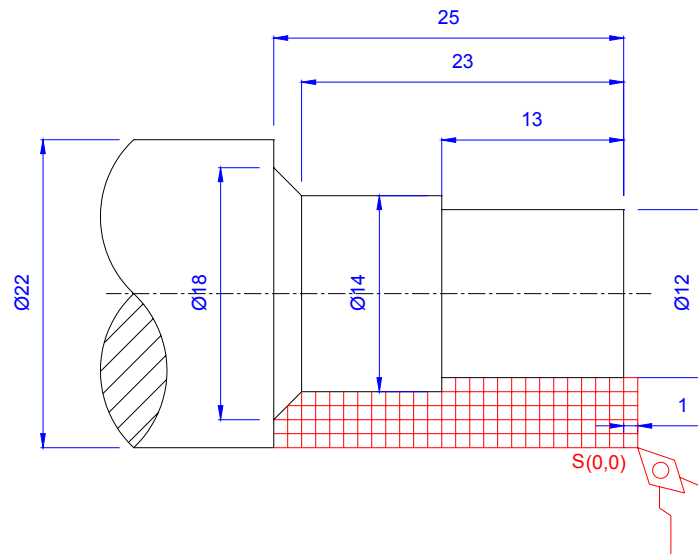
Sistem absolut:

N	G	X	Z	F
00	92	2400	100	
01	M03			
02	00	2200	100	
03	01	2200	-2200	35
04	00	2200	100	
05	00	2000	100	
06	01	2000	-2200	35
07	00	2000	100	
08	00	1800	100	
09	01	1800	-2200	35
10	00	1800	100	
11	00	1600	100	
12	01	1600	-2100	35
13	00	1600	100	
14	00	1400	100	
15	01	1400	-2000	35
16	00	1400	100	
17	00	1200	100	
18	01	1200	-1900	35
19	00	1200	100	

BABIII MESIN CNC TU-2A

20	00	1000	100	
21	01	1000	-1800	35
22	00	1000	100	
23	00	800	100	
24	00	800	-1700	
25	00	1000	-1700	
26	00	1000	100	
27	00	600	100	
28	01	600	-500	35
29	01	800	-500	35
30	01	800	-1700	35
31	01	1000	-1800	35
32	01	1200	-1900	35
33	01	1400	-2000	35
34	01	1600	-2100	35
35	01	1800	-2200	35
36	01	2400	-2200	35
37	00	2400	100	
38	M05			
39	M30			

Latihan :



BABIII MESIN CNC TU-2A

Jawab :

Sistem inkremental :

N	G	X	Z	F
00	M03			
01	00	-100	00	
02	01	00	-2600	35
03	00	00	2600	
04	00	-100	00	
05	01	00	-2600	35
06	00	00	2600	
07	00	-100	00	
08	01	00	-2500	35
09	00	00	2500	
10	00	-100	00	
11	01	00	-2400	35
12	00	100	00	
13	00	00	2400	
14	00	-200	00	
15	01	00	-1400	35
16	01	100	00	35
17	01	00	-1000	35
18	01	200	-200	35
19	01	200	00	35
20	00	00	2600	
21	M05			
22	M30			

Sistem absolut :

N	G	X	Z	F
00	92	2200	100	
01	M03			
02	00	2000	100	
03	01	2000	-2500	35
04	00	2000	100	
05	00	1800	100	
06	01	1800	-2500	35
07	00	1800	100	
08	00	1600	100	
09	01	1600	-2400	35
10	00	1600	100	

BABIII MESIN CNC TU-2A

11	00	1400	100	
12	01	1400	-2300	35
13	01	1600	-2300	35
14	00	1600	100	
15	00	1200	100	
16	01	1200	-1300	35
17	01	1400	-1300	35
18	01	1400	-2300	35
19	01	1800	-2500	35
20	01	2200	-2500	35
21	00	2200	100	
22	M05			
23	M30			

J. PERINTAH G84

N..... G84 X..... Z..... F..... H.....

N : Nomor blok

G84 : Perintah siklus pembubutan memanjang

X : Diameter yang dituju/gerak melintang (0,01 mm)

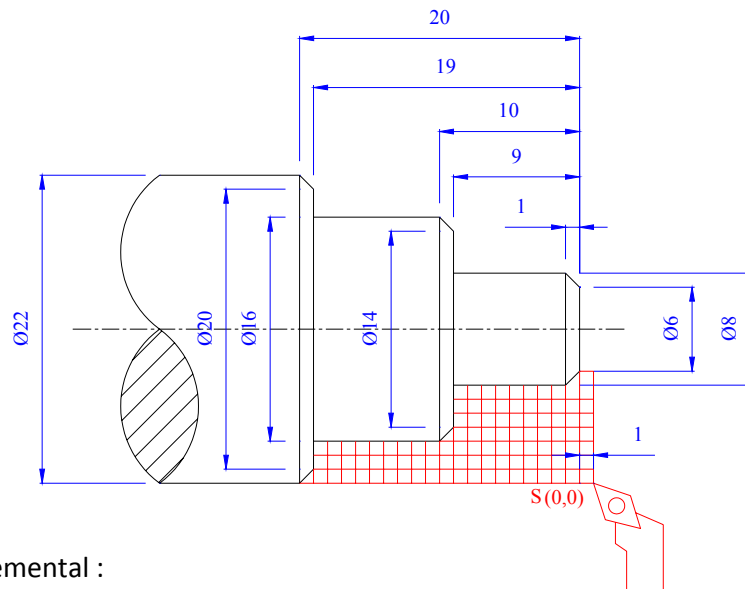
Z : Gerak memanjang (0,01 mm)

F : Feeding (mm/menit)

H : Kedalaman tiap kali penyayatan (0,01 mm)

BAB III MESIN CNC TU-2A

Contoh :



Sistem inkremental :

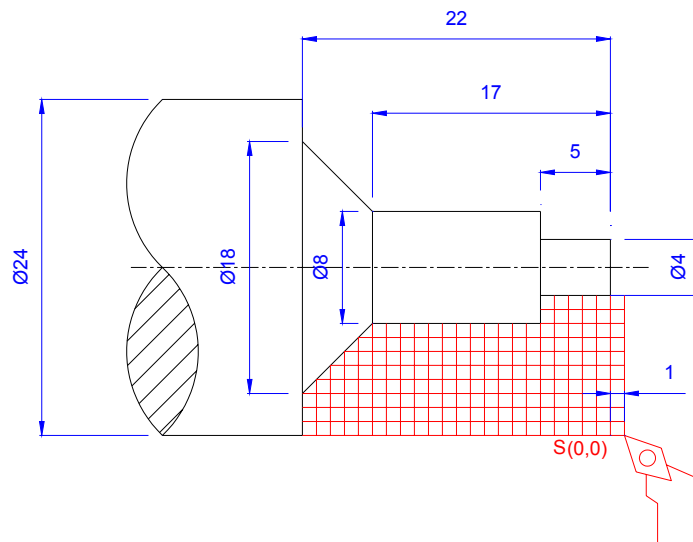
N	G	X	Z	F	H
00	M03				
01	84	-300	-2000	35	100
02	00	-300	00		
03	84	-400	-1000	35	100
04	00	-500	00		
05	01	00	-100	35	
06	01	100	-100	35	
07	01	00	-800	35	
08	01	300	00	35	
09	01	100	-100	35	
10	01	00	-900	35	
11	01	200	00	35	
12	01	100	-100	35	
13	00	00	2100		
14	M05				
15	M30				

BABIII MESIN CNC TU-2A

Sistem absolut :

N	G	X	Z	F	H
00	92	2200	100		
01	M03				
02	84	1600	-1900	35	100
03	00	1600	100		
04	84	800	-1900	35	100
05	00	600	100		
06	01	600	00	35	
07	01	800	-100	35	
08	01	800	-900	35	
09	01	1400	-900	35	
10	01	1600	-1000	35	
11	01	1600	-1900	35	
12	01	2000	-1900	35	
13	01	2200	-2000	35	
14	00	2200	100		
15	M05				
16	M30				

Latihan :



BABIII MESIN CNC TU-2A

Jawab :

Sistem inkremental :

N	G	X	Z	F	H
00	M03				
01	84	-300	-2300	35	100
02	00	-400	00		
03	01	00	-2200	35	
04	00	00	2200		
05	00	-100	00		
06	01	00	-2100	35	
07	00	00	2100		
08	00	-100	00		
09	01	00	-2000	35	
10	00	00	2000		
11	00	-100	00		
12	01	00	-1900	35	
13	00	00	1900		
14	00	-100	00		
15	01	00	-1800	35	
16	00	00	1800		
17	84	-200	-600	35	100
18	00	-200	00		
19	01	00	-600	35	
20	01	200	00	35	
21	01	00	-1200	35	
22	01	100	-100	35	
23	01	100	-100	35	
24	01	100	-100	35	
25	01	100	-100	35	
26	01	100	-100	35	
27	01	300	00	35	
28	00	00	2300		
29	M05				
30	M30				

BABIII MESIN CNC TU-2A

Sistem absolut :

N	G	X	Z	F	H
00	92	2400	100		
01	M03				
02	84	1800	-2200	35	100
03	00	1600	100		
04	01	1600	-2100	35	
05	00	1600	100		
06	00	1400	100		
07	01	1400	-2000	35	
08	00	1400	100		
09	00	1200	100		
10	01	1200	-1900	35	
11	00	1200	100		
12	00	1000	100		
13	01	1000	-1800	35	
14	00	1000	100		
15	00	800	100		
16	01	800	-1700	35	
17	00	800	100		
18	84	400	-500	35	100
19	01	400	00	35	
20	01	400	-500	35	
21	01	800	-500	35	
22	01	800	-1700	35	
23	01	1000	-1800	35	
24	01	1200	-1900	35	
25	01	1400	-2000	35	
26	01	1600	-2100	35	
27	01	1800	-2200	35	
28	01	2400	-2200	35	
29	00	2400	100		
30	M05				
31	M30				

K. PERINTAH G02

N..... G02 X..... Z..... F.....
N..... M99 I..... K.....

N : Nomor blok

G02 : Gerak melengkung menyayat cekung

X : Diameter yang dituju/gerak melintang (0,01 mm)

Z : Gerak memanjang (0,01 mm)

F : Feeding (mm/menit)

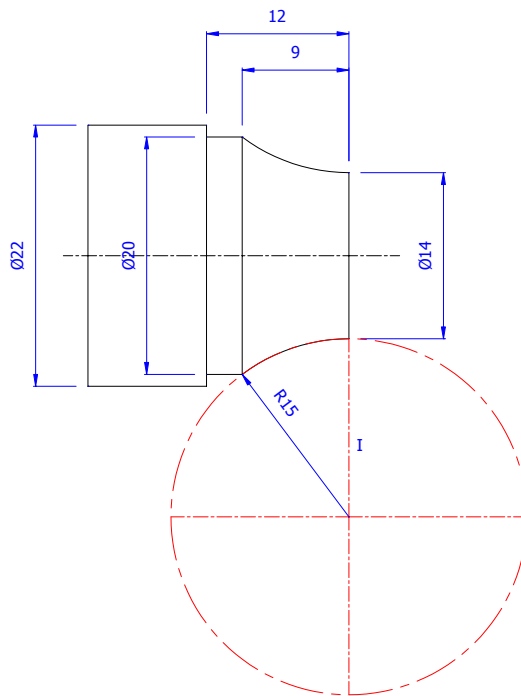
M99 : Penentuan parameter I dan K

I : Jarak titik start melengkung sampai ke titik pusat lengkungan tegak
Lurus searah sumbu X

K : Jarak titik start melengkung sampai ke titik pusat lengkungan tegak
Lurus searah sumbu Z

BABIII MESIN CNC TU-2A

Contoh



Dari gambar disamping dapat diketahui bahwa besarnya :

$$I = R = 15$$

$$K = 0$$

Maka program gerakan melengkung sebagai berikut :

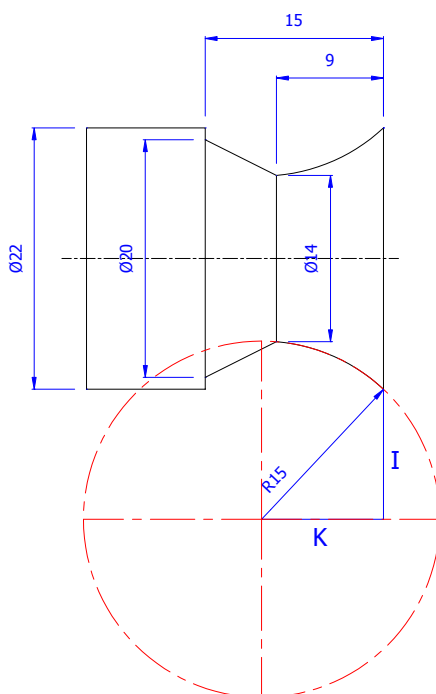
Absolut

```
N... G00 X1400 Z0
N... G02 X2000 Z-900 F35
N... M99 I1500 K0
```

Inkremental

```
N... G02 X300 Z-900 F35
N... M99 I1500 K0
```

Contoh



Dari gambar terlihat bahwa:

$$K = 9$$

Panjang I dicari menggunakan rumus Phytagoras, diperoleh:

$$I = \sqrt{15^2 - 9^2} = 12$$

Maka program gerakan melengkung sebagai berikut :

Absolut

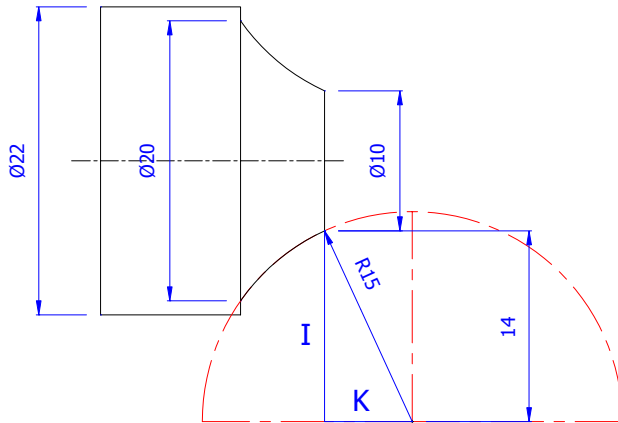
```
N... G00 X2000 Z0
N... G02 X1400 Z-900 F35
N... M99 I1200 K900
```

Inkremental

```
N... G02 X-300 Z-900 F35
N... M99 I1200 K900
```

BABIII MESIN CNC TU-2A

Contoh



Dari gambar dapat diketahui:

$$I = 14$$

Sedangkan nilai K diperoleh dengan menggunakan rumus Pythagoras:

$$K = \sqrt{15^2 - 14^2} = 5,39$$

Maka program gerakan sebagai berikut :

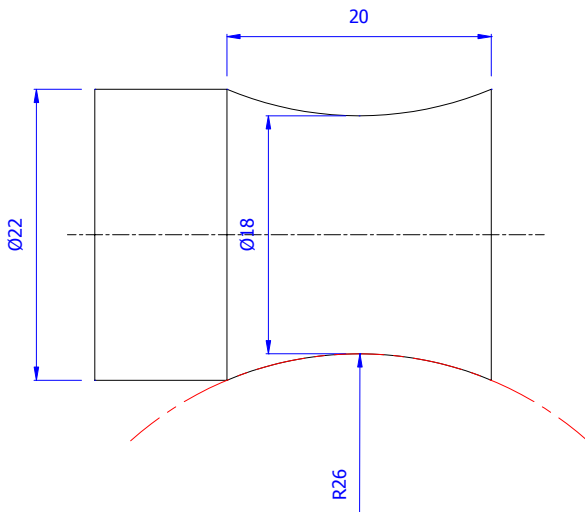
Absolut

```
N...G01 X1000 Z0
N...G02 X1800 Z-581 F35
N...M99 I1400 K539
```

Inkremental

```
N...G02 X-400 Z-581 F35
N...M99 I1400 K539
```

Contoh



Dari gambar terlihat bahwa:

$$K = 10$$

Panjang I dicari menggunakan rumus Pythagoras, diperoleh:

$$I = \sqrt{26^2 - 10^2} = 24$$

Maka program gerakan melengkung sebagai berikut :

Absolut

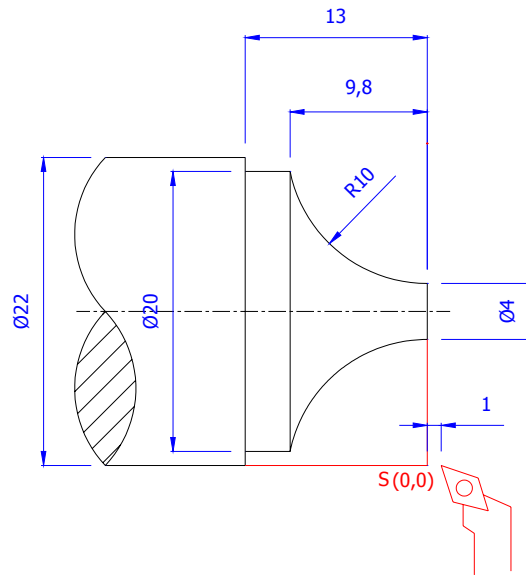
```
N... G01 X2200 Z0 F35
N... G02 X1800 Z-1000 F35
N... M99 I2400 K1000
```

Inkremental

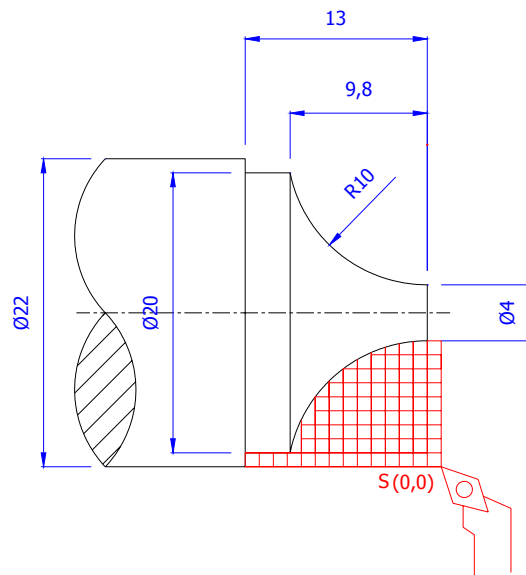
```
N... G02 X-200 Z-1000 F35
N... M99 I2400 K1000
```

BABIII MESIN CNC TU-2A

Latihan :



Jawab:



BAB III MESIN CNC TU-2A

Sistem Inkremental:

N	G	X	Z	F	H
00	M03				
01	84	-100	-1400	35	100
02	00	-100	00		
03	84	-200	-1000	35	100
04	00	-200	00		
05	84	-200	-900	35	100
06	00	-200	00		
07	84	-100	-800	35	100
08	00	-100	00		
09	84	-100	-700	35	100
10	00	-100	00		
11	84	-100	-500	35	100
12	00	-200	00		
13	01	00	-100	35	
14	02	800	-980	35	
15	M99	I1000	K00		
16	01	00	-320	35	
17	01	100	00	35	
18	00	00	1400		
19	M05				
20	M30				

Sistem absolut:

N	G	X	Z	F	H
00	92	2200	100		
01	M03				
02	84	2000	-1300	35	100
03	00	2000	100		
04	84	1600	-900	35	100
05	00	1600	100		
06	84	1200	-800	35	100
07	00	1200	100		
08	84	1000	-700	35	100
09	00	1000	100		
10	84	800	-600	35	100
11	00	800	100		
12	84	600	-400	35	100

BABIII MESIN CNC TU-2A

13	00	400	100	
14	01	400	00	35
15	02	2000	-980	35
16	M99	I1000	K00	
17	01	2000	-1300	35
18	01	2200	-1300	35
19	00	2200	100	
20	M05			
21	M30			

L. PERINTAH G03

N..... G03 X..... Z..... F.....
N..... M99 I..... K.....

N : Nomor blok

G03 : Gerak melengkung menyayat cembung

X : Diameter yang dituju/gerak melintang (0,01 mm)

Z : Gerak memanjang (0,01 mm)

F : Feeding (mm/menit)

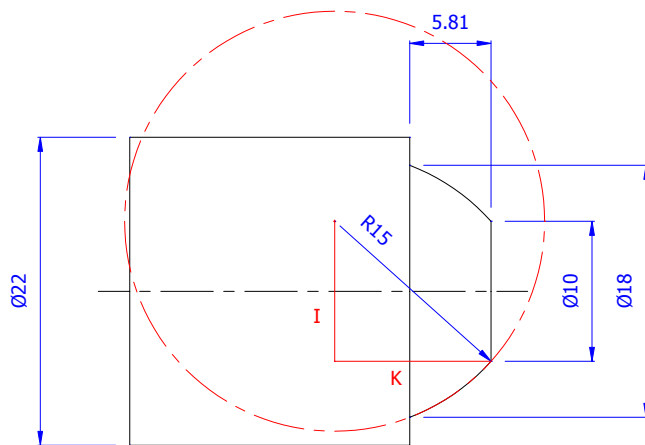
M99 : Penentuan parameter I dan K

I : Jarak titik start melengkung sampai ke titik pusat lengkungan tegak
Lurus searah sumbu X

K : Jarak titik start melengkung sampai ke titik pusat lengkungan tegak
Lurus searah sumbu Z

BAB III MESIN CNC TU-2A

Contoh



Dari gambar diketahui:

$$I = 10$$

Nilai K diperoleh dengan rumus

Phytagoras:

$$K = \sqrt{15^2 - 10^2} = 11.18$$

Susunan program untuk gambar di atas adalah:

Sistem absolut:

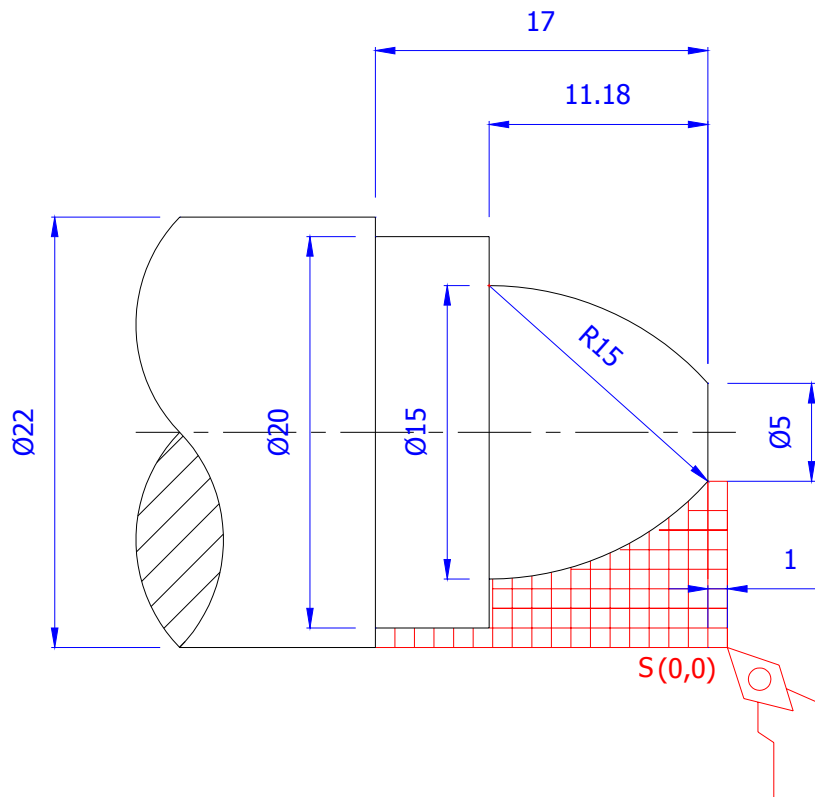
```
N..... G01      X1000      Z0      F35
N..... G03      X1800      Z-581    F35
N..... M99      I1000      K1118
```

Sistem inkremental:

```
N..... G03      X400      Z-581    F35
N..... M99      I1000      K1118
```

BAB III MESIN CNC TU-2A

Latihan :



Sistem inkremental:

N	G	X	Z	F	H
00	M03				
01	84	-100	-1800	35	100
02	00	-100	00		
03	84	-100	-1200	35	100
04	00	-200	00		
05	84	-100	-800	35	100
06	00	-100	00		
07	84	-100	-550	35	100
08	00	-100	00		
09	84	-100	-350	35	100
10	00	-100	00		
11	84	-100	-200	35	100
12	00	-250	00		

BABIII MESIN CNC TU-2A

13	01	00	-100	35
14	03	500	-1118	35
15	M99	I1000	K1118	
16	01	250	00	35
17	01	00	-582	35
18	01	100	00	35
19	00	00	1800	
20	M05			
21	M30			

Sistem absolut:

N	G	X	Z	F	H
00	92	2200	100		
01	M03				
02	84	2000	-1700	35	100
03	00	2000	100		
04	84	1600	-1100	35	100
05	00	1600	100		
06	84	1400	-700	35	100
07	00	1400	100		
08	84	1200	-450	35	100
09	00	1200	100		
10	84	1000	-250	35	100
11	00	1000	100		
12	84	800	-100	35	100
13	00	500	100		
14	01	500	00	35	
15	03	1500	-1118	35	
16	M99	I1000	K1118		
17	01	2000	-1118	35	
18	01	2000	-1700	35	
19	01	2200	-1700	35	
20	00	2200	100		
21	M05				
22	M30				

BABIII MESIN CNC TU-2A

M. PERINTAH G25

N..... G25 L.....

N : Nomor blok

G25 : Perintah memanggil sub program (subroutine)

L : Nomor blok sub program yang dipanggil

Contoh :

N..... G25 L20

artinya: Pada blok ini diperintahkan untuk memanggil sub program mulai blok N20 sampai dengan perintah M17 diketemukan.

Sistem absolut

N	G	X	Z	F
00	92	2200	100	
01	M03			
02	00	2000	100	
03	25			L20
04	00	1800	100	
05	25			L20
06	00	1600	100	
07	25			L20
08	00	2200	100	
09	M30			
....				
20	91			
21	01	00	-900	35
22	01	200	00	35
23	01	00	-100	35
24	01	200	-200	35
25	00	00	1200	
26	90			
27	M17			

Perhatikan baris no 20 :

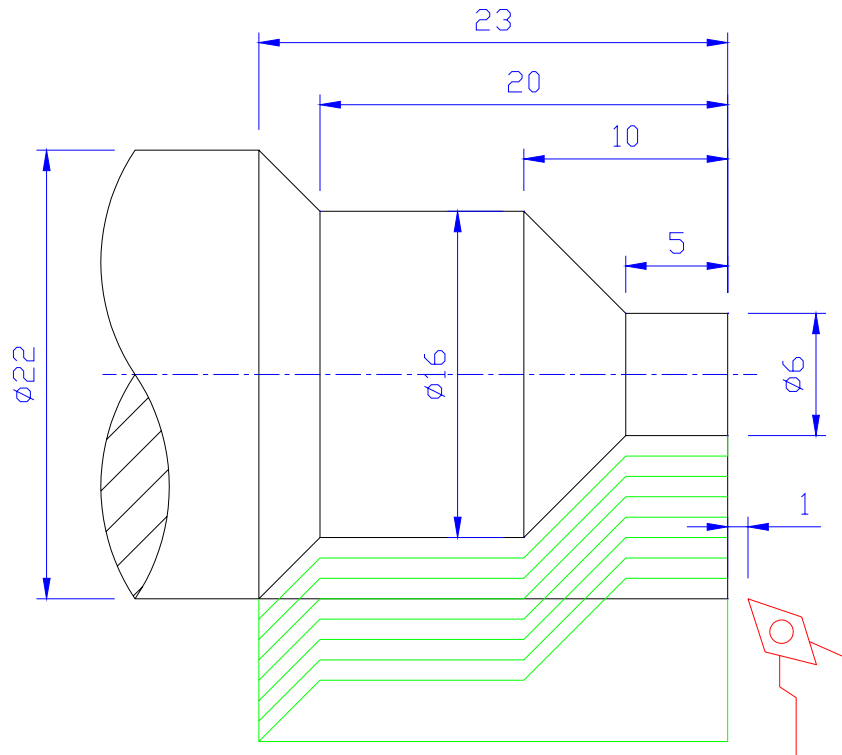
Kode G91 : menunjukkan sub program yang digunakan adalah metode inkremental.

Perhatikan baris no 26 :

BAB III MESIN CNC TU-2A

Kode G90 : menunjukkan kembali ke program utama yaitu metode absolut.

Latihan :



Absolut :

N	G	X	Z	F
00	92	2200	100	
01	M03			
02	00	2000	100	
03	25			L21
04	00	1800	100	
05	25			L21
06	00	1600	100	
07	25			L21
08	00	1400	100	
09	25			L21
10	00	1200	100	

BABIII MESIN CNC TU-2A

11	25			L21
12	00	1000	100	
13	25			L21
14	00	800	100	
15	25			L21
16	00	600	100	
17	25			L21
18	00	2200	100	
19	M30			
20				
21	91			
22	01	0	-600	35
23	01	500	-500	35
24	01	0	-1000	35
25	01	300	-300	35
26	00	0	2400	
27	00	-800	00	
28	90			
29	M17			

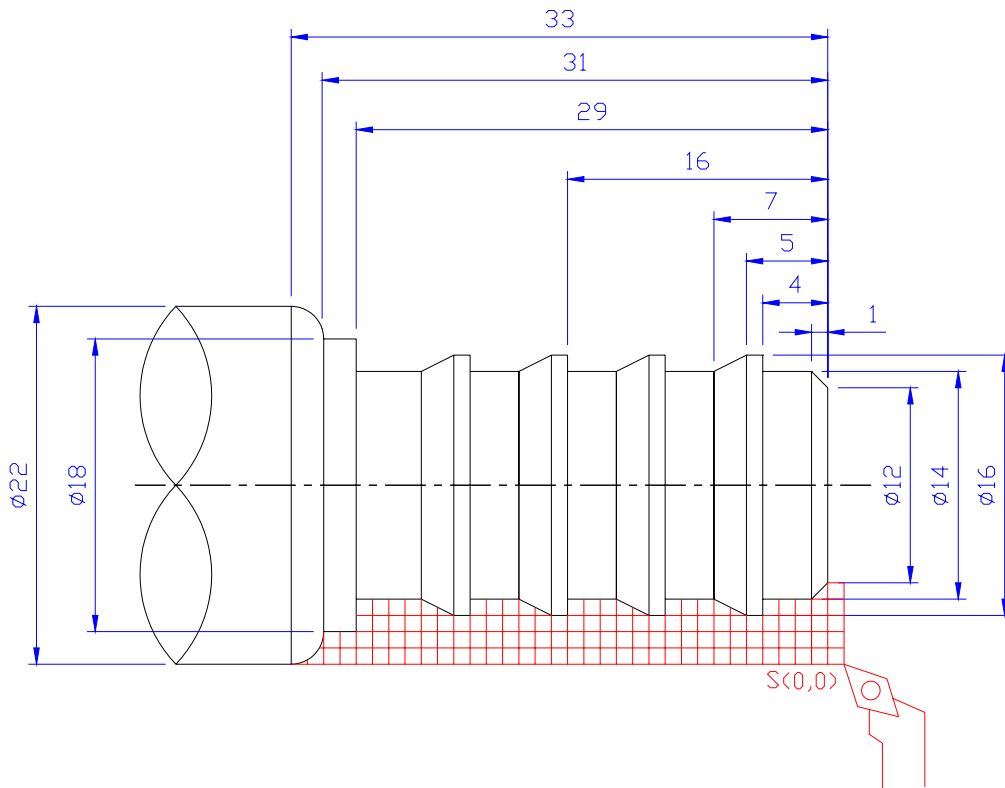
Inkremental :

N	G	X	Z	F
00	M03			
01	00	-100	00	
02	25			L22
03	00	-100	00	
04	25			L22
05	00	-100	00	
06	25			L22
07	00	-100	00	
08	25			L22
09	00	-100	00	
10	25			L22
11	00	-100	00	
12	25			L22
13	00	-100	00	
14	25			L22
15	00	-100	00	
16	25			L22

BAB III MESIN CNC TU-2A

17	00	800	00	
18	M30			
19				
20				
21				
22	01	00	-600	35
23	01	500	-500	35
24	01	00	-1000	35
25	01	300	-300	35
26	00	00	2400	
27	00	-800	00	
28	M17			

Latihan :



BABIII MESIN CNC TU-2A

Inkremental :

N	G	X	Z	F	H
00	M03				
01	84	-200	-3200	35	100
02	00	-200	00		
03	84	-100	-3000	35	100
04	00	-300	00		
05	01	00	-100	35	
06	01	100	-100	35	
07	25			L20	
08	25			L20	
09	25			L20	
10	25			L20	
11	01	00	-400	35	
12	01	200	00	35	
13	01	00	-200	35	
14	03	200	-200	35	
15	M99	I00	K200		
16	00	00	3300		
17	M30				
18					
19					
20	01	00	-300	35	
21	01	100	00	35	
22	01	00	-100	35	
23	01	-100	-200	35	
24	M17				

BABIII MESIN CNC TU-2A

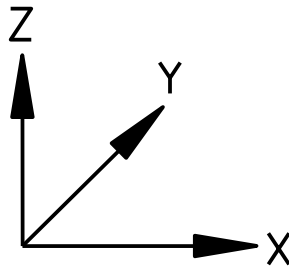
Absolut :

N	G	X	Z	F	H
00	92	2200	100		
01	M03				
02	84	1800	-3100	35	100
03	00	1800	100		
04	84	1600	-2900	35	100
05	00	1200	100		
06	01	1200	00	35	
07	01	1400	-100	35	
08	25			L20	
09	25			L20	
10	25			L20	
11	25			L20	
12	01	1400	-2900	35	
13	01	1600	-2900	35	
14	01	1800	-3100	35	
15	03	2200	-3300	35	
16	M99	100	K200		
17	00	2200	100		
18	M05				
19	M30				
20	91				
21	01	00	-300	35	
22	01	100	00	35	
23	01	00	-100	35	
24	01	-100	-200	35	
25	90				
26	M17				

**BAB IV
MESIN MILLING CNC TU-3A**

A. Prinsip Kerja Mesin Milling CNC TU 3A.

Mesin milling CNC TU-3A ini menggunakan sistem persumbuan dengan dasar sistem koordinat kartesius. Untuk menjelaskan sistem persumbuan dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 28. Sistem Persumbuan CNC TU-3A

Prinsip kerja mesin milling CNC TU-3A adalah pisau berputar sedangkan benda kerja yang terpasang pada meja bergerak ke arah horizontal atau melintang. Untuk arah gerak persumbuan tersebut diberi lambang persumbuan sebagai berikut:

- Sumbu X bergerak ke arah horizontal.
- Sumbu Y bergerak ke arah melintang.
- Sumbu Z bergerak ke arah vertikal.

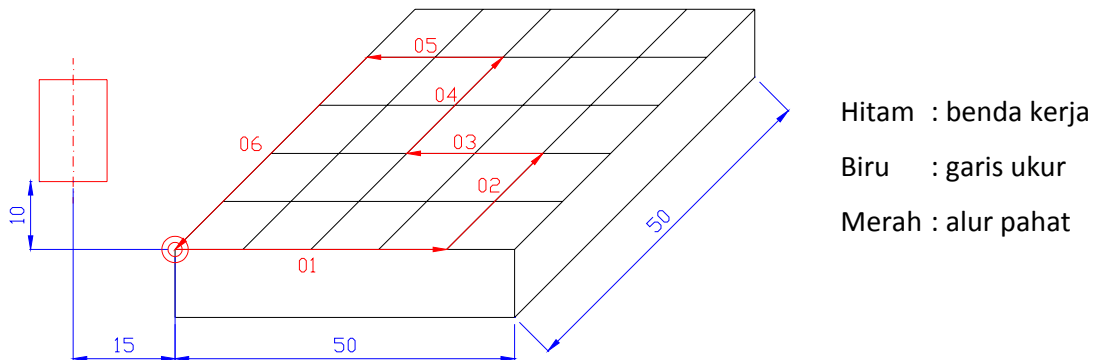
BAB IV MESIN MILLING CNC TU-3A

B. Perintah G00.

N..... G00 X..... Y..... Z.....

- N : Nomor blok
G00 : Gerak lurus cepat tidak menyayat
X : Harga terhadap sumbu X (0,01 mm)
Y : Harga terhadap sumbu Y (0,01 mm)
Z : Harga terhadap sumbu Z (0,01 mm)

Contoh :



Susunan program simulasi ploter (tanpa benda kerja) untuk gambar di atas

BAB IV MESIN MILLING CNC TU-3A

Sistem inkremental

N	G	X	Y	Z
00	M03			
01	00	1500	00	-1000
02	00	4000	00	00
03	00	00	2000	00
04	00	-2000	00	00
05	00	00	2000	00
06	00	-2000	00	00
07	00	00	-4000	00
08	00	-1500	00	1000
09	M05			
10	M30			

Sistem absolut

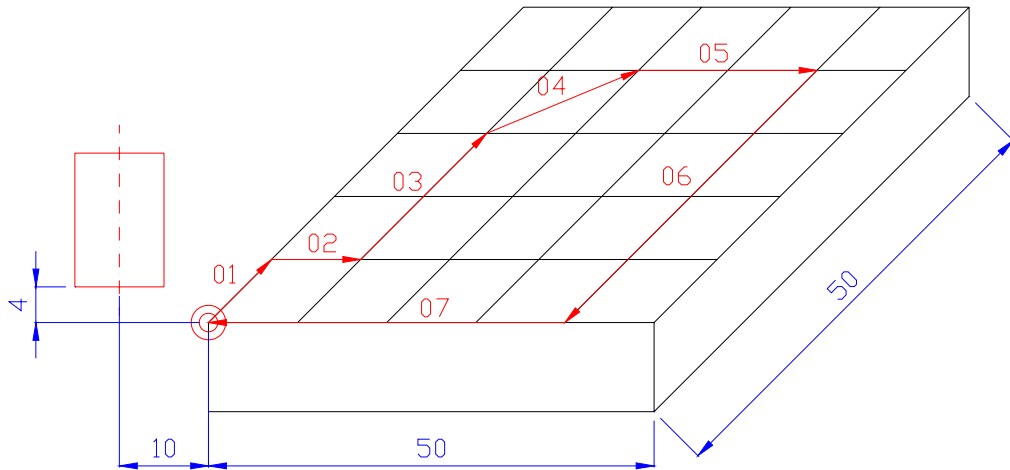
N	G	X	Y	Z
00	92	-1500	00	1000
01	M03			
02	00	00	00	00
03	00	4000	00	00
04	00	4000	2000	00
05	00	2000	2000	00
06	00	2000	4000	00
07	00	00	4000	00
08	00	00	00	00
09	00	-1500	00	1000
10	M05			
11	M30			

Contoh pemrograman di atas hanya merupakan gerakan pisau tanpa penyayatan. Hal ini untuk memberi gambaran cara membuat program. Dari program di atas dapat kita lihat struktur program yakni awal program dengan M03, isi program dengan G00 dan akhir program/penutup dengan M30. Struktur program tersebut harus ada dalam setiap pemrograman.

BAB IV MESIN MILLING CNC TU-3A

LATIHAN :

Susunan program simulasi ploter (tanpa benda kerja) untuk gambar berikut ini.



JAWAB :

Sistem inkremental

N	G	X	Y	Z
00	M03			
01	00	1000	00	-400
02	00	00	1000	00
03	00	1000	00	00
04	00	00	2000	00
05	00	1000	1000	00
06	00	2000	00	00
07	00	00	-4000	00
08	00	-4000	00	00
09	00	-1000	00	400
10	M05			
11	M30			

BAB IV MESIN MILLING CNC TU-3A

Sistem absolut

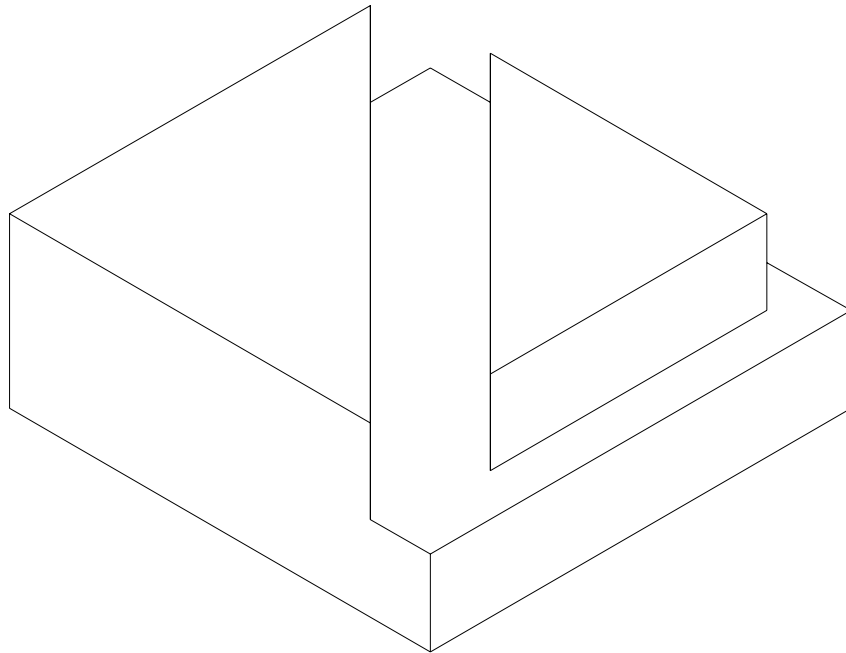
N	G	X	Y	Z
00	92	-1000	00	400
01	M03			
02	00	00	00	00
03	00	00	1000	00
04	00	1000	1000	00
05	00	1000	3000	00
06	00	2000	4000	00
07	00	4000	4000	00
08	00	4000	00	00
09	00	00	00	00
10	00	-1000	00	400
11	M05			
12	M30			

C. Perintah G01.

N..... G01 X..... Y..... Z..... F.....

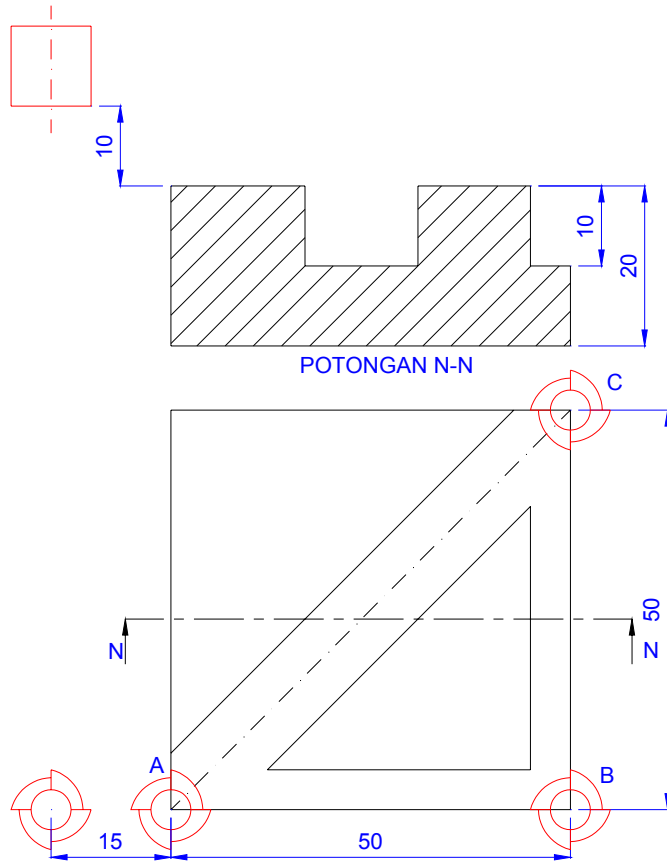
- N : Nomor blok
- G01 : Gerak lurus cepat dengan menyayat
- X : Harga terhadap sumbu X (0,01 mm)
- Y : Harga terhadap sumbu Y (0,01 mm)
- Z : Harga terhadap sumbu Z (0,01 mm)
- F : kecepatan penyayatan/feeding dalam mm/menit

Contoh:



Akan dibuat sebuah benda dengan bentuk seperti pada gambar diatas.

BAB IV MESIN MILLING CNC TU-3A



Sistem inkremental

N	G	X	Y	Z	F
00	M03				
01	00	00	00	-2000	
02	01	6500	00	00	75
03	01	00	5000	00	75
04	01	-5000	-5000	00	75
05	00	-1500	00	2000	
06	M05				
07	M30	-2000	00	00	

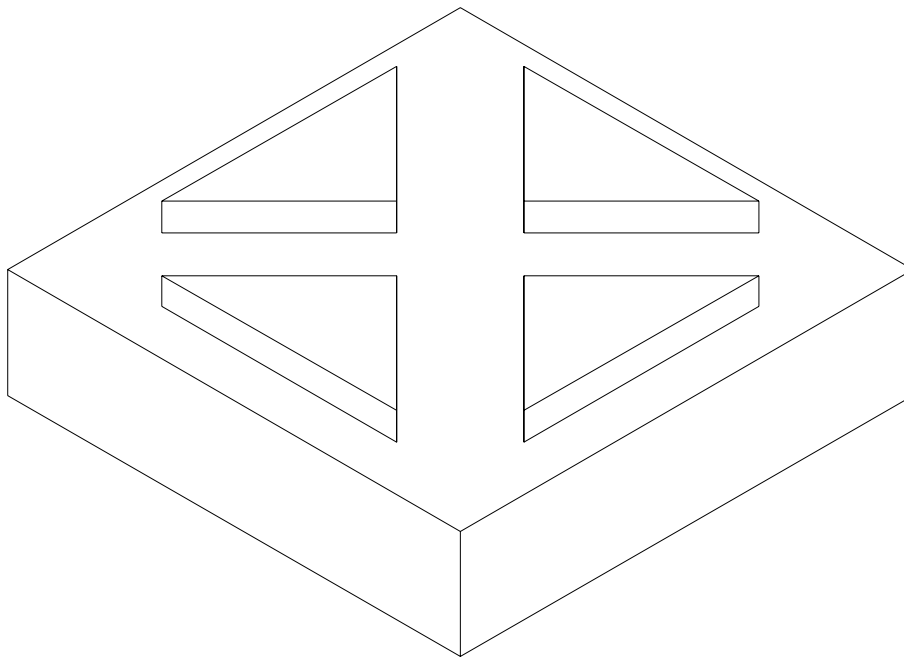
BAB IV MESIN MILLING CNC TU-3A

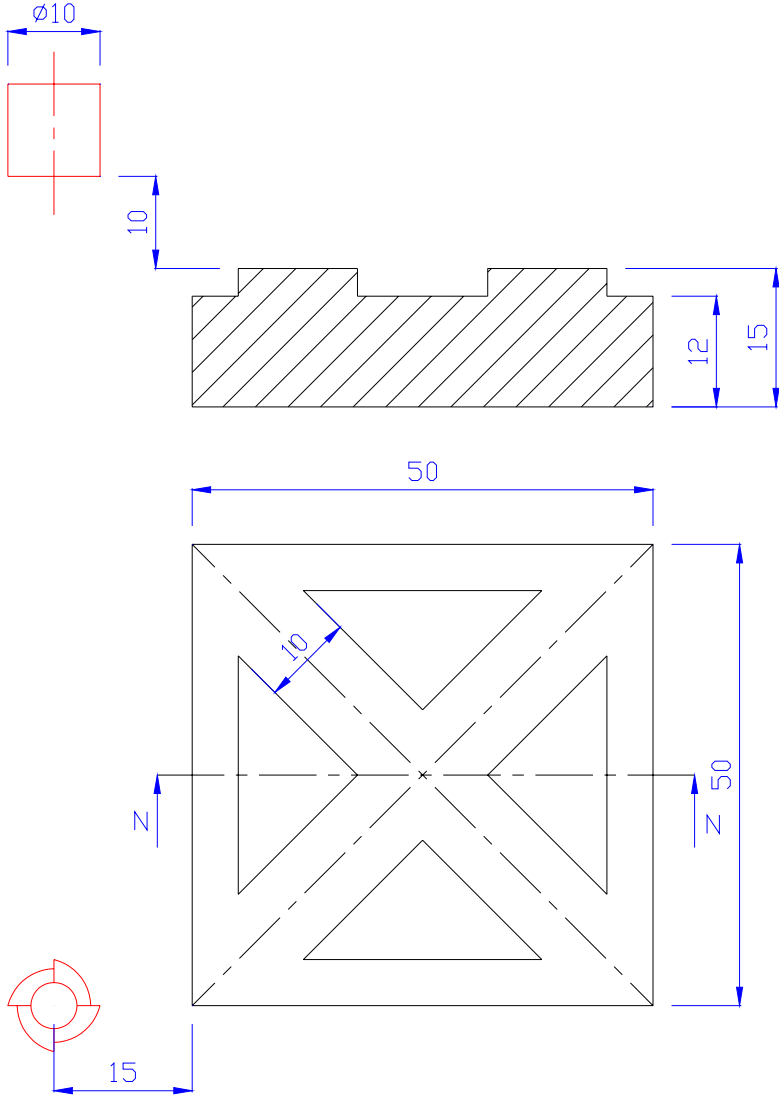
Sistem Absolut

N	G	X	Y	Z	F
00	92	-1500	00	1000	
01	M03				
02	00	-1500	00	-1000	
03	01	5000	00	-1000	75
04	01	5000	5000	-1000	75
05	01	00	00	-1000	75
06	00	-1500	00	1000	
07	M05				
08	M30				

Latihan :

Buatlah program untuk membuat benda dengan bentuk seperti gambar di bawah ini





BAB IV MESIN MILLING CNC TU-3A

Sistem inkremental

N	G	X	Y	Z	F
00	M03				
01	00	00	00	-1300	
02	01	6500	00	00	75
03	01	00	5000	00	75
04	01	-5000	00	00	75
05	01	00	-5000	00	75
06	01	5000	5000	00	75
07	00	-5000	00	00	
08	01	5000	-5000	00	75
09	00	-6500	00	00	00
10	00	00	00	1300	
11	M05				
12	M30				

Sistem absolut

N	G	X	Y	Z	F
00	92	-1500	00	1000	
01	M03				
02	00	-1500	00	-300	
03	01	5000	00	-300	75
04	01	5000	5000	-300	75
05	01	00	5000	-300	75
06	01	00	00	-300	75
07	01	5000	5000	-300	75
08	00	00	5000	-300	
09	01	5000	00	-300	75
10	00	-1500	00	-300	
11	00	-1500	00	1000	
12	M05				
13	M30				

D. Perintah G02

Fungsi G02 adalah gerakan rotasi melingkar searah jarum jam.

```
N..... G02 X..... Y..... Z..... F.....
```

- N : Nomor blok
- G02 : Gerak melingkar searah jarum jam dengan menyayat
- X : Harga terhadap sumbu X (0,01 mm)
- Y : Harga terhadap sumbu Y (0,01 mm)
- Z : Harga terhadap sumbu Z (0,01 mm)
- F : kecepatan penyayatan/feeding dalam mm/menit

E. Perintah G03

Fungsi G03 adalah gerakan rotasi melingkar berlawanan arah jarum jam.

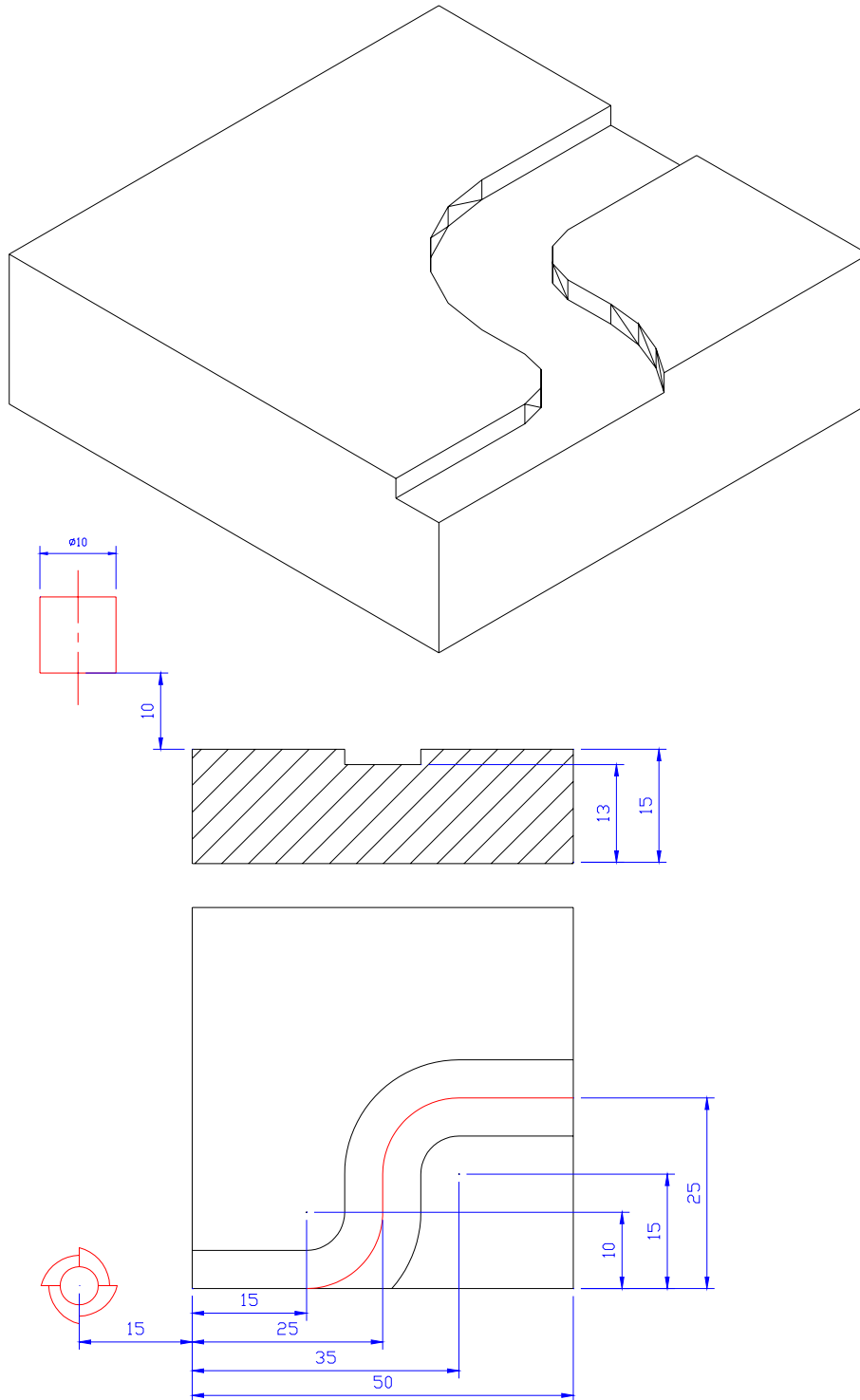
```
N..... G03 X..... Y..... Z..... F.....
```

- N : Nomor blok
- G03 : Gerak melingkar berlawanan arah jarum jam dengan menyayat
- X : Harga terhadap sumbu X (0,01 mm)
- Y : Harga terhadap sumbu Y (0,01 mm)
- Z : Harga terhadap sumbu Z (0,01 mm)
- F : kecepatan penyayatan/feeding dalam mm/menit

Pada mesin milling tipe TU-3A untuk fungsi G02 atau G03 sekali memberikan perintah kode tersebut, maka pahat akan bergerak melingkar membentuk sudut 90° atau ¼ lingkaran. Sedangkan untuk gerakan penuh 360° harus dilaksanakan 4 kali perintah dengan G02 atau G03.

BAB IV MESIN MILLING CNC TU-3A

Contoh :



BAB IV MESIN MILLING CNC TU-3A

Sistem inkremental

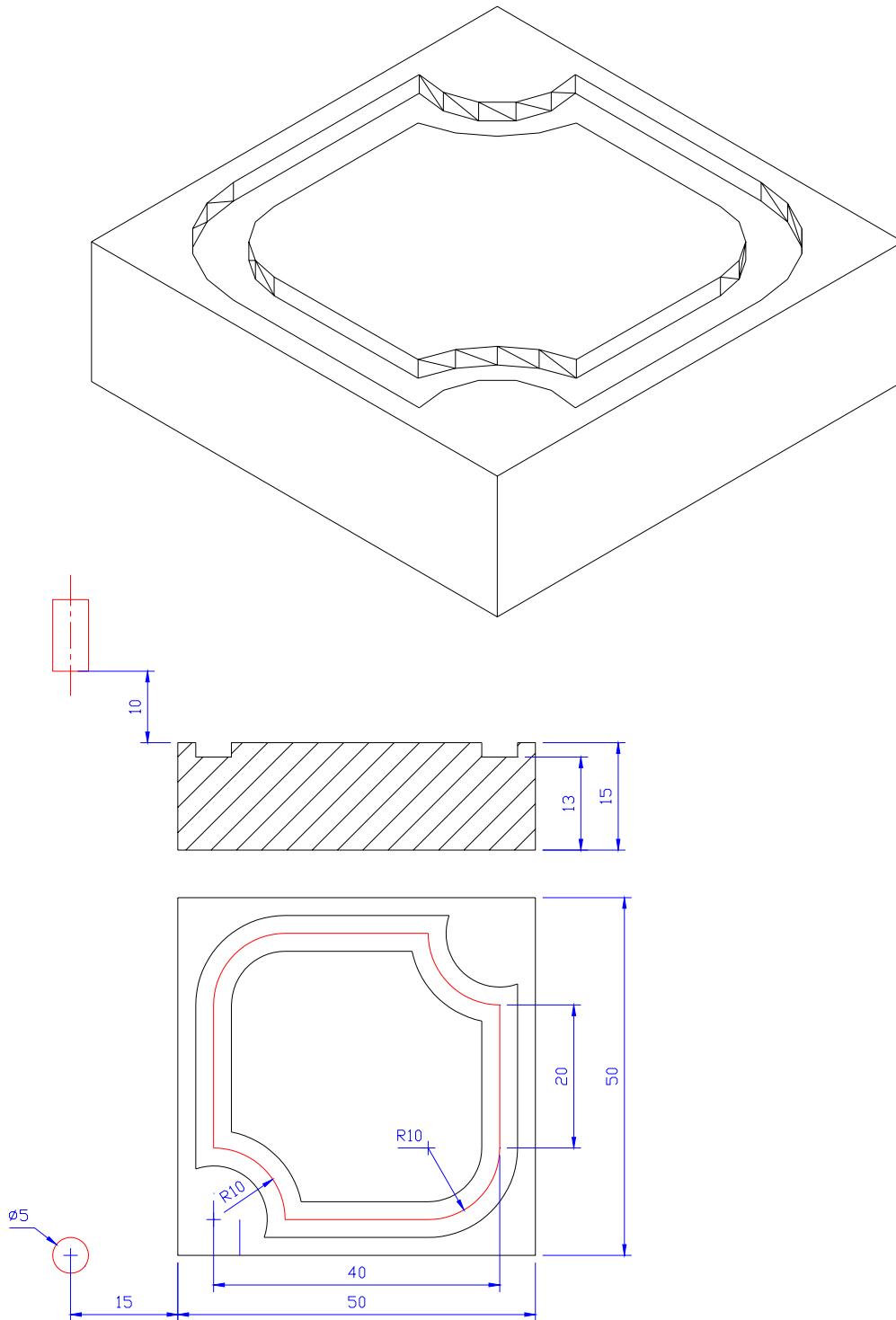
N	G	X	Y	Z	F
00	M03				
01	00	00	00	-1200	
02	01	3000	00	00	75
03	03	1000	1000	00	75
04	01	00	500	00	75
05	02	1000	1000	00	75
06	01	1500	00	00	75
07	00	00	00	1200	
08	00	-6500	-2500	00	
09	M05				
10	M30				

Sistem Absolut

N	G	X	Y	Z	F
00	92	-1500	00	1000	
01	M03				
02	00	-1500	00	-200	
03	01	1500	00	-200	75
04	03	2500	1000	-200	75
05	01	2500	1500	-200	75
06	02	3500	2500	-200	75
07	01	5000	2500	-200	75
08	00	5000	2500	1000	
09	00	-1500	00	1000	
10	M05				
11	M30				

BAB IV MESIN MILLING CNC TU-3A

Latihan :



BAB IV MESIN MILLING CNC TU-3A

Sistem inkremental

N	G	X	Y	Z	F
00	M03				
01	00	3000	500	00	
02	01	00	00	-1200	75
03	01	2000	00	00	75
04	03	1000	1000	00	75
05	01	00	2000	00	75
06	02	-1000	1000	00	75
07	01	-2000	00	00	75
08	03	-1000	-1000	00	75
09	01	00	-2000	00	75
10	02	1000	-1000	00	75
11	00	00	00	1200	
12	00	-3000	-500	00	
13	M05				
14	M30				

Sistem absolut

N	G	X	Y	Z	F
00	92	-1500	00	1000	
01	M03				
02	00	1500	500	1000	
03	01	1500	500	-200	75
04	01	3500	500	-200	75
05	03	4500	1500	-200	75
06	01	4500	3500	-200	75
07	02	3500	4500	-200	75
08	01	1500	4500	-200	75
09	03	500	3500	-200	75
10	01	500	1500	-200	75
11	02	1500	500	-200	75
12	00	00	00	1000	
13	00	-1500	00	1000	
14	M05				
15	M30				

F. Perintah G02 dan G03 Jika Gerakan Melingkar Kurang 90°.

N..... G02/G03 X..... Y..... Z..... F.....
N..... M99 I..... J..... K.....

N : Nomor blok

G02 : Gerak melingkar searah jarum jam dengan menyayat

X : Harga terhadap sumbu X (0,01 mm)

Y : Harga terhadap sumbu Y (0,01 mm)

Z : Harga terhadap sumbu Z (0,01 mm)

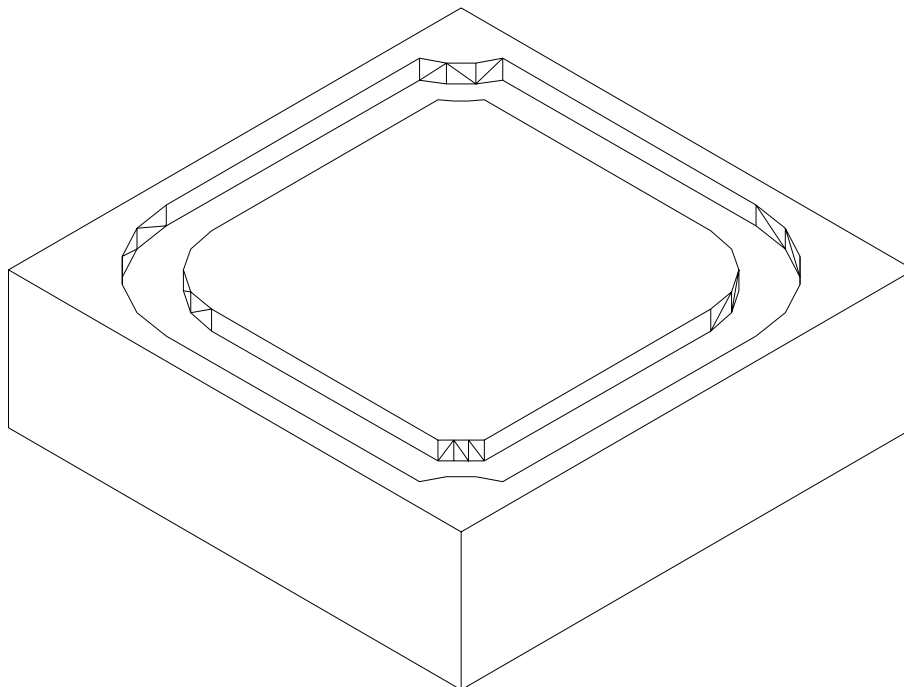
F : kecepatan penyayatan/feeding dalam mm/menit

I : jarak titik awal melingkar sampai ke titik pusat radius searah sumbu X

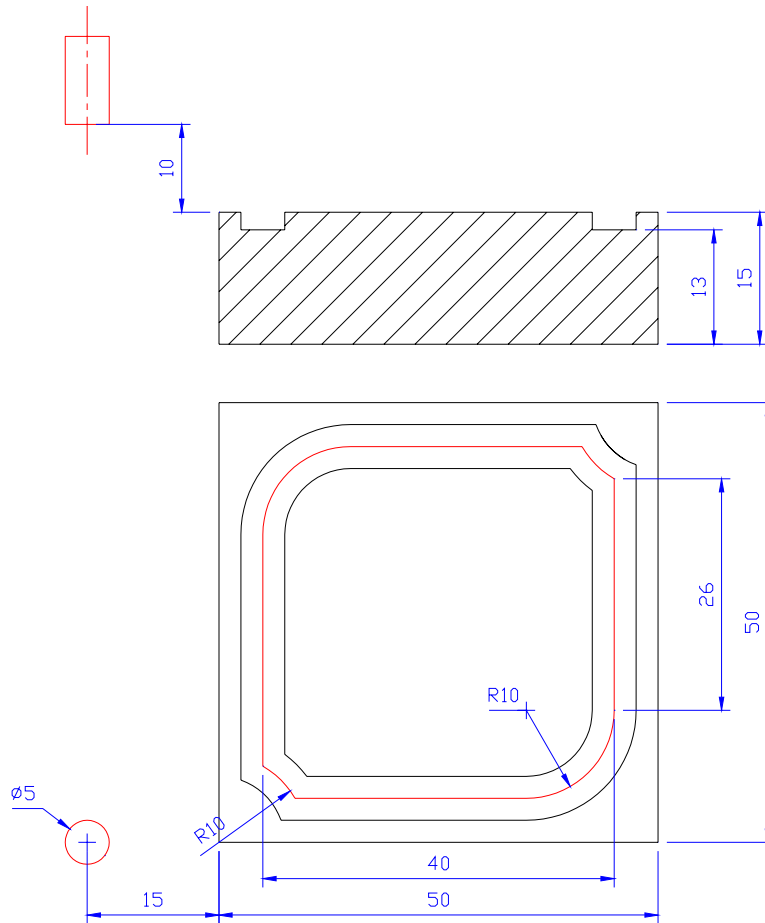
J : jarak titik awal melingkar sampai ke titik pusat radius searah sumbu Y

K : jarak titik awal melingkar sampai ke titik pusat radius searah sumbu Z

Latihan :



BAB IV MESIN MILLING CNC TU-3A



Sistem inkremental

N	G	X	Y	Z	F
00	M03				
01	00	2366	500	00	
02	01	00	00	-1200	75
03	01	2634	00	00	75
04	03	1000	1000	00	75
05	01	00	2634	00	75
06	02	-366	366	00	75
07	M99	I500	J866	K00	
08	01	-2634	00	00	75
09	03	-1000	-1000	00	75
10	01	00	-2634	00	75
11	02	366	-366	00	75
12	M99	I500	J866	K00	

BAB IV MESIN MILLING CNC TU-3A

13	00	00	00	1200	
14	00	-2366	-500	00	
15	M05				
16	M30				

Sistem absolut

N	G	X	Y	Z	F
00	92	-1500	00	1000	
01	M03				
02	00	866	500	1000	
03	01	866	500	-200	75
04	01	3500	500	-200	75
05	03	4500	1500	-200	75
06	01	4500	4134	-200	75
07	02	4134	4500	-200	75
08	M99	1500	1866	K00	
09	01	1500	4500	-200	75
10	03	500	3500	-200	75
11	01	500	866	-200	75
12	02	866	500	-200	75
13	M99	1500	1866	K00	
14	00	866	500	1000	
15	00	-1500	00	1000	
16	M05				
17	M30				

G. Perintah G25.

N..... G25 L.....

N : Nomor blok

G25 : Perintah memanggil sub program (subroutine)

L : Nomor blok sub program yang dipanggil

BAB IV MESIN MILLING CNC TU-3A

Contoh :

N..... G25 L20

artinya: Pada blok ini diperintahkan untuk memanggil sub program mulai blok N20 sampai dengan perintah M17 diketemukan.

Sistem absolut

N	G	X	Z	F
00	92	2200	100	
01	M03			
02	00	2000	100	
03	25			L20
04	00	1800	100	
05	25			L20
06	00	1600	100	
07	25			L20
08	00	2200	100	
09	M30			
....				
20	91			
21	01	00	-900	35
22	01	200	00	35
23	01	00	-100	35
24	01	200	-200	35
25	00	00	1200	
26	90			
27	M17			

Perhatikan baris no 20 :

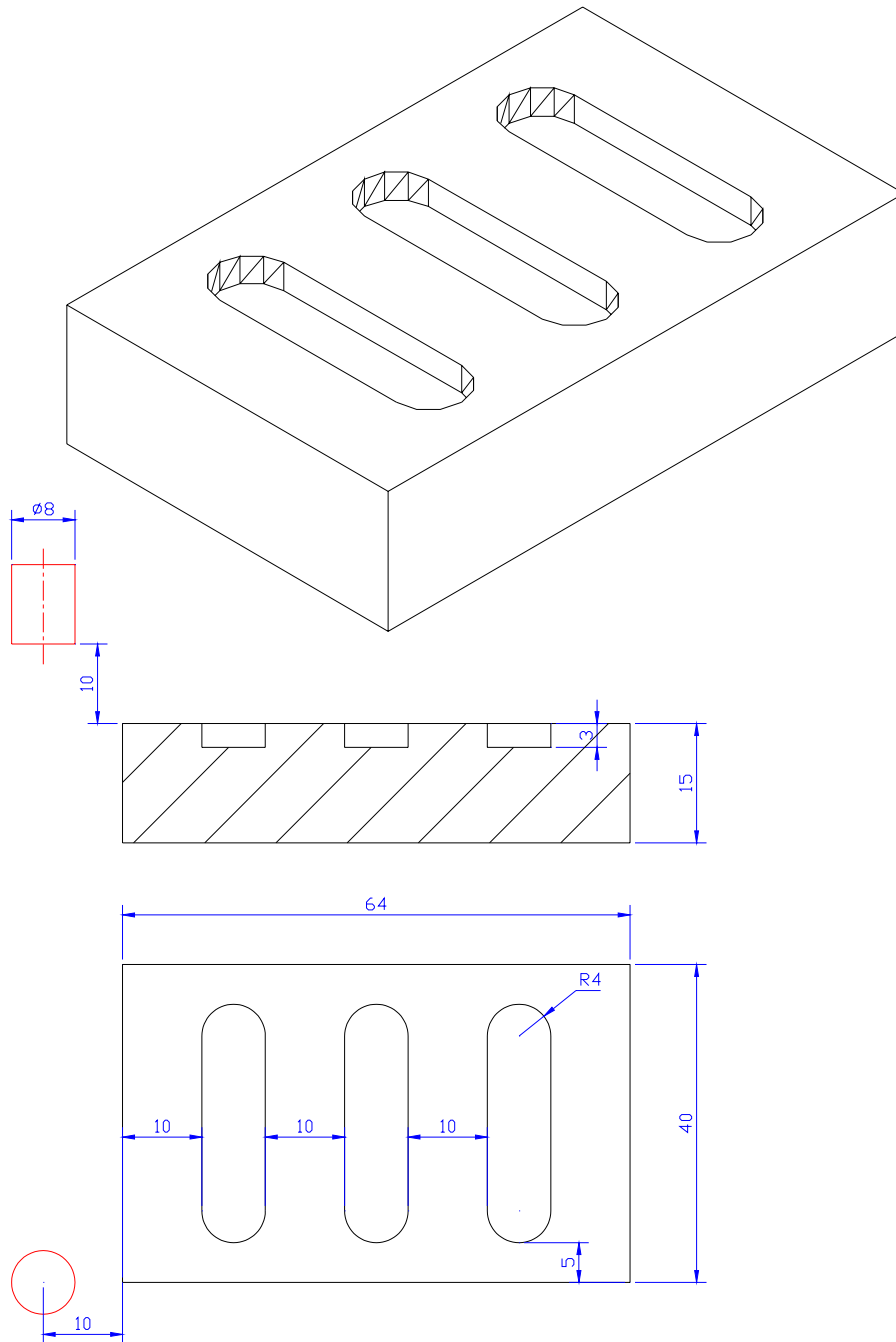
Kode G91 : menunjukkan sub program yang digunakan adalah metode inkremental.

Perhatikan baris no 26 :

Kode G90 : menunjukkan kembali ke program utama yaitu metode absolut.

BAB IV MESIN MILLING CNC TU-3A

Latihan :



BAB IV MESIN MILLING CNC TU-3A

Absolut :

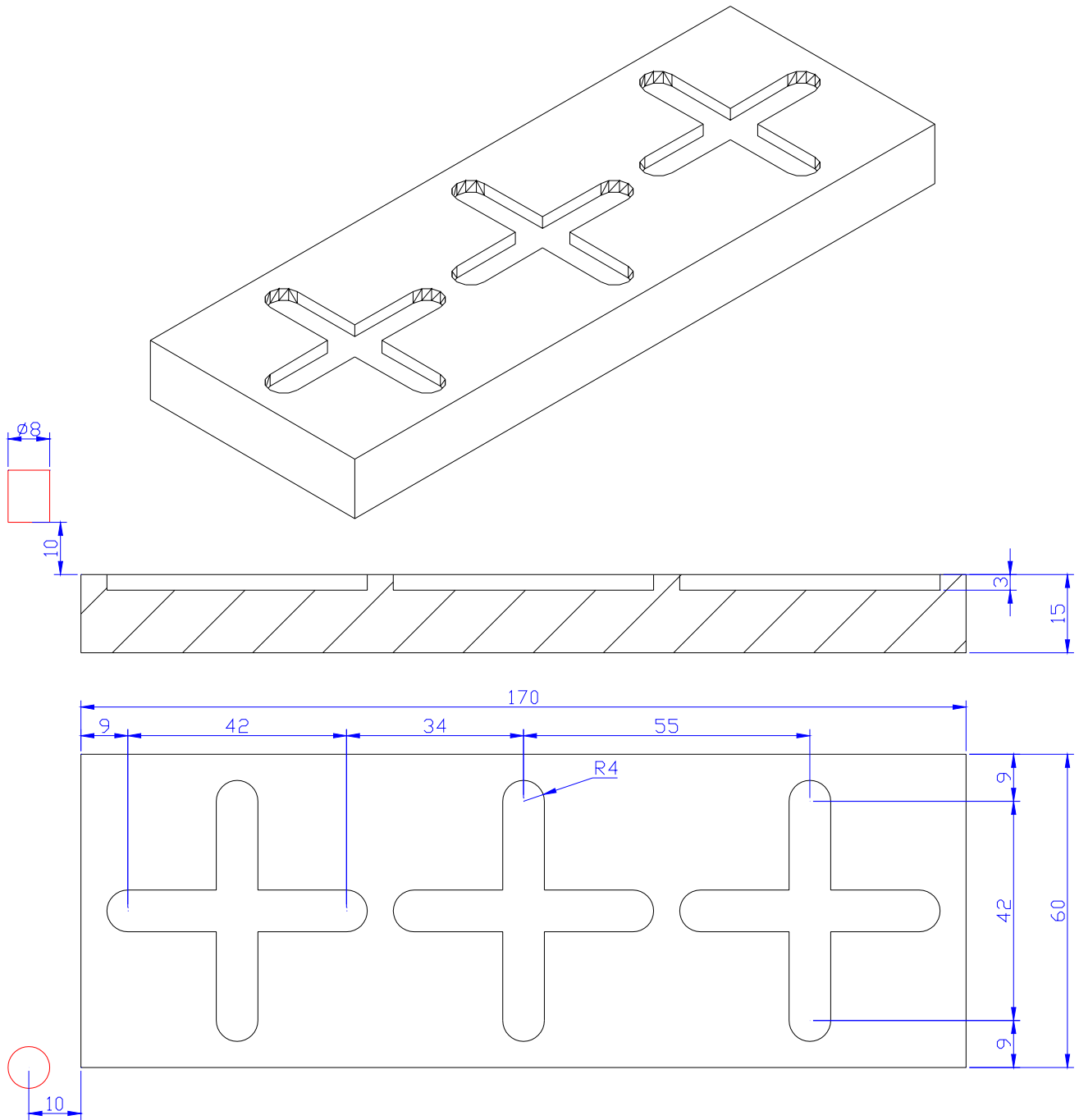
N	G	X	Y	Z	F
00	92	-1000	00	1000	
01	M03				
02	00	1400	900	1000	
03	25				L21
04	00	3200	900	1000	
05	25				L21
06	00	5000	900	1000	
07	25				L21
08	00	-1000	00	1000	
09	M05				L21
10	30				
21	91				
22	01	00	00	-1300	75
23	01	00	2200	00	75
24	00	00	00	1300	00
25	90				
26	M17				

Inkremental :

N	G	X	Y	Z	F
00	M03				
01	00	2400	900	00	
02	25				L22
03	00	1800	-2200	00	
04	25				L22
05	00	1800	-2200	00	
06	25				L22
07	00	-6000	-3100	00	
08	M05				
09	M30				
22	01	00	00	-1300	75
23	01	00	2200	00	75
24	00	00	00	1300	00
25	M17				

BAB IV MESIN MILLING CNC TU-3A

Latihan :



BAB IV MESIN MILLING CNC TU-3A

Inkremental :

N	G	X	Y	Z	F
00	M03				
01	00	1900	3000	00	
02	25				L20
03	00	3400	-2100	00	
04	25				L20
05	00	3400	-2100	00	
06	25				L20
07	00	-15000	-5100	00	
08	M05				
09	M30				
20	01	00	00	-1300	50
21	01	4200	00	00	50
22	01	-2100	00	00	50
23	01	00	-2100	00	50
24	01	00	4200	00	50
25	00	00	00	1300	
26	M17				

BAB IV MESIN MILLING CNC TU-3A

Absolut :

N	G	X	Y	Z	F
00	92	-1000	00	1000	
01	M03				
02	00	900	3000	1000	
03	25				L19
04	00	6400	3000	1000	
05	25				L19
06	00	11900	3000	1000	
07	25				L19
08	00	-1000	00	1000	
09	M05				
10	M30				
19	91				
20	01	00	00	-1300	50
21	01	4200	00	00	50
22	01	-2100	00	00	50
23	01	00	-2100	00	50
24	01	00	4200	00	50
25	00	00	00	1300	
26	90				
27	M17				

BAB V PROSES PENGECORAN

Bertitik tolak pada cara kerja proses ini, maka proses pembuatan jenis ini dapat dibagi menjadi 2, yaitu:

1. Proses penuangan.
2. Proses pencetakan.

Proses penuangan adalah proses pembuatan benda kerja dari logam tanpa adanya penekanan sewaktu logam cair mengisi cetakan. Cetakan biasanya dibuat dari pasir atau bahan tahan api lainnya. Proses pencetakan adalah proses pembuatan benda kerja dari logam cair disertai dengan tekanan sewaktu logam cair tersebut mengisi rongga cetakan. Pada proses ini, cetakan biasanya dibuat dari logam.

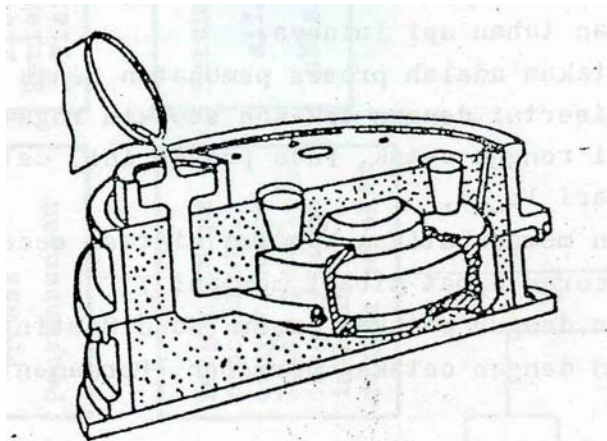
Dengan memperhatikan kondisi di atas, secara umum proses pengecoran dapat dibagi menjadi:

1. Pengecoran dengan cetakan pasir (*sand casting*).
2. Pengecoran dengan cetakan permanen (*permanent mold casting*).
3. Pengecoran sentrifugal (*centrifugal casting*).
4. Pengecoran cetak tekan (*die casting*).
5. Pengecoran dengan cetakan plaster (*plaster mold casting*).
6. Pengecoran dengan pola hilang (*investment casting*).

Setiap jenis pengecoran yang tersebut di atas akan menghasilkan produk dengan sifat-sifat yang berbeda, baik kualitas, kuantitas, ukuran (volume dan bentuk). Dalam segi perencanaan, pemilihan serta penentuan proses pengecoran harus pula dipertimbangkan adanya faktor ekonomis dan praktis.

A. Proses Pengecoran Dengan Cetakan Pasir.

Proses pengecoran dengan cetakan pasir merupakan proses yang tertua dalam proses pembuatan dari bahan logam. Proses ini memberikan fleksibilitas dan kemampuan/keandalan yang tinggi. Proses pengecoran yang menggunakan pasir sebagai bahan cetakan ini tidak lain adalah menuangkan logam cair ke dalam rongga cetak seperti pada gambar 29 di bawah ini.



Gambar 29. Penampang sebuah cetakan yang sedang dituang

Material yang biasa dibuat dengan cara ini adalah besi tuang, aluminium campuran, *brass*, *bronze* dan lain-lain. Keuntungan yang didapat dari proses ini adalah:

1. Dapat dibuat dalam berbagai ukuran, mulai dari 0,8 kg hingga 300 ton.
2. Dapat dibuat dalam berbagai variasi bentuk.
3. Dapat dilakukan secara otomatis.

Kerugiannya adalah:

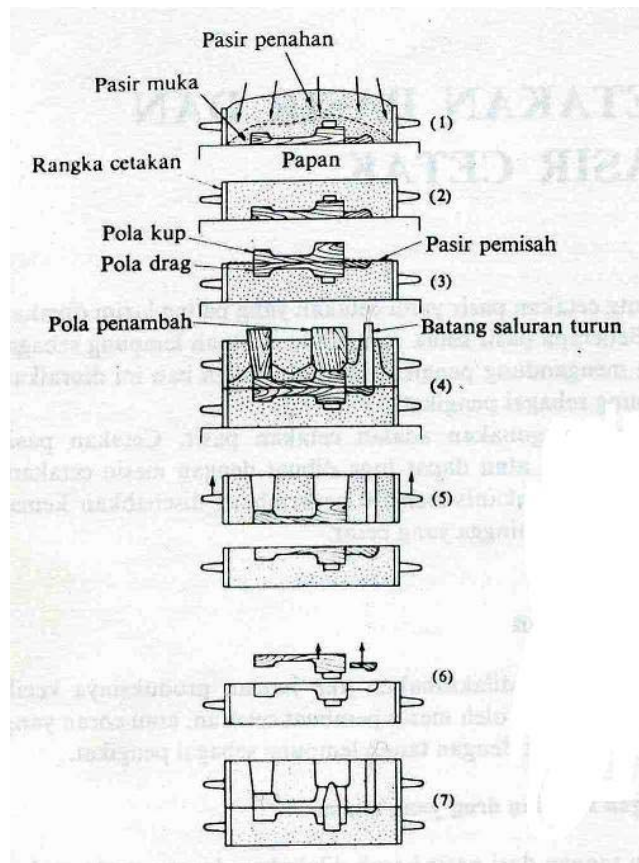
1. Diperlukan toleransi ukuran yang lebih besar dibandingkan dengan cara pengecoran yang lain.
2. Dapat mempercepat keausan pahat potong bila dilakukan proses pemesinan karena kulit produk yang dihasilkan mungkin mengandung pasir.
3. Adanya ongkos tambahan untuk pembuatan pola.

1. Pembuatan Cetakan.

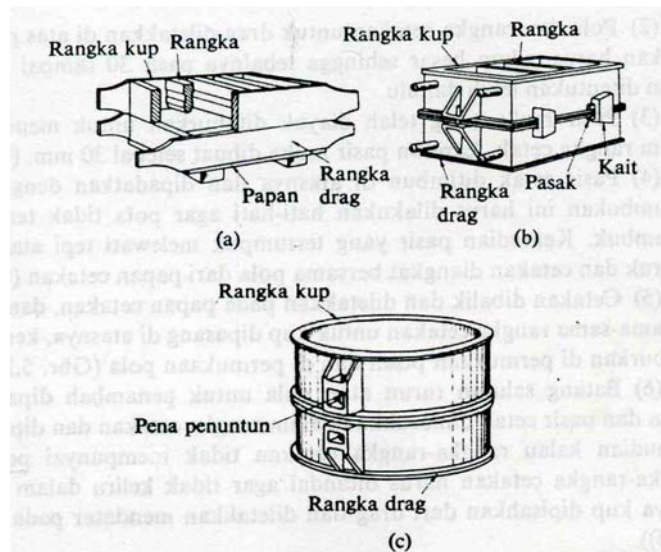
Ada dua macam pembuatan cetakan pasir, yaitu pembuatan cetakan dengan tangan dan pembuatan cetakan dengan mesin. Cetakan terdiri dari dua, yaitu cetakan atas yang disebut kup dan cetakan bawah yang disebut drag.

a. Pembuatan Cetakan Dengan Tangan.

Proses pembuatan cetakan dengan tangan ditunjukkan pada gambar 30 Sedangkan bentuk dari rangka cetak pada gambar 31.



Gambar 30. Proses pembuatan cetakan dengan tangan



Gambar 31. Rangka cetak yang lazim digunakan

Urutan langkah pembuatan kup dan drag adalah sebagai berikut:

a. Pembuatan cetakan bawah (drag):

1. Dasar cetakan dibuat dari kayu, harus rata/datar atau bisa juga menggunakan kaca sebagai alas.
2. Pola dan rangka cetak untuk drag diletakkan di atas papan kayu atau kaca. Rangka cetak harus besar sehingga tebal pasir cetak mencapai 30-50 mm. Pola yang dimaksud disini adalah setengah pola.
3. Drag diisi penuh (yang sudah diayak) kemudian dipadatkan dengan baik (tidak boleh terlalu padat atau gembur karena coran bisa cacat).
4. Drag dibalik, permukaan cetakan ditaburi pasir kering dan halus.

b. Pembuatan cetakan bagian atas (kup):

1. Drag yang sudah dibalik, di atasnya dipasang setengah pola untuk kup.

2. Pemasangan sistem saluran masuk (*gating system*), terdiri dari cawan tuang, saluran turun, saluran masuk, yang dibuat terpisah dari pola.
 3. Pengerjaan selanjutnya sama dengan pengerjaan drag.
- c. Perbaiki cetakan:
1. Pengambilan sistem saluran masuk pada kup, kemudian kup dan drag dipisahkan.
 2. Pengambilan pola pada masing-masing cetakan, kemudian permukaan bekas pola pada rongga cetak diperbaiki dan dihaluskan agar ukuran benda cor sesuai dengan bentuk cor.
- d. Pemasangan kembali kup dan drag:
- Setelah itu, kup dan drag ditangkupkan kembali. Dengan demikian cetakan siap untuk digunakan.

Cetakan yang langsung dapat dipakai seperti di atas disebut cetakan pasir basah (*green sand mold*), sedangkan yang disebut cetakan kering (*dry sand mold*) perlu pemanasan sekitar 100 - 325°C. Cetakan kombinasi (*skin dried mold*) hanya perlu pengeringan rongga cetak sampai kedalaman 10 – 15 mm saja.

b. Pembuatan Cetakan Dengan Mesin.

Pada pembuatan produk jumlah banyak, pembuatan cetakan dengan mesin menjadi lebih efisien dan dapat menjamin hasil cetakan yang baik. Mesin yang digunakan dipilih berdasarkan ukuran, bentuk, berat, dan jumlah produk yang diinginkan. Mesin-mesin yang digunakan antara lain:

1. Mesin guncang (*Jolt machine*).

Prinsip kerjanya adalah menaik-turunkan pasir dalam rangka cetak. Meja mesin yang sudah berisi cetakan dinaikkan 100 – 120 mm dengan tekanan udara, kemudian dilepaskan (jatuh bebas). Proses pengguncangan ini diulang-ulang sampai dicapai kepadatan tertentu. Hasil dari pengguncangan ini, pasir akan memadat dan merata pada permukaan sekitar pola, makin menjauhi pola

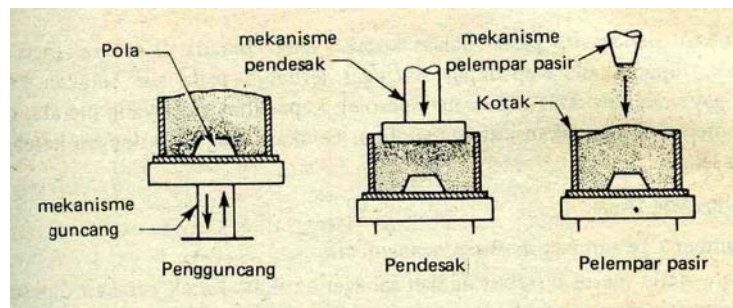
kepadatan makin berkurang. Oleh karena itu mesin ini hanya dapat mengerjakan satu per satu dan cocok untuk cetakan ukuran besar.

2. Mesin desak (*squeeze machine*).

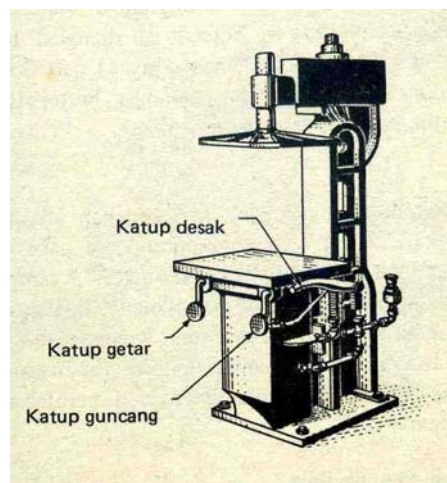
Prinsip kerjanya adalah menekan pasir. Hasil dari proses ini, kepadatan pasir hanya berada di dekat penekan, makin ke bawah/mendekati pola kepadatan makin berkurang. Oleh karenanya hanya cocok untuk benda tipis.

3. Mesin guncang-desak (*jolt-squeeze machine*).

Untuk mengatasi kelemahan dari kedua mesin tersebut di atas, kedua cara ini digabung dalam satu mesin, dengan tujuan memperoleh kepadatan yang merata ke seluruh bagian. Urutan pengerjaannya adalah diguncang dahulu, kemudian didesak.



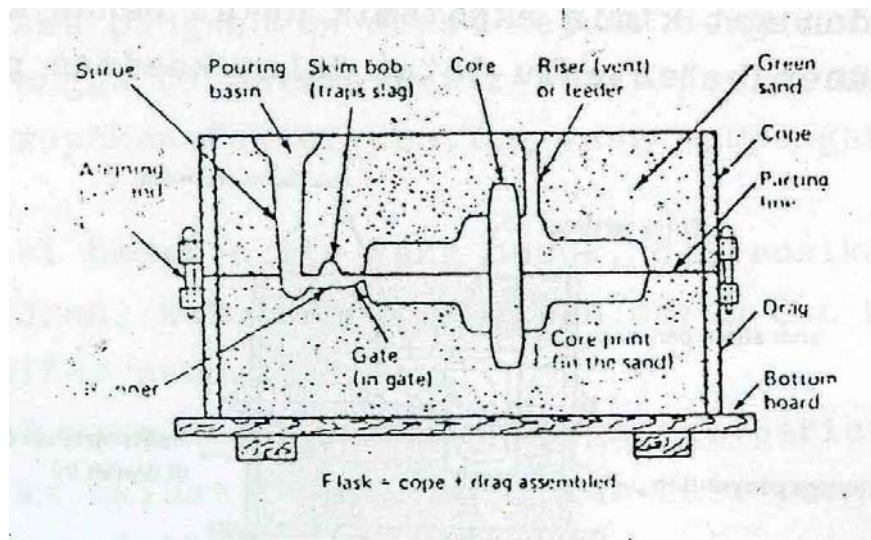
Gambar 32. Mekanisme Guncang dan Desak



2. Nama-nama Bagian Cetakan.

Bentuk cetakan pasir yang sudah siap untuk dituang dan nama-nama bagian cetakan dapat dilihat pada gambar 34.

1. Rongga cetak (*cavity*), merupakan ruang tempat logam cair bentuknya sesuai dengan bentuk produk (hasil dari pola).
2. Inti (*core*), digunakan bila dalam suatu coran perlu dibuat rongga atau lubang.
3. Pasir cetak (*green sand*), sebagai bahan cetakan.
4. Saluran turun (*sprue*), saluran yang dilalui logam cair dari cawan tuang menuju pengalir dan saluran masuk.
5. Pengalir (*turner*), saluran yang membawa logam cair dari saluran turun ke bagian-bagian yang sesuai pada cetakan.
6. Cawan tuang (*pouring basin*), merupakan penampang pertama logam cair dari penuang (*ladle*), yang berfungsi sebagai pencegah masuknya kotoran (pasir, terak/slag).
7. Penambah (*riser*), berfungsi sebagai pengisi/cadangan logam cair bila terjadi penyusutan.



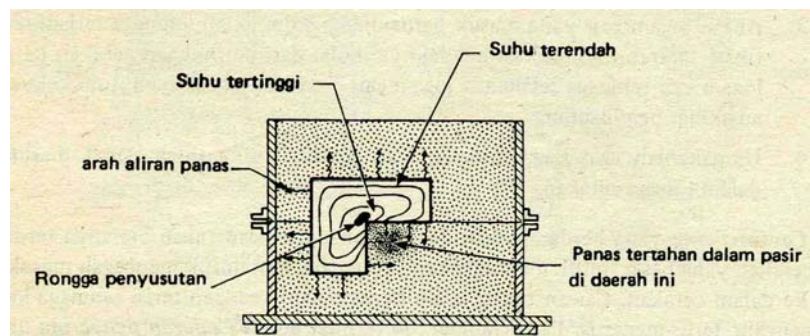
Gambar 34. Cetakan pasir lengkap siap tuang dan nama bagiannya

BAB V PROSES PENGECORAN

Sistem perencanaan saluran masuk dan pengisian yang baik akan :

1. Membuat logam cair mengalir dan mengisi cetakan dengan cepat.
2. Memperkecil olakan logam cair di dalam rongga cetak.
3. Mengurangi/mencegah terperangkapnya gas-gas dalam logam cair.
4. Mengarahkan pembekuan dari pusat dan merambat ke arah *riser*.
5. Mencegah terjadinya erosi pada dinding cetakan dan sistem saluran.

Penyusutan terjadi bila logam membeku dan bila pembekuan tidak diatur dengan baik dapat terjadi rongga penyusutan yang besar. Seharusnya solidifikasi dikendalikan sedemikian sehingga rongga terjadi di saluran turun, saluran masuk atau penambah. Pada gambar 35 terlihat gradien suhu dan garis isoterm dalam suatu benda coran serta arah aliran panas logam. Umumnya rongga penyusutan terjadi di daerah di mana terjadi pembekuan logam cair paling akhir atau daerah yang paling tinggi suhunya. Desain cetakan harus dimodifikasi sedemikian sehingga hal-hal seperti ini dapat dihindarkan.



Gambar 35. Isoterm yang menunjukkan daerah di mana mungkin terjadi rongga penyusutan

3. Pasir Cetak.

Pasir cetak merupakan suatu campuran antara pasir, bahan pengikat, dan air dalam perbandingan tertentu. Jenis pasir cetak yang sering digunakan ada 2 macam, yaitu:

1. Pasir alam, yang didapat dari alam. Syarat untuk pasir cetak alam adalah bahan-bahan yang dibutuhkan harus mengandung seperti silika, lempung, air yang semuanya terdapat di alam.
2. Pasir tiruan atau pasir dengan campuran bahan lain yang dibuat manusia, seperti pasir silika, zircon ($ZrSiO_4$), pasir hijau, atau olivine ($2(MgFe)O.SiO_2$). Untuk pasir tiruan ini, khususnya pasir silika perlu ditambah 8-15% tanah liat guna menaikkan daya ikat (sifat kohesif) agar mudah dibentuk.

a. Syarat Pasir Cetak.

Pasir cetak memerlukan sifat-sifat yang memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Tahan panas, agar tidak hancur karena panasnya logam yang dituang.
2. Mempunyai sifat mampu bentuk (gaya kohesif yang besar) sehingga mudah dalam pembuatan, kuat, tidak rusak karena dipindah-pindah dan dapat menahan logam cair pada waktu dituang ke dalamnya.
3. Permeabilitas yang cocok, memungkinkan gas-gas yang terjadi selama pengecoran dapat keluar dengan mudah melalui rongga-rongga di antara butir-butir pasir.
4. Distribusi besar butir yang cocok. Disesuaikan dengan ukuran coran dan kehalusan permukaan coran.
5. Komposisi yang cocok, karena mengalami peristiwa kimia dan fisika akibat temperatur logam cair yang tinggi.
6. Mampu dipakai lagi, agar ekonomis.
7. Harganya murah.

Untuk mengecek sifat-sifat pasir cetak dilakukan berbagai pengujian antara lain meliputi:

1. Pengujian kadar air, untuk mengetahui kandungan air di dalam pasir cetak.
2. Pengujian permeabilitas, untuk mengetahui kemampuan pasir cetak dilalui oleh gas-gas.
3. Pengujian kekuatan. Kekuatan harus cukup agar cetakan tidak mudah pecah, tidak menyebabkan coran retak sewaktu penyusutan serta memudahkan dalam pembongkaran.
4. Pengujian kadar lempung. Kekurangan kadar lempung menyebabkan turunnya kekuatan, sedangkan kadar lempung yang berlebihan menyebabkan memburuknya permeabilitas dan membentuk gumpalan-gumpalan butir pasir serta menyulitkan dalam pembongkaran.
5. Pengujian distribusi besar butir, guna mengetahui kehalusan butir dan luas permukaan butir.

4. Pola

Pola merupakan bentuk tiruan dari benda kerja yang sebenarnya dan digunakan untuk membuat rongga cetakan. Bahan pola yang sering digunakan adalah kayu dan logam. Pola logam dipergunakan agar dapat menjaga ketelitian ukuran benda coran, terutama dalam produksi massal sehingga umur pola bisa lebih tahan lama dan produktivitasnya lebih tinggi.

Pola kayu lebih murah, cepat pembuatannya dan mudah diolahnya dibanding dengan pola logam. Karena itu pola kayu umumnya dipakai untuk cetakan pasir.

Secara umum macam pola ada 6, yaitu:

1. Pola tunggal. Merupakan pola yang paling sederhana, mudah dibuat dan dipakai, akan tetapi pemakaiannya terbatas hanya untuk bentuk-bentuk sederhana.
2. Pola belah. Merupakan pola yang terpisah tepat pada bidang tengahnya. Pola ini digunakan untuk mengatasi kelemahan pola tunggal.
3. Pola yang dapat dibongkar pasang (pola terlepas), digunakan untuk produk yang rumit.
4. Pola ganda, untuk produksi besar dengan ukuran kecil dan bentuk sederhana.

5. Pola berpasangan, mirip dengan pola terbelah hanya keduanya dihubungkan dengan papan penyambung.
6. Pola khusus. Pola untuk keperluan-keperluan pengecoran yang kompleks.

5. Inti.

Inti adalah suatu bentuk dari pasir yang dipasang pada rongga cetakan untuk mencegah pengisian logam cair pada bagian yang seharusnya berbentuk lubang atau rongga dalam suatu coran.

Inti dapat dikelompokkan menjadi 2, yaitu inti basah dan inti kering. Sedapat mungkin inti dibuat dengan cara basah karena ongkos pembuatannya murah. Inti dengan cara basah banyak digunakan pada lubang dalam benda cetak. Disamping itu kerugian pada inti basah antara lain:

1. Biasanya lemah, tidak bisa menggantung (tidak kuat menahan beratnya sendiri).
2. Pasir mudah gugur.
3. Kedudukan kurang teliti.

Inti pasir kering merupakan inti pasir yang umumnya digunakan selain inti basah. Inti kering ini dibuat secara terpisah dan dipasang setelah pola dikeluarkan, sebelum cetakan ditutup. Pengeringan dilakukan dalam kamar pemanas (oven) pada temperatur 120-230°C. Sifat-sifat yang harus dimiliki inti kering adalah:

1. Cukup kuat dan keras setelah dipanaskan, gunanya untuk mencegah agar inti tidak sampai rusak oleh hawa-gaya sewaktu logam cair dituangkan, akibat proses pembekuan, serta perlakuan lain.
2. Cukup porus, agar dapat menghisap atau dilalui gas-gas yang berda dalam cetakan.
3. Harus dapat hancur pada waktu logam cair memadat/membeku untuk mencegah jangan sampai terjadi keretakan pada benda kerja dan juga memudahkan keluarnya coran dari dalam cetakan.
4. Harus mempunyai permukaan yang licin.
5. Tahan panas, untuk dapat menahan temperatur pemuai.

B. Proses Pengecoran Dengan Cetakan Permanen

Proses pengecoran ini dibuat guna mengatasi masalah yang terjadi pada proses pengecoran dengan cetakan pasir, sehingga pemakaian cetakan dapat dilakukan berulang-ulang sesuai dengan kebutuhan.

Cetakan permanen banyak dibuat dari logam. Karena mahalnnya cetakan yang dibuat dari logam ini, maka proses ini hanya cocok untuk jumlah produksi yang besar dengan prosuk yang sama. Rata-rata jumlah produksi diatas 500 buah akan memberikan ongkos produksi yang kompetitif bila dibandingkan dengan proses pengecoran dengan cetakan pasir. Pada umumnya proses pengecoran dengan cetakan permanen terbatas pemakaiannya pada pengecoran logam-logam non ferous dan paduannya.

Keuntungan proses ini antara lain:

1. Baik untuk produksi banyak.
2. Cetakan dapat dipakai berulang-ulang.
3. Menghasilkan logam coran dengan butir-butir yang halus hingga memberikan kekuatan maksimum dan seragam.
4. Ketelitian dan kehalusan permukaan benda cor lebih baik.
5. Tidak banyak memerlukan proses lanjut (misal pemesinan) karena ketepatan ukuran (ketelitian bentuk) yang baik.

Kerugian proses ini antara lain:

1. Karena cetakan dari logam, maka harga cetakan mahal.
2. Diperlukan perhitungan yang tepat untuk pembuatan cetakan.
3. Bentuk dan ukuran produk sederhana.
4. Untuk bentuk coran yang berbeda, perlu cetakan baru.
5. Tidak dapat untuk mengecor baja.

C. Proses Pengecoran Sentrifugal

Proses pengecoran sentrifugal adalah suatu proses pengecoran yang dilakukan dengan jalan menuangkan logam cair ke dalam cetakan yang berputar, sehingga dihasilkan coran yang mampat tanpa cacat sebagai akibat gaya sentrifugal. Oleh karena itu cara ini sangat cocok untuk coran berbentuk silinder atau benda kerja yang simetris.

Menurut letak sumbu tempat berputarnya cetakan, proses ini dapat dibagi menjadi dua, yaitu proses pengecoran sentrifugal sumbu horizontal dan sumbu vertikal. Pada pengecoran sentrifugal horizontal akan dihasilkan produk dengan ukuran yang panjang, sedangkan yang vertikal produk ukuran pendek. Bahan cetakan yang pakai adalah logam dan pasir. Beberapa keuntungan dari proses ini antara lain:

1. Produktivitas tinggi.
2. Penggunaan ruangan kecil.
3. Ketelitian dan kualitas coran tinggi.
4. Sedikit lebih murah.

Disamping keuntungan di atas terdapat beberapa kerugian:

1. Biaya pembuatan cetakan relatif lebih tinggi dibandingkan dengan cetakan pasir.
2. Pengaturan cukup sulit (perlu operator terampil).
3. Memerlukan ketepatan dalam perhitungan putaran, kecepatan tuang, temperatur tuang, dan lain-lain.
4. Timbul kesulitan untuk bahan cor campuran, yaitu terjadinya gejala segregasi gravitasi, yaitu unsur yang lebih berat cenderung terpisah dengan unsur yang lebih ringan.

D. Proses Pengecoran Cetak Tekan

Proses ini menggunakan tekanan dalam memasukkan logam cair ke dalam rongga cetakan. Cetakan dibuat dari baja khusus, dikenal sebagai "*dies*" atau "*matriis*". Proses ini mirip dengan proses pengecoran cetakan permanen hanya berbeda pada

cara memasukkan logam cair ke dalam rongga cetakan. Tekanan diberikan oleh mesin cukup tinggi sehingga pengisian logam cair sangat cepat. Oleh karena itu proses ini dapat menghasilkan produk dengan bentuk dan kehalusan permukaan sesuai dengan rongga cetakan logam yang dipakai. Dengan demikian tidak memerlukan proses tambahan atau proses penyelesaian. Tekanan yang diberikan berkisar 5 – 2500 kg/cm².

Keuntungan proses cetak tekan antara lain:

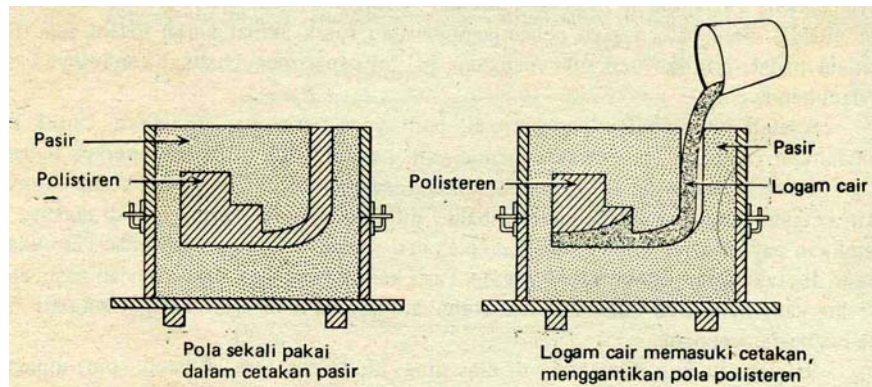
1. Tidak memerlukan proses penyelesaian.
2. Ukuran dan bentuk benda kerja sangat tepat.
3. Baik untuk produksi tinggi.
4. Bahan sisa rendah, karena saluran turun, pengalir, dan saluran masuk dapat dilebur kembali.

Kerugiannya antara lain:

1. Harga mesin dan cetakan mahal.
2. Untuk jumlah produksi kecil tidak menguntungkan.
3. Umur cetakan logam berkurang dengan naiknya suhu logam.
4. Sering terjadi efek cil atau logam tidak seluruhnya jadi satu, kadangkala hasil coran tidak merata.

E. Proses Pengecoran Dengan Pola Hilang

Pola sekali pakai umumnya terdiri dari satu bagian, ditempatkan di atas papan alas dan drag dibuat sebagaimana biasanya. Setelah drag selesai, dibalik, dan dilanjutkan dengan pembuatan kup. Jangan lupa membuat lubang-lubang pelepas udara. Meskipun lazimnya dipergunakan pasir basah, pasir jenis lainnya banyak digunakan juga, khususnya pada bagian permukaan pola. Saluran turun dan bagian dari sistem saluran masuk lainnya biasanya merupakan bagian dari pola. Bahan pola yang sering digunakan adalah polistirena. Logam cair dituangkan dengan cepat ke dalam saluran turun, polistirena menguap, dan logam cair mengisi rongga cetakan.



Gambar 36. Cetakan pola sekali pakai

Setelah logam membeku dan dingin, benda cetak dikeluarkan dan dibersihkan. Logam dituang dengan cepat untuk mencegah terjadinya pembakaran polistirena yang mengakibatkan terjadinya residu karbon. Gas yang terjadi akibat penguapan bahan, terdorong keluar melalui pasir yang permeabel dan lubang-lubang pelepasan gas. Biasanya pola diberi lapisan bahan tahan api agar dapat diperoleh permukaan yang mulus.

Keuntungan dari proses ini meliputi:

1. Sangat tepat untuk mengecor benda-benda dalam jumlah kecil.
2. Tidak memerlukan pemesian lagi.
3. Menghemat bahan coran.
4. Permukaan mulus.
5. Tidak diperlukan pembuatan pola belahan kayu yang rumit.
6. Tidak diperlukan inti.
7. Pengecoran jauh lebih sederhana.

Kerugiannya adalah:

1. Pola rusak sewaktu dilakukan pengecoran.
2. Pola mudah rusak oleh karena itu memerlukan penanganan yang lebih hati-hati.
3. Pada pembuatan pola tidak dapat digunakan mesin mekanik.
4. Tidak ada kemungkinan untuk memeriksa keadaan rongga cetakan.

F. Proses Pengecoran Dengan Cetakan Plaster

Proses pengecoran ini merupakan proses pengecoran tidak permanen, cetakan hanya untuk satu kali pemakaian, dan khusus untuk pengecoran logam *non ferrous*. Proses ini telah lama dipakai terutama untuk pekerjaan presisi dan halus dengan lebih murah, seperti sudu, komponen dari pompa, suku cadang pesawat terbang, roda gigi kecil dan lain-lain.

Bahan logam coran antara lain aluminium dan paduannya, tembaga dan paduannya, magnesium paduan (kurang baik hasilnya), seng dan paduannya. Untuk logam *ferrous*, karena titik leburnya yang tinggi, tidak dapat dikerjakan dengan cara ini karena dapat melelehkan bahan pembentuk cetakan.

Bahan cetakan dari plaster adalah gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) atau kalsium sulfat yang dicampur dengan talk, pasir, asbes, dan sodium silikat. Campuran ini ditambah dengan air dalam jumlah tertentu untuk mendapatkan sifat permeabilitas yang diperlukan. Campuran dalam bentuk kental kemudian ditempelkan pada pola. Setelah kering plaster ini akan menyusut (1 – 1,5%), oleh karena itu penyusutan plaster ini harus dikompensasikan pada pembuatan pola.

Beberapa keuntungan dari proses pengecoran ini adalah:

1. Ketelitian ukuran tinggi.
2. Permukaan coran halus.

Kerugiannya antara lain:

1. Ongkos produksi mahal (harga cetakan mahal dan perlu banyak peralatan tambahan dalam pembuatan cetakan).
2. Permeabilitas cetakan plaster sedikit rendah, hingga diperlukan proses penanganan yang lebih hati-hati (berarti ada biaya tambahan).

**BAB VI
PROSES PENGELASAN**

A. Pendahuluan.

Pengelasan adalah penyambungan dua buah logam sejenis maupun tidak sejenis dengan mencairkan (memanaskan) logam tersebut di atas atau di bawah titik leburnya disertai dengan atau tanpa tekanan dan disertai atau tidak disertai logam pengisi.

B. Macam Pengelasan.

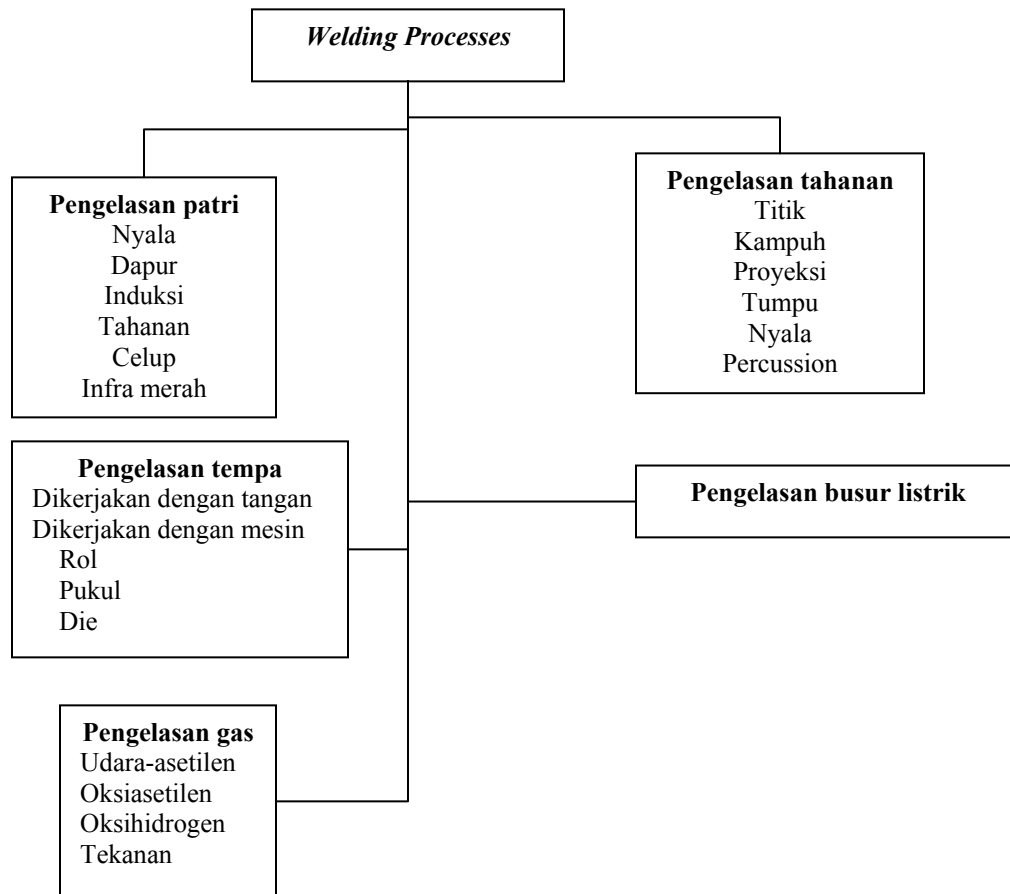
Berbagai buku dan ahli ilmu pengetahuan membagi macam atau jenis proses pengelasan tidak sama satu dengan yang lainnya, namun definisi dari masing-masing proses pengelasan tersebut adalah sama. Secara umum proses pengelasan pada logam dapat dikelompokkan menjadi beberapa kelompok besar, dari masing-masing kelompok tersebut dibagi menjadi beberapa sub kelompok seperti terlihat pada diagram pada gambar 37 berikut ini.

Beberapa proses memerlukan pemukulan, pengerolan, atau penekanan untuk menyatukan logamnya. Proses lain melelehkan logam dan tidak memerlukan tekanan. Pada proses yang melibatkan penekanan umumnya permukaan logam harus dipanaskan sampai mendekati titik cairnya. Sambungan las dapat dibuat juga dengan menuangkan logam cair di antara dua keping yang perlu disambung.

Permukaan yang bersih akan menghasilkan sambungan las yang jauh lebih kuat, oksida permukaan harus dibuang karena dapat saja terperangkap dalam logam membeku.

1. Penyolderan dan Pematrian.

Solder dan patri merupakan proses penyambungan logam di mana dimanfaatkan logam penyambung lainnya dalam keadaan cair yang kemudian



Gambar 37. Diagram Proses Pengelasan

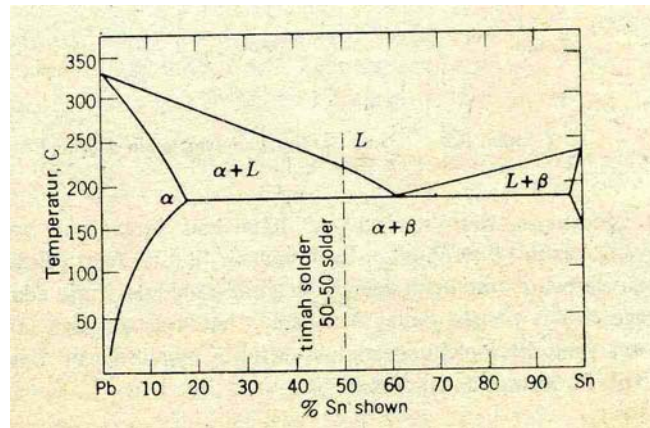
membeku. Proses ini digunakan secara meluas dan diterapkan untuk menyambung bagian-bagian yang kecil dan komponen listrik.

a. Penyolderan

Penyolderan adalah proses penyambungan dua keping logam dengan logam yang berbeda, yang dituangkan dalam keadaan cair dengan suhu tidak melebihi 430°C di antara kedua keping tadi. Paduan timbal dan timah yang mempunyai daerah cair antara

BAB VI PROSES PENGELASAN

180°C dan 370°C banyak digunakan. Karakteristik timah solder dapat dilihat pada diagram fasa timbel-timah putih seperti gambar 38.



Gambar 38. Diagram fasa timah hitam-timah putih

Komposisi 50%-50% paling sering digunakan untuk timah solder. Paduan ini meleleh pada 220°C.

Meskipun kita dapat menggunakan berbagai cara pemanasan seperti dapur, nyala api atau pemanasan listrik, solder lazim dilakukan dengan menggunakan alat solder yang dipakai untuk menyolder bagian-bagian yang kecil atau lempengan logam yang tipis. Alat solder dipanaskan dan timah dalam bentuk kawat dilelehkan pada ujung alat. Perlu dicatat bahwa permukaan sambungan yang bersih merupakan syarat mutlak.

b. Pematrian.

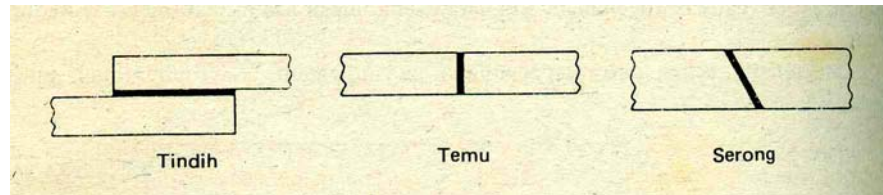
Pada pematrian terdapat logam bukan besi cair yang mengisi ruang antar logam yang disambung dan dibiarkan membeku. Logam pengisi yang mempunyai titik cair di atas 430°C akan tetapi di bawah titik cair logam induk, mengisi ruang antara permukaan. Pada proses ini logam pengisi dicairkan dan diletakkan di tempat sambungan las. Logam dan paduan patri yang lazim digunakan adalah:

1. Tembaga : titik cair 1083°C.
2. Paduan tembaga : kuningan dan perunggu yang mempunyai titik cair antara 870°C-1100°C.
3. Paduan perak : yang mempunyai titik cair antara 630°C-845°C.

BAB VI PROSES PENGELASAN

4. Paduan aluminium : yang mempunyai titik cair antara 570°C-640°C.

Jenis sambungan yang lazim dijumpai adalah sambungan tindih, temu, dan serong seperti diperlihatkan pada gambar 39.



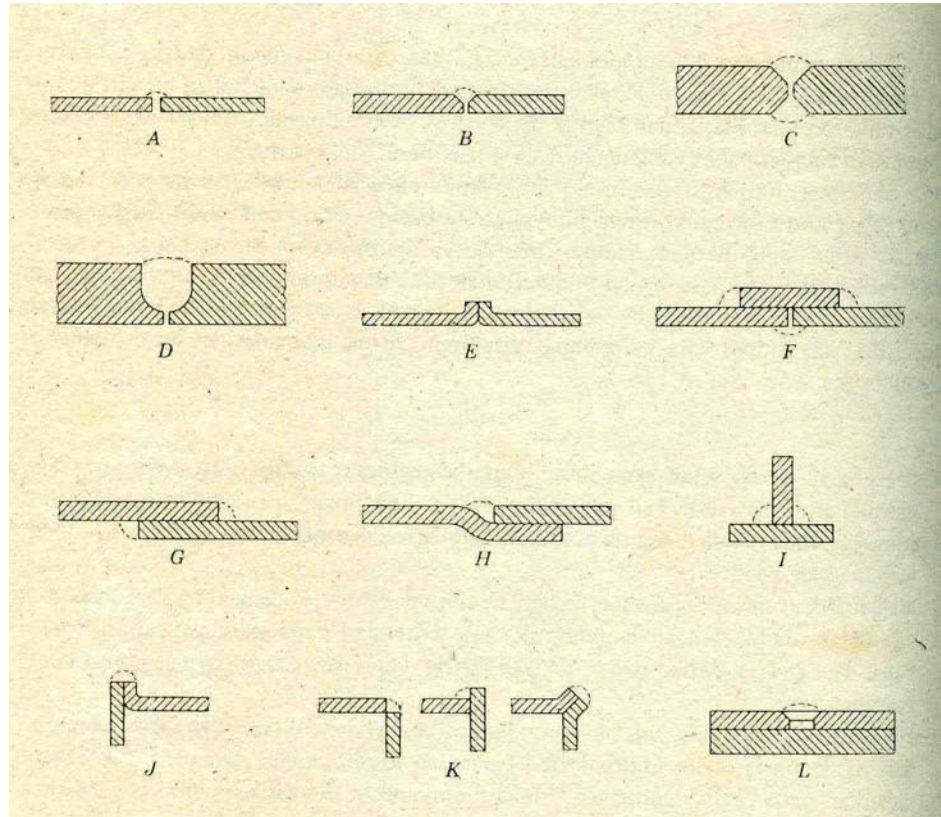
Gambar 39. Jenis sambungan yang lazim dijumpai

Sambungan tindih merupakan sambungan yang paling kuat karena mempunyai daerah singgung yang luas.

Pada penyambungan patri hal yang paling utama adalah kebersihan, permukaan harus bebas dari kotoran-kotoran, minyak, atau oksida-oksida dan bagian-bagian sambungan harus tepat ukuran maupun bentuknya dengan celah untuk bahan pengisi. Salah satu keuntungan proses patri adalah kemungkinan penyambungan logam yang sulit dilas, penyambungan logam yang berlainan, dan penyambungan bahan yang tipis. Selain itu prosesnya cepat dan menghasilkan sambungan yang rapi yang tidak memerlukan pengerjaan penyelesaian lain. Proses patri diterapkan pada menyambungkan pipa, pemasangan ujung karbida pada pahat potong, sambungan pada radiator, dan pesawat penukar panas, alat-alat listrik, dan perbaikan coran.

c. Sambungan Las.

Agar sambungan las cukup kuat, sambungan tersebut harus dirancang sesuai dengan cara penggunaannya nanti. Beberapa jenis sambungan terlihat pada gambar 40.



Gambar 40. Jenis sambungan las. (A) Sambungan tumpul, (B) Sambungan tumpul dengan alur V tunggal, (C) Sambungan tumpul dengan alur V ganda (untuk pelat tebal), (D) Sambungan tumpul dengan alur U (untuk coran tebal), (E) Sambungan tekuk (untuk logam tipis), (F) Sambungan tumpul dengan pita lapis, (G) Sambungan tumpang (dengan las sudut tunggal atau ganda), (H) Sambungan tumpul tekuk (tunggal atau ganda), (I) Sambungan tumpul T, (J) Sambungan sisi (untuk pelat tipis), (K) Sambungan sudut (pelat tipis), (L) Sambungan sumbat.

C. Proses Pengelasan.

1. Pengelasan tempa.

Pengelasan tempa merupakan proses penyambungan tertua yang dikenal manusia. Secara singkat, proses terdiri dari pemanasan logam yang kemudian ditempa (ditekan) sehingga terjadi penyambungan logam. Pemanasan dilakukan dalam dapur

BAB VI PROSES PENGELASAN

kokas. Kini dikenal dapur minyak atau gas. Pengelasan tempa dengan tangan dilakukan untuk benda-benda yang kecil. Sebelum disambung, kedua ujung dibentuk terlebih dahulu, sedemikian sehingga bila disambungkan, keduanya akan bersambung di tengah-tengah terlebih dahulu. Penempaan kemudian dilakukan mulai dari tengah menuju ke sisi. Proses ini disebut "*scarfing*".

Pengelasan tempa merupakan proses yang agak lambat dan ada kemungkinan terbentuknya lapisan oksida pada permukaan. Oksidasi ini dapat dihindarkan dengan menggunakan bahan pembakar yang berlebihan. Pemanasan harus dilakukan secara perlahan-lahan, lebih-lebih pada bagian-bagian yang tidak rata. Setelah benda mencapai suhu yang tepat, benda diletakkan di atas paron kemudian ditempa.

Baja karbon rendah dan besi tempa cocok untuk proses ini karena memiliki daerah suhu pengelasan yang besar. Daerah pengelasan berkurang dengan meningkatnya kadar karbon.

2. Pengelasan Dengan Gas.

Kelompok ini mencakup semua proses pengelasan di mana digunakan campuran gas sebagai sumber panas. Nyala gas yang lazim digunakan adalah gas alam, asetilen, dan hidrogen dicampur dengan oksigen. Pengelasan oksihidrogen merupakan proses gas pertama yang digunakan secara komersil. Suhu maksimum yang dapat dicapai adalah 1980°C. Hidrogen dihasilkan oleh proses elektrolisa air. Campuran gas yang banyak digunakan adalah proses oksiasetilen dengan suhu nyala hingga 3500°C.

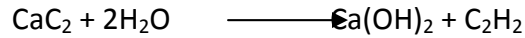
Nyala Oksiasetilen.

Di sini digunakan nyala gas campuran oksigen dan asetilen untuk memanaskan logam sampai mencapai titik cair logam induk. Pengelasan dapat dilakukan dengan atau tanpa logam pengisi.

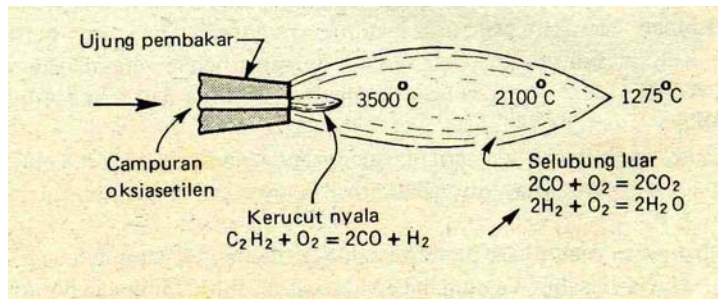
Oksigen berasal dari proses elektrolisa atau proses pencairan udara. Oksigen komersil umumnya dari proses pencairan udara di mana oksigen dipisahkan dari nitrogen.

BAB VI PROSES PENGELASAN

Gas asetilen (C_2H_2) dihasilkan oleh reaksi kalsium karbida dengan air. Gelembung-gelembung gas naik dan endapan yang terjadi adalah kalsium hidroksida (kapur tohor). Reaksi yang terjadi dalam tabung asetilen ialah:



Di bawah ini terdapat skema nyala las oksiasetilen.



Gambar 41. Skema nyala las oksiasetilen

Pengaturan perbandingan campuran gas sangat penting oleh karena dengan demikian sifat nyala dapat diatur. Tiga sifat nyala yang dapat diperoleh adalah nyala bersifat reduksi, netral, dan oksidasi.

Nyala netral umumnya digunakan pada pekerjaan pengelasan dan pemotongan. Kerucut nyala bagian dalam pada ujung nyala memerlukan perbandingan oksigen : asetilen sebesar kira-kira 1 : 1 dan merupakan hasil reaksi seperti tertera pada gambar. Kerucut ini dikelilingi oleh selubung nyala luar yang berwarna kebiru-biruan. Oksigen yang diperlukan nyala ini berasal dari udara. Suhu maksimum setinggi 3300 sampai 3500°C tercapai pada ujung nyala kerucut.

Bila terdapat kelebihan asetilen, tampak nyala akan berubah. Nyala reduksi dihasilkan oleh pembakaran dengan kelebihan asetilen dalam campuran. Kerucut nyala dan selubung lebih panjang. Warna nyala kemerah-merahan dan terdapat karbon bebas dalam nyala. Nyala ini cocok digunakan dalam pengelasan logam monel, nikel, berbagai jenis baja dan bermacam-macam bahan pengerasan permukaan nonferous.

Bila nyala diatur sedemikian sehingga memberikan kelebihan oksigen, akan diperoleh nyala oksidasi. Nyala oksidasi dihasilkan oleh pembakaran pada kelebihan oksigen dalam campuran. Kerucut nyala berwarna putih dan pendek. Ukuran nyalanya

BAB VI PROSES PENGELASAN

pendek dan berbunyi gemuruh. Nyala yang bersifat oksidasi ini harus digunakan dalam pengelasan kuningan dan perunggu.



Nyala normal

nyala oksidasi

nyala reduksi

Gambar 42. Jenis-jenis nyala asetilen

Keuntungan las oksiasetilen sangat banyak; peralatan relatif murah dan memerlukan pemeliharaan minimal, mudah dibawa dan dapat digunakan di lapangan maupun di pabrik atau di bengkel-bengkel. Dengan teknik pengelasan yang tepat hampir semua jenis logam dapat dilas dan alat ini dapat digunakan untuk pemotongan maupun untuk penyambungan.

Nyala Oksihidrogen.

Karena oksihidrogen menyala pada suhu 2000°C , suhu yang jauh lebih rendah daripada oksiasetilen, maka nyala ini digunakan untuk pengelasan lembaran tipis dan paduan dengan titik cair yang rendah dan dalam pekerjaan mematri. Meskipun jenis peralatan yang digunakan di sini sama, pengaturan pada pengelasan hidrogen lebih sulit karena perbandingan gas yang berbeda tidak memberikan warna nyala yang berlainan

Nyala udara-asetilen.

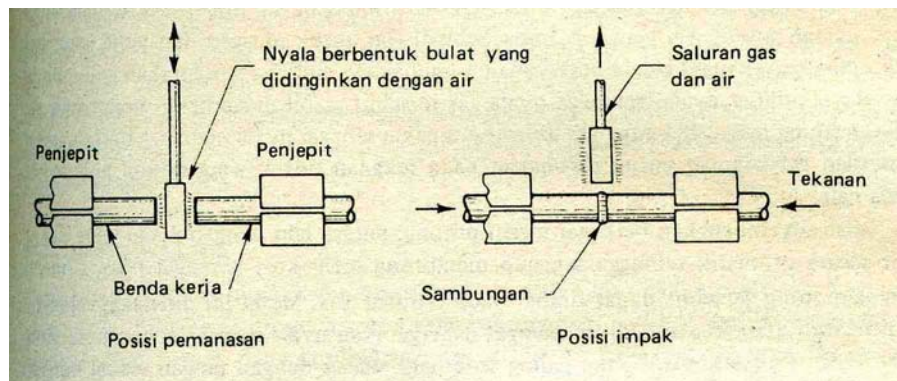
Nyala yang digunakan dalam proses ini dihasilkan oleh pembakar mirip dengan pembakar bunsen. Udara terhisap ke nyala sesuai dengan kebutuhan nyala. Karena suhu jauh lebih rendah daripada proses gas lainnya, kegunaannya sangat terbatas dan hanya dimanfaatkan untuk patri timah dan suhu rendah.

BAB VI PROSES PENGELASAN

Nyala gas bertekanan.

Pada pengelasan gas bertekanan, ujung tumpu yang akan dilas dipanaskan dengan nyala oksiasetilen hingga 1200°C kemudian ditekankan. Kedua permukaan yang akan disambung ditekan satu sama lainnya selama proses pemanasan. Nyala ganda yang didinginkan dengan air yang dipasangkan mengelilingi seluruh sambungan. Selama proses pemanasan nyala tersebut diayun untuk menghindarkan pemanasan setempat yang berlebihan. Sewaktu pemanasan, ujung sambungan yang tirus bersambung menjadi satu. Ketika suhu yang tepat sudah tercapai, benda diberi tekanan.

Gambar 43. menunjukkan bahwa pengelasan menggunakan nyala ganda yang pipih yang ditempatkan di antara kedua permukaan yang disambung. Permukaan dipanaskan oleh nyala pipih ini sehingga terbentuk lapisan logam cair pada permukaannya. Nyala tersebut kemudian cepat-cepat dicabut dan kedua permukaan ditekan sampai 28 Mpa hingga logam membeku. Disini tidak digunakan logam pengisi dan mutu lasan ditentukan oleh sifat logam yang disambung.



Gambar 43. Pengelasan gas bertekanan

3. Las Resistansi Listrik.

Pada proses ini arus yang cukup besar dialirkan melalui logam sehingga menimbulkan panas pada sambungan dan di bawah pengaruh tekanan, terbentuklah sambungan las. Transformator yang terdapat dalam mesin las mengubah tegangan arus bolak-balik dari 110 atau 220 Volt menjadi 4 sampai 12 Volt dan arusnya menjadi cukup besar sehingga dapat menghasilkan panas yang diperlukan. Bila arus mengalir dalam

BAB VI PROSES PENGELASAN

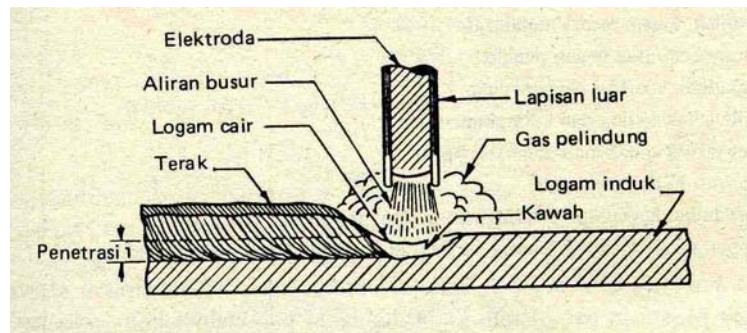
logam, panas timbul di daerah dengan tahanan listrik yang terbesar, yaitu pada batas permukaan kedua logam atau lembaran. Di sinilah terjadi sambungan las.

Las resistansi listrik ini pada dasarnya merupakan proses penyambungan lembaran-lembaran logam tipis. Biasanya peralatan hanya cocok untuk satu jenis sambungan las. Pada proses ini sambungan mengalami tekanan selama proses pemanasan yang diatur dengan cermat dan prosesnya sendiri berlangsung dengan cepat. Hampir semua jenis logam dapat dilas dengan las resistansi listrik.

4. Las Busur Listrik.

Electric arc atau busur listrik adalah arus elektron yang kontinyu mengalir melalui suatu media yang pendek antara dua buah elektroda (positif dan negatif) yang disertai dengan terjadinya energi panas dan radiasi udara atau gas antara elektroda yang akan diionisir oleh elektron yang dipancarkan oleh katode.

Pada *bare* (elektroda terbuka) benda kerja dihubungkan dengan positif dan elektroda negatif dengan kutub negatif. Gambar 44 memperlihatkan skema las busur listrik

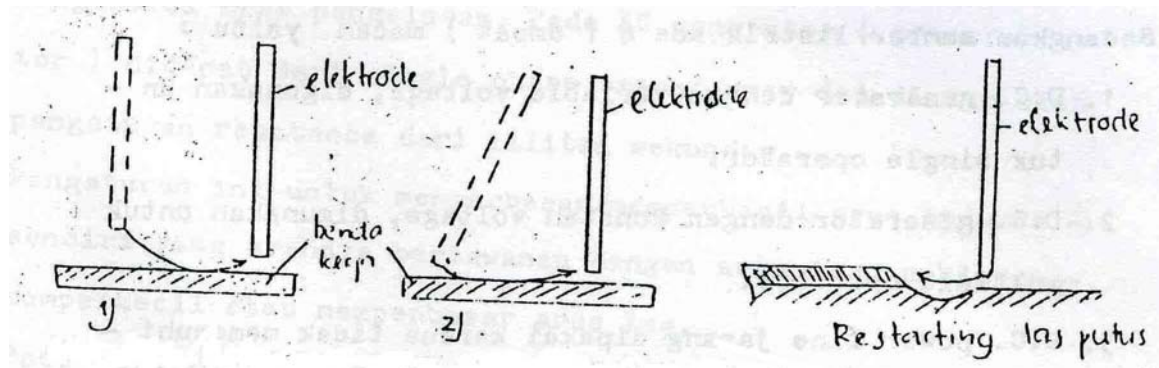


Gambar 44. Skema las busur listrik

Untuk menimbulkan busur nyala listrik, kedua elektrode dihubungkan singkat, dengan cara disentuhkan lebih dahulu dan pada bagian yang bersentuhan ini akan terjadi pemanasan (temperatur naik), hal ini mendorong terjadinya loncatan elektron. Dan selanjutnya dengan cepat ditarik kembali dan dijaga agar panjang busur listriknya

BAB VI PROSES PENGELASAN

normal. Selanjutnya pengelasan dengan jarak busur antara 0,6 sampai dengan 0,8 kali penampang elektoda. Gambar 45 memperlihatkan cara starting pada las listrik.



Gambar 45. Berbagai cara starting las listrik

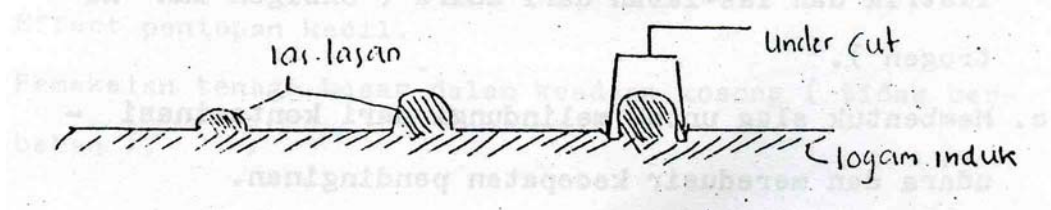
Dalam pemilihan kawat las atau elektroda yang perlu diperhatikan adalah bahwa las-lasan yang dihasilkan dapat atau mempunyai sifat-sifat sama yang dimiliki oleh logam induk sehingga kemungkinan terjadinya *crack* (retak), korosi dan lain-lain kecil. Pada umumnya ditinjau dari logam yang akan dilas, elektroda dapat dibagi menjadi 5 grup besar, yaitu :

1. Baja lunak (*mild steel*), misal : st 37, st 42 dan lain-lain.
2. *High Carbon Steel*, misal st 70, st 80, st 90 dan lain-lain.
3. *Special alloy steel*.
4. *Cast iron*.
5. *Non ferrous*.

Penetrasi.

Untuk mendapatkan sambungan las yang baik, dalamnya penetrasi tidak boleh kurang dari 1,5 – 2 mm. Dalamnya penetrasi tergantung dari besarnya arus.

BAB VI PROSES PENGELASAN



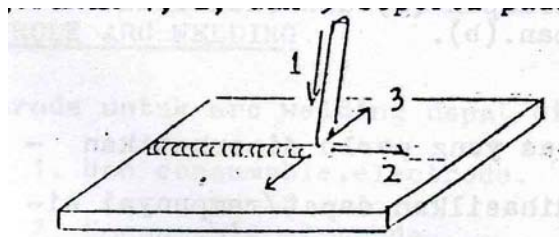
Gambar 46. Macam-macam penetrasi

Keterangan:

1. Arus cukup, penetrasi dan sambungan baik.
2. Arus terlalu rendah, penetrasi dan kekuatan kurang.
3. Arus terlalu tinggi, membentuk *undercut*, sehingga menyebabkan adanya sentralisasi gaya akibat adanya bentuk takik.

Gerakan elektroda.

Ada 3 macam gerakan elektroda pada *manual welding* seperti yang ditunjukkan pada gambar 47.



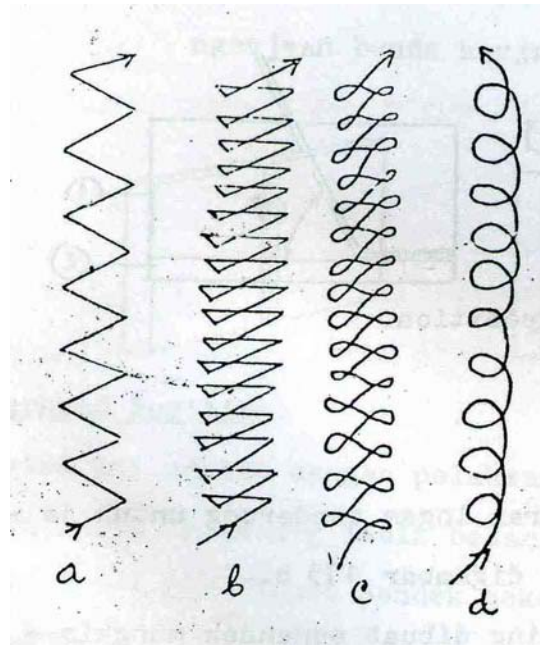
Gambar 47. Gerakan elektroda

Gerakan 1 : Merupakan gerakan feeding ke bawah, bila terlalu cepat elektroda akan melekat pada benda kerja, sehingga pengelasan akan terhenti, tetapi jika terlalu lambat, maka arus akan terputus.

Gerakan 2 : Bila gerakan terlalu cepat, maka waktu peleburan kurang sehingga penetrasi kurang. Tetapi jika terlalu lambat, maka las terlalu tebal, sehingga kawat las boros, kekuatan dan kecepatan las kurang dan juga dapat menyebabkan overheating pada benda kerja.

BAB VI PROSES PENGELASAN

Gerakan 3 : Digunakan untuk mengisi kampuh las yang lebar. Gerakan ini ada beberapa macam seperti terlihat pada gambar 48.



Gambar 48. Variasi gerakan 3

Gerakan (a) paling sederhana dan banyak dipakai. Gerakan (a) dan (b) digunakan pada jenis sambungan *butt join*. Gerakan (b) dan (c) digunakan pada jenis sambungan *fillet joint*. Gerakan (d) digunakan pada kampuh las yang lebar.

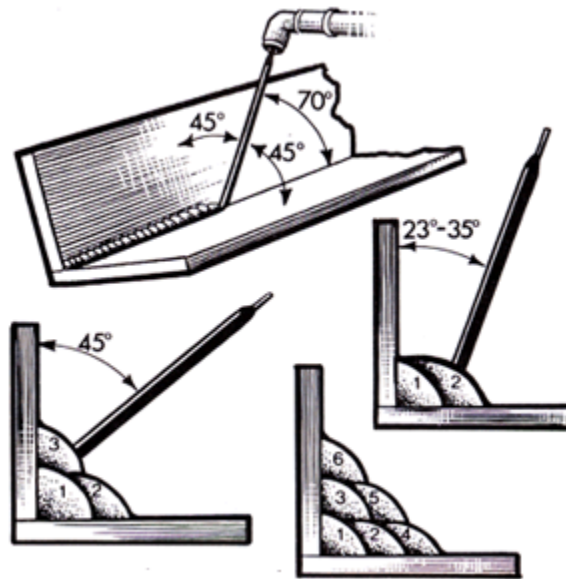
Posisi las.

Untuk mencapai hasil penyambungan yang baik, harus diperhatikan beberapa faktor pendukungnya. Salah satunya adalah posisi pengelasan pada saat dilakukan pengelasan. Untuk manual welding ada beberapa posisi las yang dapat dilakukan seperti:

1. *Downhand (flat position).*
2. *Horizontal position.*
3. *Vertical position.*
4. *Overhead position.*

BAB VI PROSES PENGELASAN

Flat position merupakan posisi las yang paling mudah pelaksanaannya dan logam cair tidak keluar dari kampuh las, penetrasinya lebih dalam dan kecepatan pengelasan lebih besar dibandingkan dengan posisi lainnya. Oleh karena itu posisi pengelasan sedapat mungkin dilakukan dengan flat position.



Gambar 49. *Flat position*

Pada *horizontal position*, cairan logam cenderung untuk jatuh ke bawah seperti terlihat pada gambar 50. Untuk menghindarinya, *arc welding* dibuat sependek mungkin dan dengan arus lebih rendah.

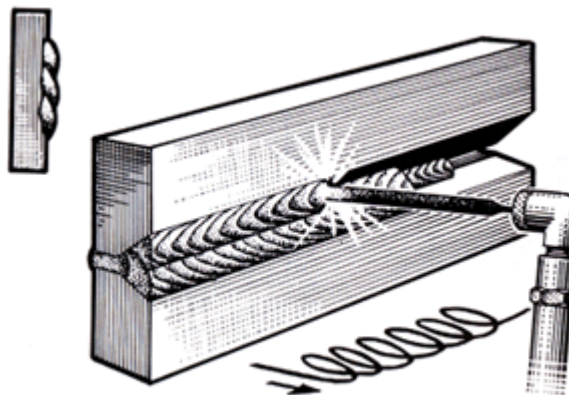
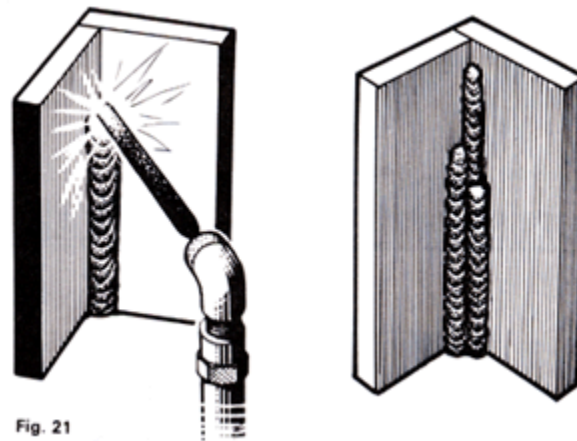


Fig. 19

Gambar 50. *Horizontal position*

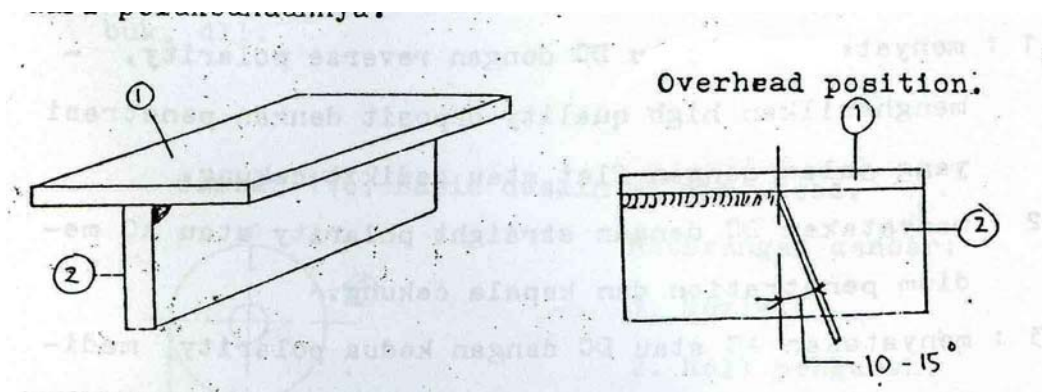
BAB VI PROSES PENGELASAN

Seperti terlihat pada gambar 51, maka posisi pengelasan arah vertikal sama halnya dengan posisi horizontal, dimana cairan logam cenderung jatuh ke bawah sehingga *arc* (busur) dibuat sependek mungkin.



Gambar 51. *Vertical position*

Posisi *overhead* merupakan posisi yang paling sulit. Cairan logam cenderung lebih besar jatuh sehingga untuk mengatasinya *arc* dibuat pendek sekali. Hasil pengelasan sering kurang baik karenanya cara ini sedapat mungkin dihindari.



Gambar 52. *Overhead position*

**BAB VII
PROSES PEMBENTUKAN LOGAM**

A. Pendahuluan.

Secara umum proses pembentukan logam diklasifikasikan menjadi 2 bagian, yaitu :

1. Proses pengerjaan panas (*hot working process*).
2. Proses pengerjaan dingin (*cold working process*).

Perbedaan antara pengerjaan panas dan pengerjaan dingin sulit didefinisikan secara metalurgis. Pada pengerjaan panas, gaya deformasi yang diperlukan adalah lebih rendah dan perubahan sifat mekanik tidak seberapa. Pada pengerjaan dingin, diperlukan gaya yang lebih besar, akan tetapi kekuatan logam tersebut meningkat dengan cukup berarti.

Suhu rekristalisasi logam menentukan batas antara pengerjaan panas dan dingin. Pengerjaan panas logam dilakukan di atas suhu rekristalisasi atau di atas daerah pengerasan kerja. Pengerjaan dingin dilakukan di bawah suhu rekristalisasi dan kadang-kadang berlangsung pada suhu ruang. Suhu rekristalisasi baja berkisar antara 500°C dan 700°C. Pengerjaan panas pada baja biasanya dilakukan di atas suhu tersebut. Tidak ada gejala pengerasan keras di atas suhu rekristalisasi. Pengerasan kerja baru mulai terjadi ketika limit bawah daerah rekristalisasi dicapai.

B. Proses Pengerjaan Panas (*hot working process*).

Istilah *penyelesaian panas*, digunakan untuk batang baja, pelat baja atau bentuk profil dalam keadaan "*as rolled*" setelah pengerjaan panas. Proses utama pengerjaan panas logam adalah:

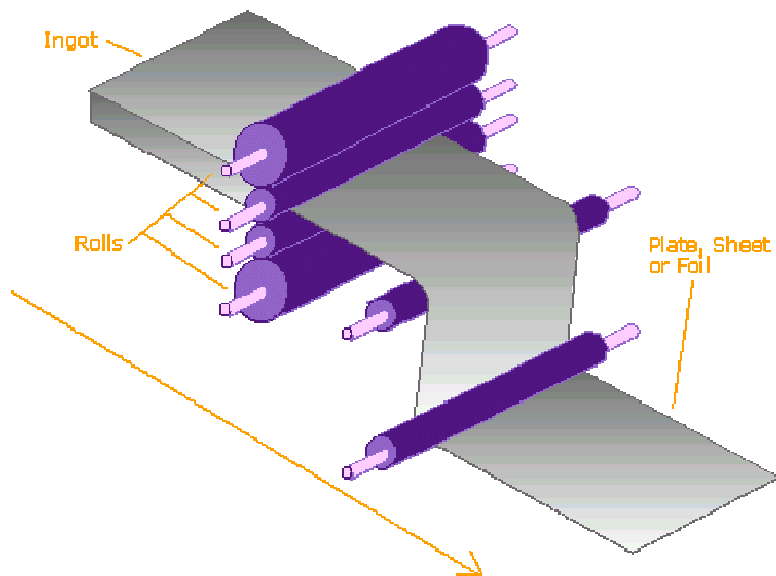
1. Pengerolan (*rolling*).
2. Penempaan (*forging*).

BAB VII PROSES PEMBENTUKAN LOGAM

- Penempaan palu.
 - Penempaan timpa.
 - Penempaan upset.
 - Penempaan tekan.
 - Penempaan pres.
 - Penempaan rol.
3. Ekstrusi.
 4. Pembuatan pipa dan tabung.
 5. Penarikan.

1. Pengerolan (*rolling*).

Secara sederhana proses pengerolan dapat dijelaskan pada gambar di bawah 53 di bawah ini.



Gambar 53. Proses pengerolan plat baja

Batangan baja yang tidak dilebur kembali atau dituang dalam cetakan diubah bentuknya dalam dua tahap:

BAB VII PROSES PEMBENTUKAN LOGAM

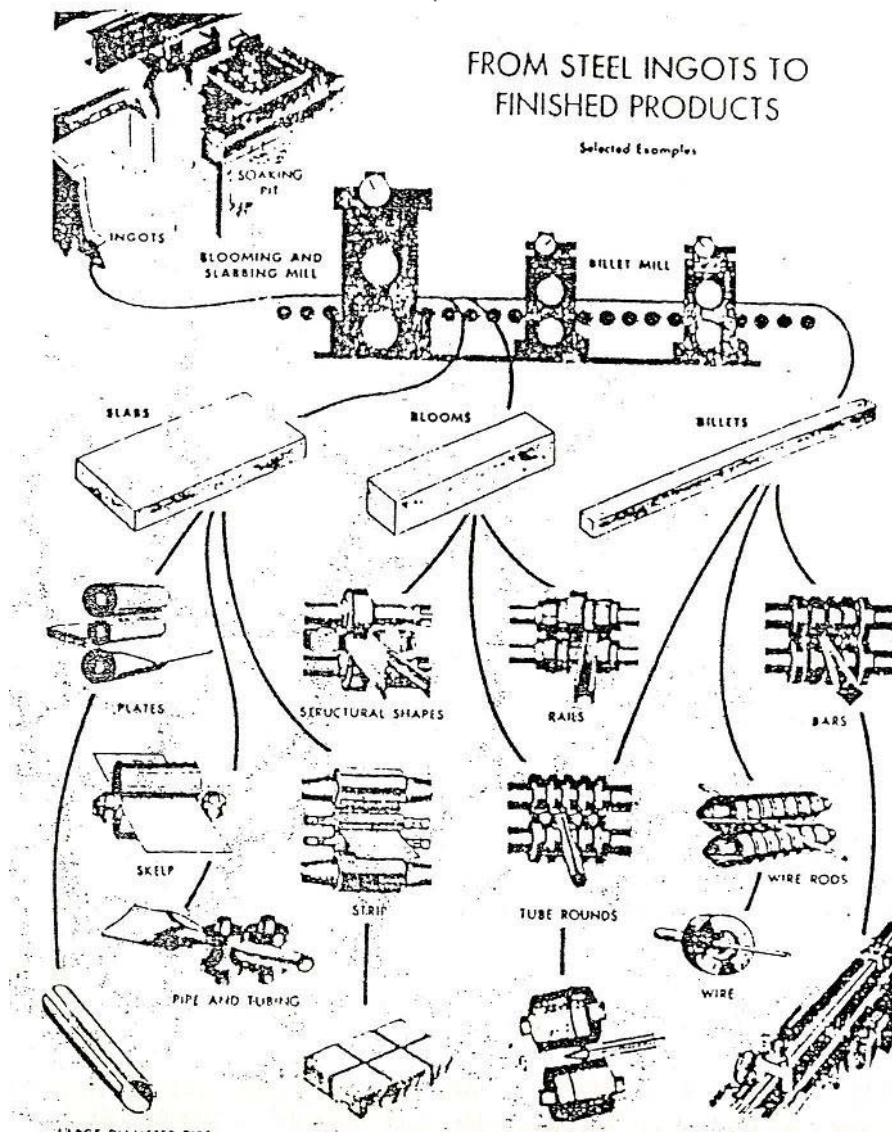
1. Pengerolan baja menjadi barang setengah jadi: *bloom, bilet, slab*.
2. Pemrosesan selanjutnya dari *bloom, bilet, dan slab* menjadi pelat, lembaran, batangan, bentuk profil atau lembaran tipis (*foil*).

Baja didiamkan dalam cetakan *ingot* hingga proses solidifikasi lengkap, kemudian dikeluarkan dari cetakan. Selagi panas, *ingot* dimasukkan dalam dapur gas yang disebut *pit rendam*, dan dibiarkan sampai mencapai suhu kerja merata sekitar 1200°C. *Ingot* kemudian dibawa ke mesin pengerolan dimana *ingot* dibentuk menjadi bentuk setengah jadi seperti *bloom, bilet* atau *slab*. *Bloom* mempunyai ukuran minimal 150 X 150 mm. *Bilet* lebih kecil dari pada *bloom* dan mempunyai ukuran persegi, ukuran mulai dari 40 X 40 mm sampai 150 X 150 mm. *Bloom* atau *bilet* dapat digiling menjadi *slab* yang mempunyai lebar minimal 250 mm dan tebal minimal 40 mm. Lebar selalu tiga (atau lebih) kali tebal, dengan ukuran maksimal 1500 mm. Pelat, skelp dan setrip tipis digiling dari *slab*. Diagram skematis perubahan bentuk baja benda jadi dan setengah jadi dapat dilihat pada gambar 54.

Salah satu efek dari operasi pengerjaan panas pengerolan ialah penghalusan butir yang disebabkan rekristalisasi. Hal ini dapat dilihat pada gambar 55. Struktur yang kasar, kembali menjadi struktur memanjang akibat pengaruh penggilingan. Karena suhu yang tinggi, rekristalisasi segera terjadi dan butir yang halus mulai terbentuk. Butir-butir tadi tumbuh dengan cepat sampai limit bawah suhu rekristalisasi tercapai.

Proses *rolling* dilakukan pada mesin yang disebut dengan *rolling mills*. Susunan *roll-roll* pada *rolling mills* dapat dilihat pada gambar 56. Susunan tersebut mempunyai fungsi dan tujuan tertentu, susunan tersebut adalah:

BAB VII PROSES PEMBENTUKAN LOGAM



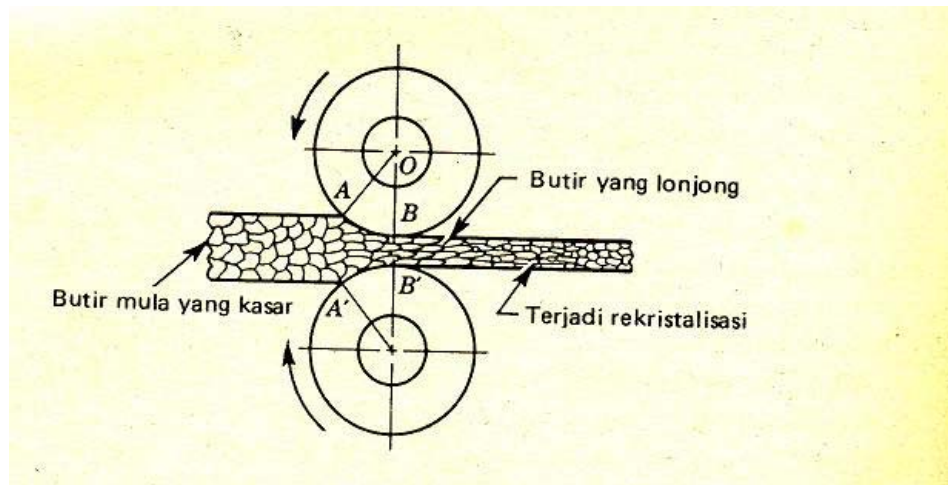
Large diameter pipe

Tin plate

Seamless pipe

Cold drawn bar

Gambar 54. Diagram skematis perubahan bentuk baja benda jadi dan setengah jadi

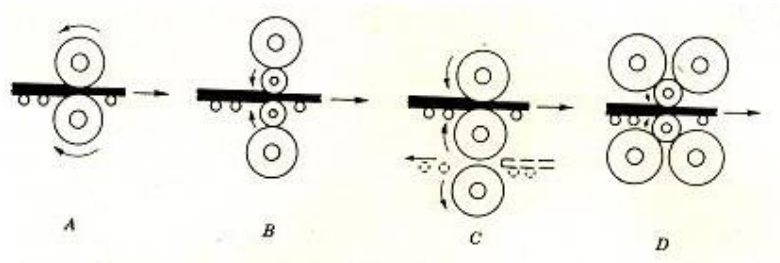


Gambar 55. Pengaruh pengerolan panas pada bentuk dan besar butir

1. *Two-high non reversing stand*: mempunyai dua buah *roll* dengan arah putaran yang tetap terhadap sumbu horizontal.
2. *Two-high reversing stand*: mempunyai *roll* pertama akan berputar pada satu arah yang kemudian akan berputar kembali untuk mengerol benda kerja pada arah yang berlawanan. Pengerolan pada mesin ini dilakukan berkali-kali dengan memperkecil jarak antara kedua *roll* pada setiap jalan.
3. *Three-high stand*: mempunyai tiga buah *roll* yang arah putarannya tetap dan disusun menurut bidang vertikal. Mesin ini dan juga *two-high reversing stand* biasanya digunakan untuk mengerol *ingot* menjadi *bloom* atau bentuk-bentuk datar lainnya.
4. *Four-high dan cluster roll* pada proses panas digunakan untuk mengerol benda-benda yang lebar yang cukup besar. Mesin ini digunakan pula pada proses pengerjaan dingin. *Roll* yang kecil yang mengalami kontak langsung dengan benda kerja akan lebih cepat aus dan harganya lebih murah dibandingkan dengan *roll* yang besar. *Roll* besar berfungsi sebagai pendukung *roll* kecil, sehingga *roll* kecil tidak terdefleksi sewaktu proses pengerolan berlangsung.

BAB VII PROSES PEMBENTUKAN LOGAM

5. *Senzimer planetary mills*, selain digunakan untuk benda yang sangat lebar, juga daya reduksinya sangat besar.

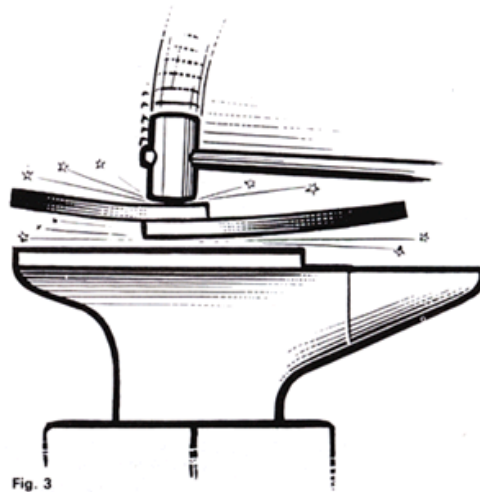


Gambar 56. Konfigurasi *roll* pada mesin *rolling*

2. Penempaan.

a. Penempaan Palu.

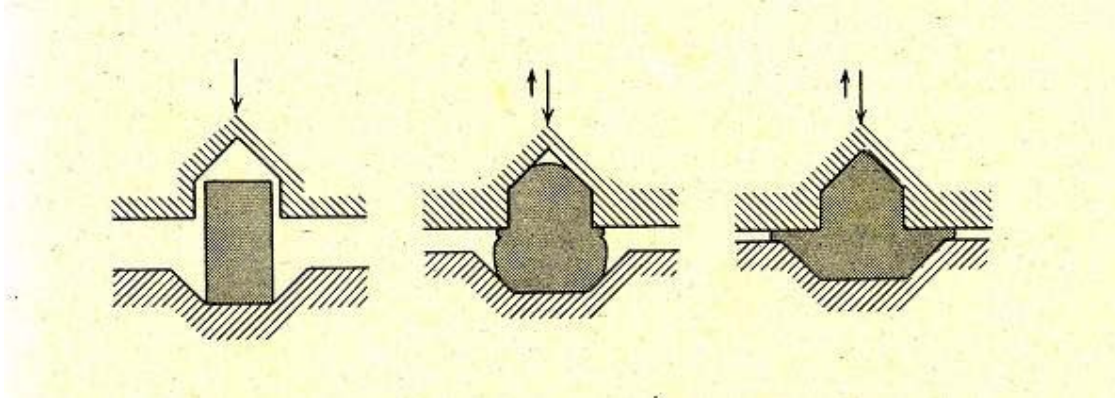
Penempaan tangan yang dilakukan oleh pandai besi merupakan cara penempaan tertua yang dikenal. Pada proses ini tidak dapat diperoleh ketelitian yang tinggi dan tidak dapat pula dikerjakan benda yang rumit. Secara sederhana proses penempaan tangan dapat dilihat pada gambar 57.



Gambar 57. Penempaan palu

b. Penempaan Timpa.

Penempaan timpa menggunakan *die* (cetakan) dan benda kerja terbentuk akibat impact atau tekanan yang memaksa logam panas yang plastis memenuhi dan mengisi bentuk *die*. Prinsip kerjanya dapat dilihat pada gambar 58.



Gambar 58. Prinsip kerja penempaan timpa

Pada proses ini ada aliran logam dalam *die* yang disebabkan oleh timpaan yang bertubi-tubi. Untuk mengatur aliran logam selama timpaan-timpaan, operasi ini dibagi atas beberapa langkah. Setiap langkah mengubah bentuk benda kerja secara bertahap, dengan demikian aliran logam dapat diatur sampai terbentuk benda kerja. Jumlah langkah tergantung pada ukuran dan bentuk benda kerja, kualitas tempa logam dan toleransi yang dipersyaratkan.

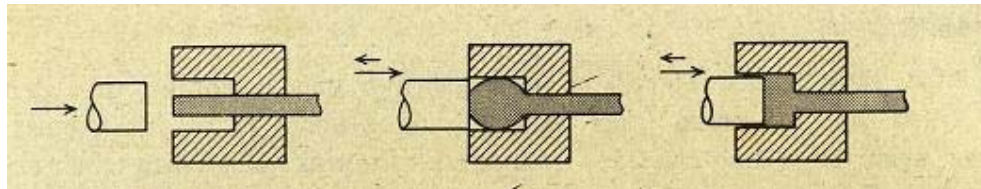
c. Penempaan Tekan.

Pada penempaan timpa, sebagian besar energi yang diberikan diserap oleh logam (benda kerja) di permukaan logam dan pada fondasi mesin. Oleh karena itu penempaan timpa tidak memungkinkan untuk menempa bagian-bagian yang besar. Dalam penempaan tekan, kerja mesin ini adalah menekan dengan perlahan-lahan, penutupan *die* hanya satu kali dengan tekanan yang tinggi dan menembus seluruh logam. Karena kemampuannya, maka mesin ini digunakan untuk menempa bagian-bagian yang besar.

BAB VII PROSES PEMBENTUKAN LOGAM

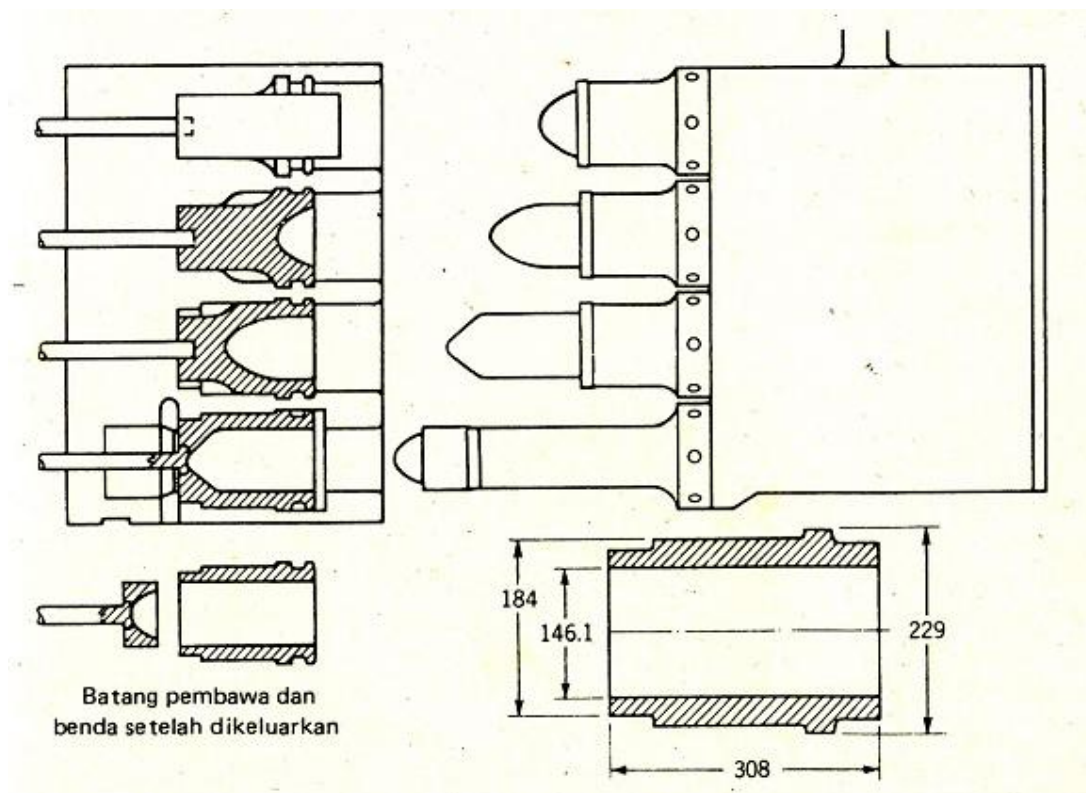
d. Penempaan Upset.

Penempaan upset merupakan proses pembesaran diameter dari ujung atau bagian tengah dari batang logam dengan menekan ke arah panjangnya. Prinsip kerja secara sederhana dapat dilihat pada gambar 59.



Gambar 59. Penempaan upset

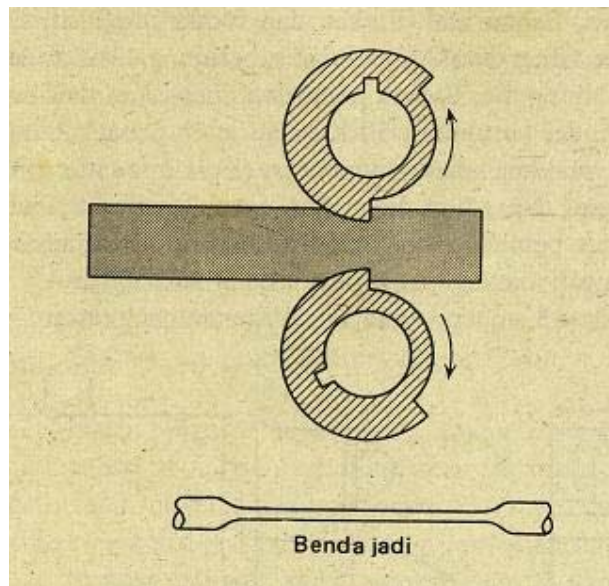
Berikut ini adalah gambar yang menunjukkan urutan operasi penempaan untuk pelubangan pada pembuatan selongsong peluru artileri.



Gambar 60. Proses pelubangan pada selongsong peluru

e. Penempaan Rol.

Roll yang digunakan berbentuk setengah silinder sebanyak dua buah dengan bentuk yang sama (sepasang). Masing-masing *roll* mempunyai lekukan yang membentuk sudut sama besar dengan sumbu putaran. Metode ini digunakan untuk memperpanjang benda kerja, berarti mengurangi luas penampangnya. Contoh produk antara lain berbentuk berbagai macam poros.



Gambar 61. Prinsip penempaan *rol*

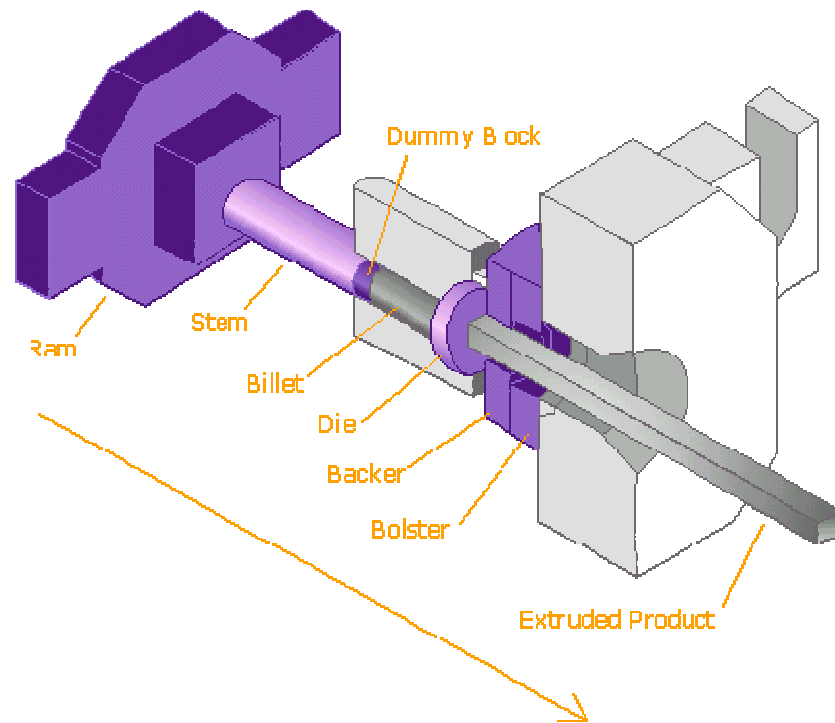
3. Ekstrusi.

Ekstrusi adalah proses pengerjaan panas pada logam padat dipaksakan mengalir melalui *die* sehingga benda kerja yang diperoleh akan sesuai dengan bentuk *die* dan ukuran benda kerja lebih kecil. Seperti ditunjukkan pada gambar 62. Bahan benda kerja biasanya timah, kuningan, perunggu, tembaga, aluminium, dan paduan magnesium.

a. Ekstrusi Langsung.

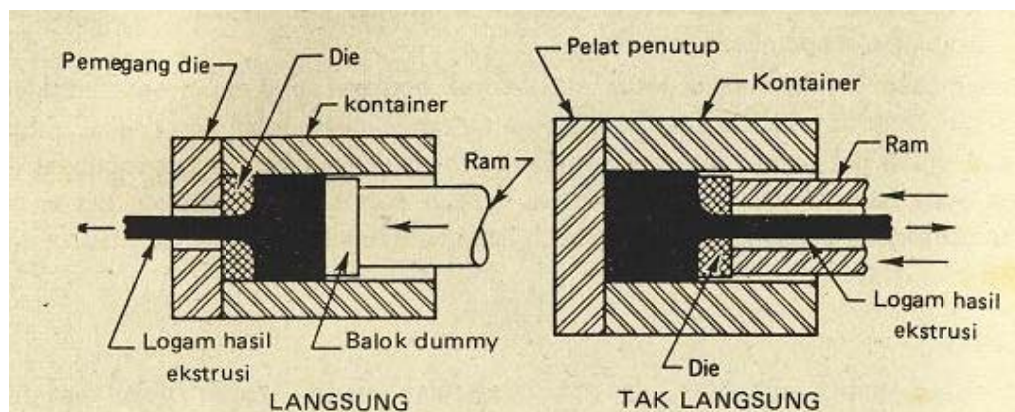
Prinsip ekstrusi dapat dilihat pada gambar 63. Di sini *bilet* bulat yang telah dipanaskan dimasukkan dalam ruang *die*, balok *dummy*, dan ram

BAB VII PROSES PEMBENTUKAN LOGAM



Gambar 62. Metode ekstrusi

kemudian ditempatkan pada posisi masing-masing. Logam diekstrusi melalui lubang pada *die* sampai tersisa bahan sedikitnya saja. Sisa ini dipotong tepat di dekat *die* dan ujung sisa dikeluarkan.



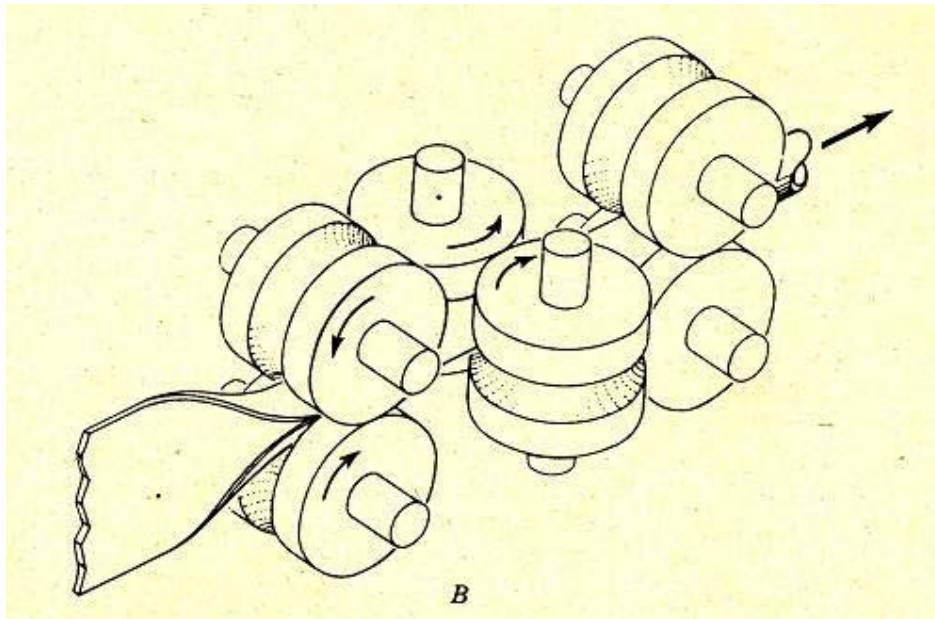
Gambar 63. Prinsip ekstrusi langsung dan tak langsung

b. Ekstrusi Tak Langsung.

Ekstrusi tak langsung, gambar 63., hampir sama dengan ekstrusi langsung hanya di sini bagian yang diekstrusi ditekan keluar melalui bagian dalam ram.

4. Pembuatan Pipa dan Tabung.

Proses pembuatan pipa dan tabung menggunakan prinsip pengerolan dan memerlukan proses pengelasan. Secara sederhana proses pembuatan pipa dan tabung dapat dilihat pada gambar 64 berikut ini.



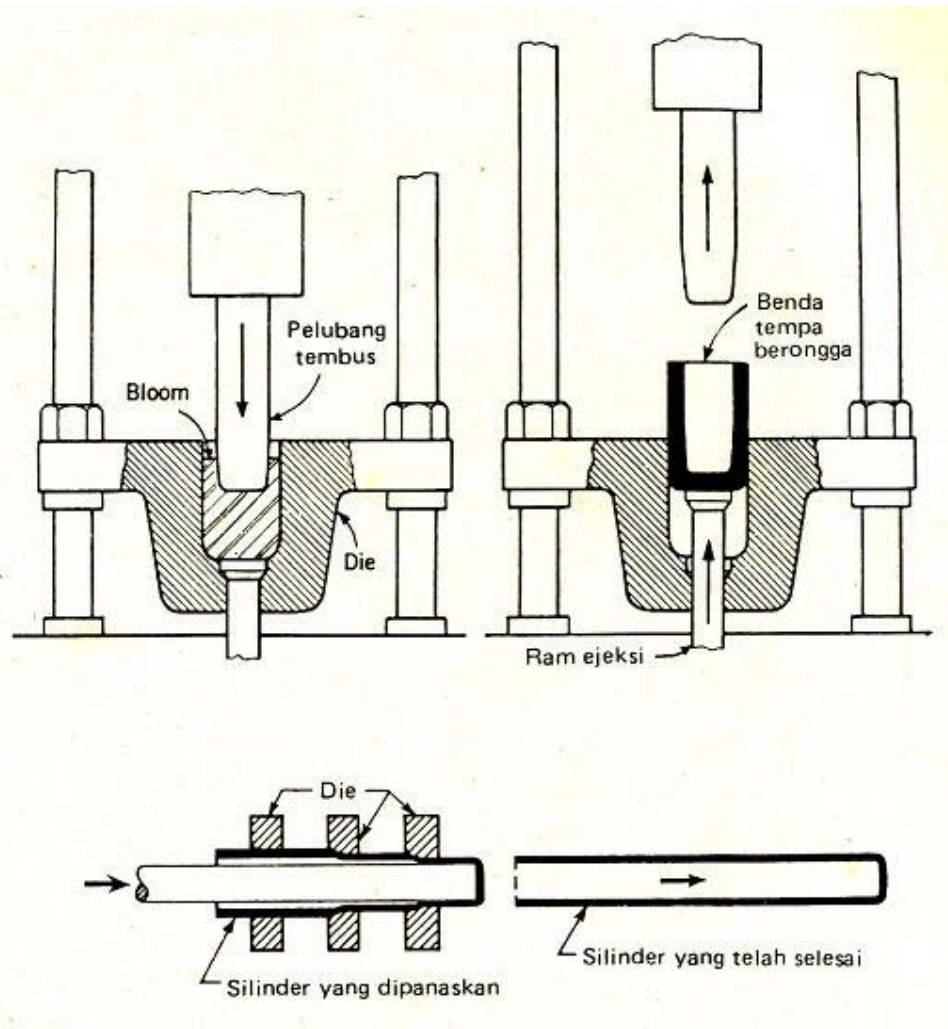
Gambar 64. Proses pembuatan pipa dan tabung

5. Penarikan (*Drawing*).

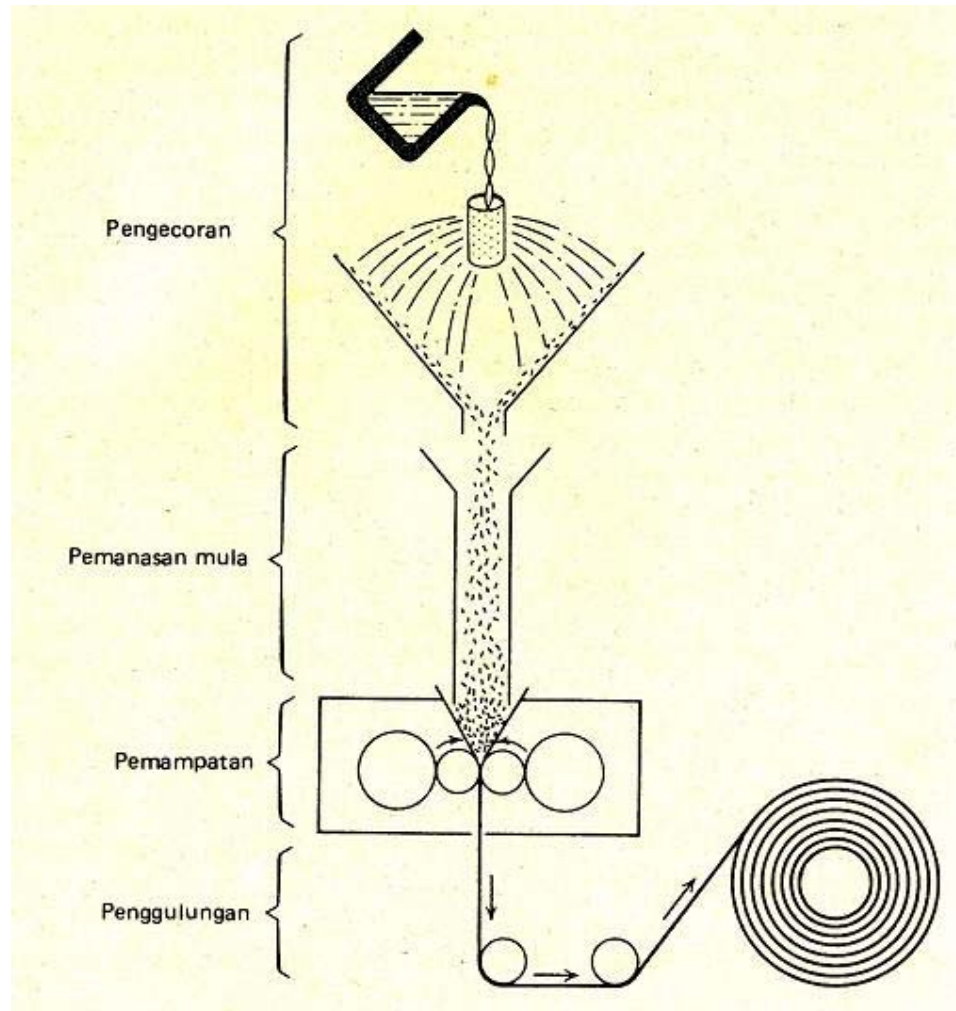
Produk yang tidak dapat dibuat dengan mesin *rol* diolah dengan proses seperti tampak pada gambar 65. Di sini bloom dipanaskan hingga suhu tempa dan pelubang tembus yang dipasang pada mesin pres vertikal. *Bloom* tersebut dibentuk menjadi benda tempa berongga dengan alas tertutup. Benda tempa dipanaskan kembali dan dimasukkan kembali ke dalam pres verikal dengan *die* dengan diameter yang semakin kecil.

BAB VII PROSES PEMBENTUKAN LOGAM

Pelubang yang digerakkan secara hidrolis menekan silinder yang dipanaskan. Untuk silinder berdinding tipis atau tabung, pemanasan dan penarikan perlu diulang beberapa kali. Bila pipa merupakan benda akhir, ujung yang tertutup harus dipotong dan selanjutnya dirol kembali agar ukurannya tepat dan penyelesaiannya baik.



Gambar 65. Prinsip proses penarikan



Gambar 66. Mengerol lembaran aluminium

C. Proses Pengerjaan Dingin (*cold working process*).

Logam yang dirol, diekstrusi, atau ditarik pada suhu di bawah suhu rekristalisasi dikatakan telah mengalami pengerjaan dingin. Klasifikasi dari proses pengerjaan dingin dapat dibagi menjadi beberapa bagian utama berdasarkan operasinya, yaitu :

1. *Squeezing.*
2. *Shearing.*
3. *Drawing.*

BAB VII PROSES PEMBENTUKAN LOGAM

4. *Bending.*

5. *High energy rate.*

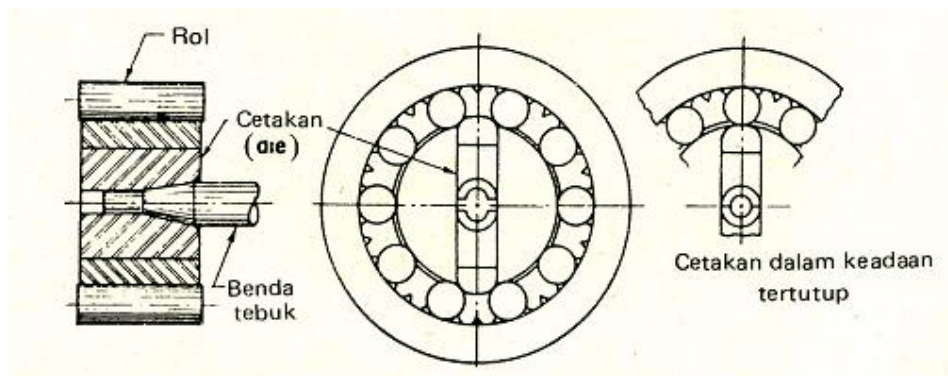
1. *Squeezing.*

Sebagian besar dari proses ini dikerjakan dengan cara panas. Alasan utama mengapa dilakukan dengan proses dingin adalah untuk memperoleh ketelitian dimensi dan hasil permukaan akhir. Proses ini meliputi:

1. Penempaan dingin (*cold forging*).
2. Keling (*riveting*) dan tagan (*staking*).
3. *Coining.*

a. Penempaan dingin.

Proses penempaan dingin dilakukan dengan menggunakan mesin putar (*rotary machine*) yang mempunyai sederetan rol-rol yang berfungsi sebagai *hammer* yang menggerakkan bantalan berikut die ke pusat perputaran. Selain membentuk permukaan luar dari benda kerja, mesin ini dapat pula membentuk permukaan bagian dalam dengan menggunakan mandrel sebagai *die*.



Gambar 67. Cara kerja mesin tempa dingin

Metode penempaan dingin merupakan metode terbaik untuk membuat ketirusan pada las-lasan, pipa tanpa sambungan, memperkecil penampang batang-

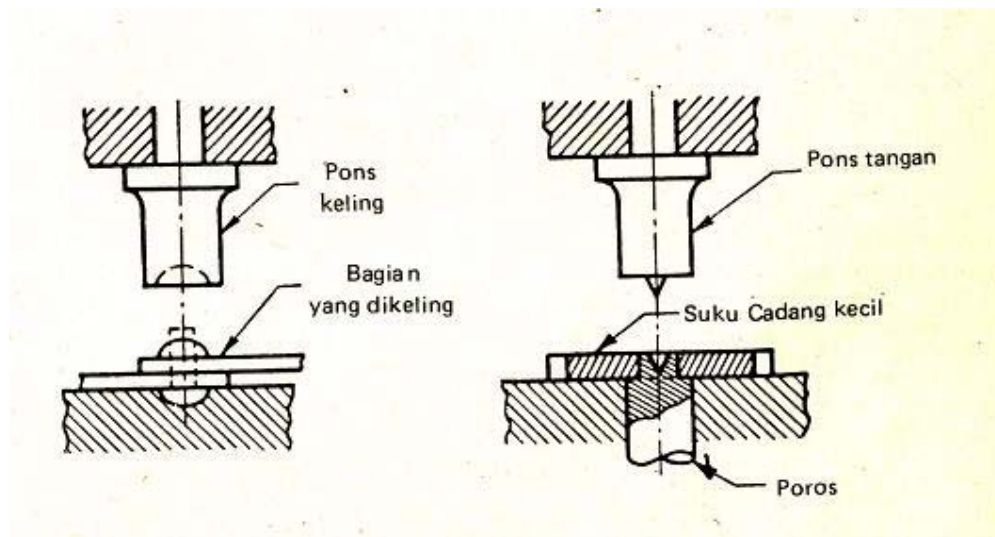
BAB VII PROSES PEMBENTUKAN LOGAM

batang, kawat. Sebagai contoh adalah silinder las, tangkai tongkat golf, tangkai pancing.

b. Keling (*riveting*) dan tagan (*staking*).

Keduanya merupakan proses penyatuan dua bagian atau suku cadang. Pada proses keling, bagian yang akan disambung atau dijadikan satu dibor, kemudian dipasangkan paku keling yang kemudian ditekan. Baik paku keling padat maupun yang berongga dapat digunakan di sini. Penekanan paku keling dapat dilakukan menggunakan *hammer*, mesin *press*, dan *pneumatic hammer* yang dapat dibawa dengan tangan. Bila menggunakan mesin *press*, prosesnya hanya satu kali tekan, sedang yang menggunakan *hammer* harus dipukul berulang-ulang.

Tagan adalah operasi serupa hanya di sini tidak dipergunakan paku keling. Bagian yang satu dengan lainnya ditekan sehingga terpasang dengan erat. Proses penekanan hanya satu kali dengan menggunakan pons bentuk yang diperlukan. Pons yang digunakan bisa berbentuk tajam, cincin dengan tepi yang tajam. Staking dilakukan terutama pada bentuk-bentuk poros untuk mainan anak-anak.



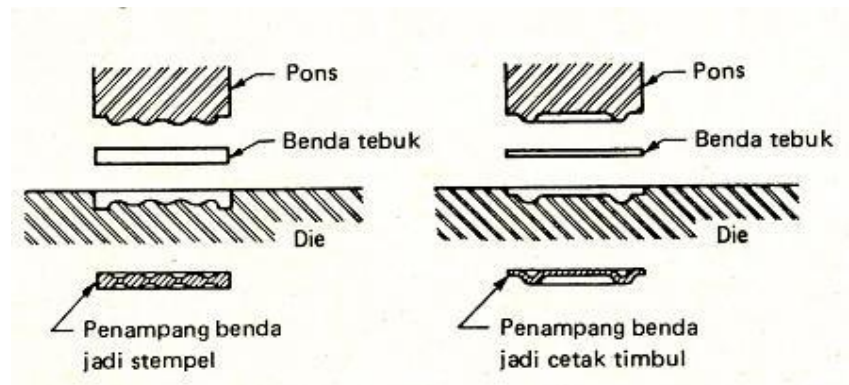
Gambar 67. Keling dan tagan, dua proses yang berbeda

BAB VII PROSES PEMBENTUKAN LOGAM

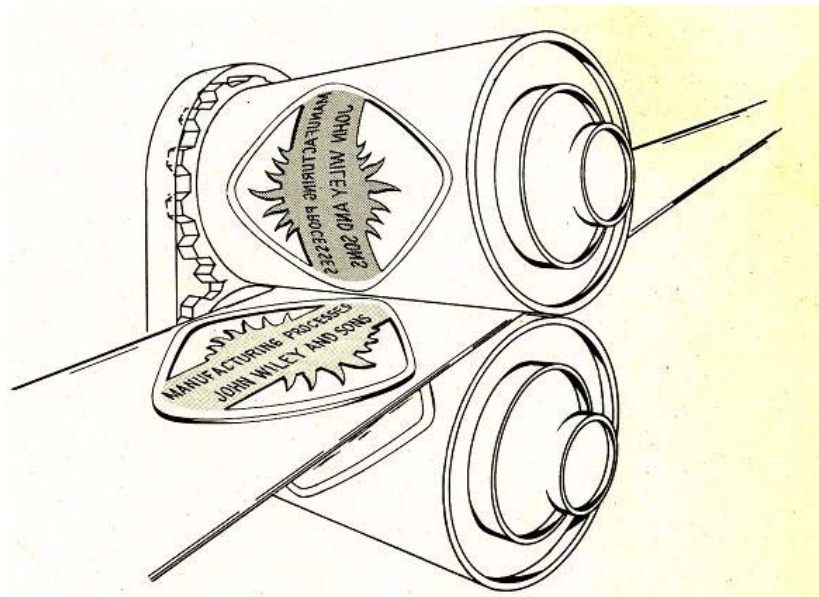
c. *Coining*.

Proses ini digunakan untuk membuat mata uang dan medali-medali serta bentuk-bentuk semacam yang memerlukan ketelitian dan ukuran yang tepat. Tekanan yang diperlukan untuk proses ini tinggi sekali. Contoh proses *coining* ini adalah stempel dan cetak timbul.

Operasi stempel dilakukan dalam cetakan sedemikian sehingga logam tidak dapat mengalir keluar cetakan. Untuk itu diperlukan mesin press khusus bertekanan tinggi dan diterapkan pada logam-logam tertentu yang lunak.

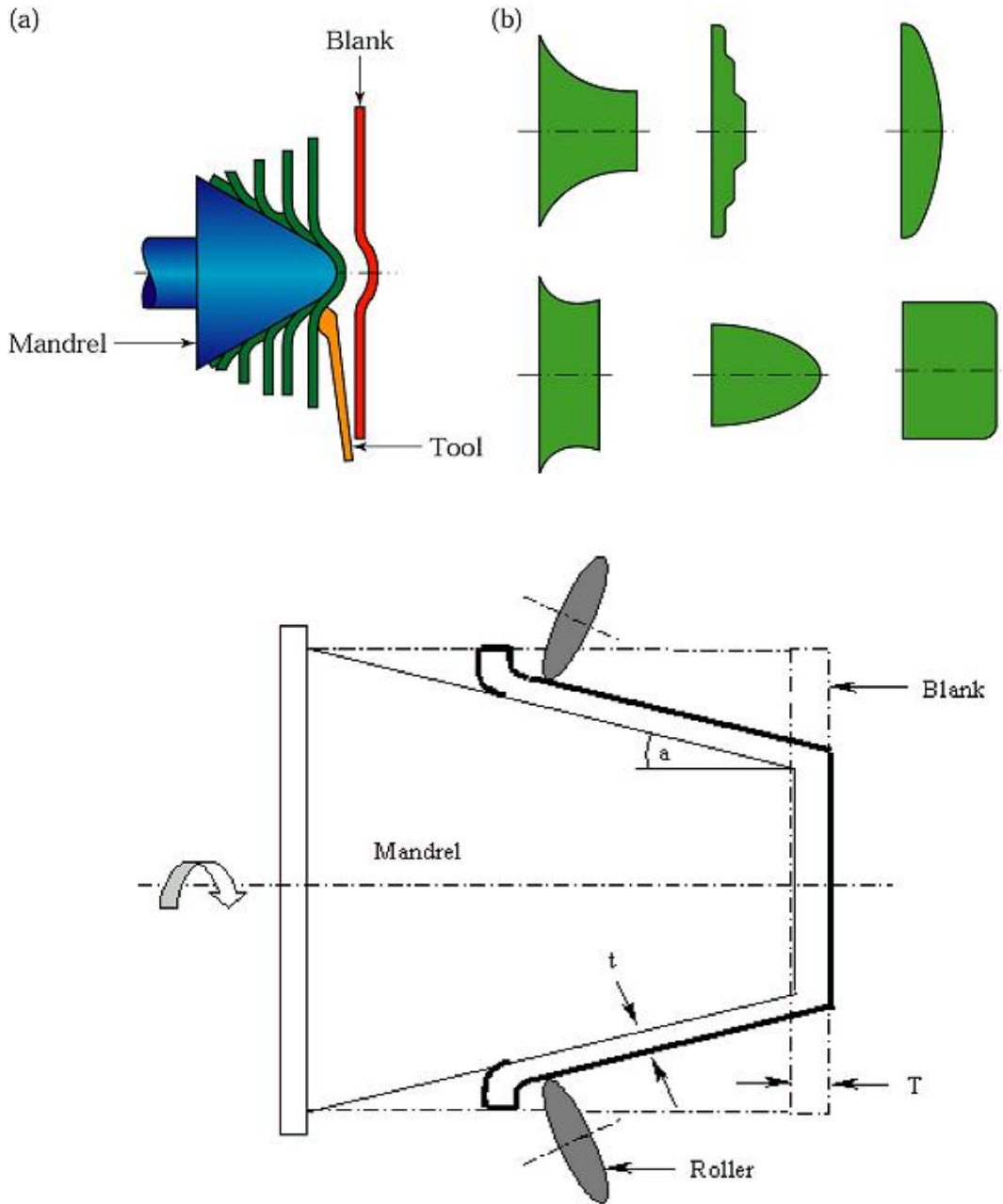


Gambar 68. Penjelasan mengenai proses stempel dan cetak timbul



Gambar 69. Cetak timbul rotasi

2. Shearing.

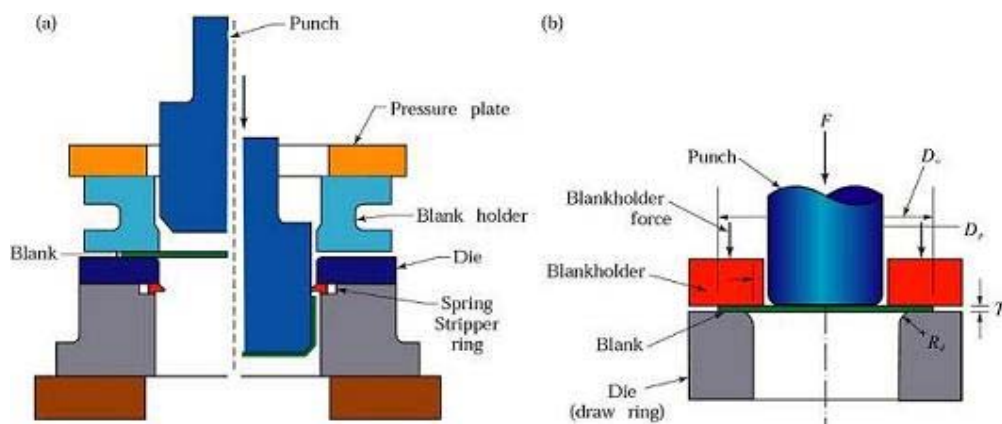


Gambar 70. Prinsip proses *shearing*

BAB VII PROSES PEMBENTUKAN LOGAM

Pada proses *shearing*, logam mengalami gaya geser sehingga tebal produk yang dihasilkan akan lebih tipis dibandingkan dengan benda kerja semula. Benda kerja yang digunakan adalah berupa lembaran plat tipis. Bentuk yang bisa dihasilkan dari proses *shearing* adalah bentuk-bentuk konis, setengah bola dan silinder.

3. *Drawing*.

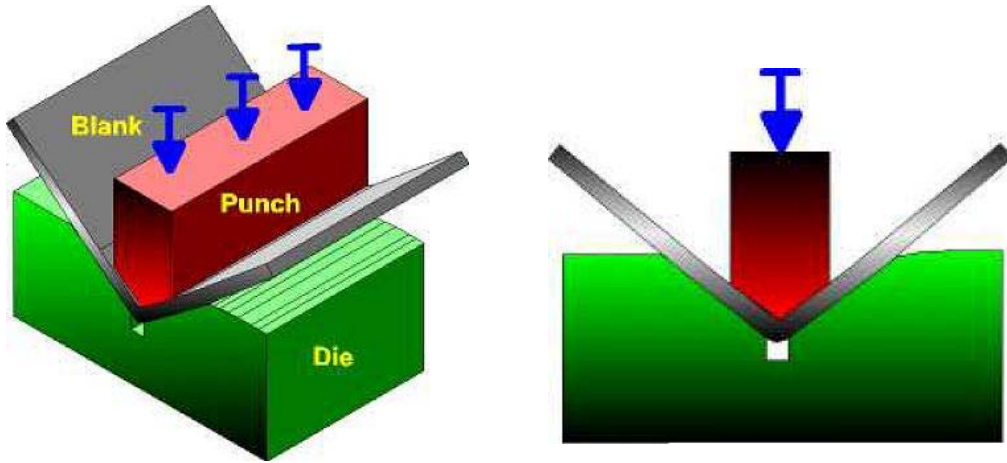


Gambar 71. Proses *deep drawing*

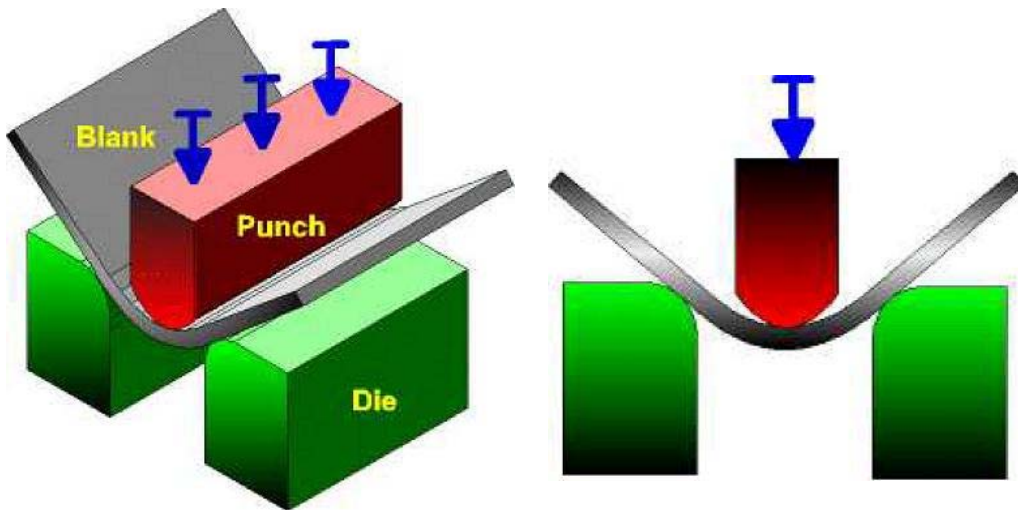
Gambar di atas memperlihatkan proses *deep drawing*. *Deep drawing* ditujukan untuk membuat tangki (kontainer) dengan berbagai bentuk dimana kedalamannya lebih besar dibandingkan dengan ukuran mulutnya. Proses ini juga dikenal dengan sebutan *shell drawing*.

4. *Bending*.

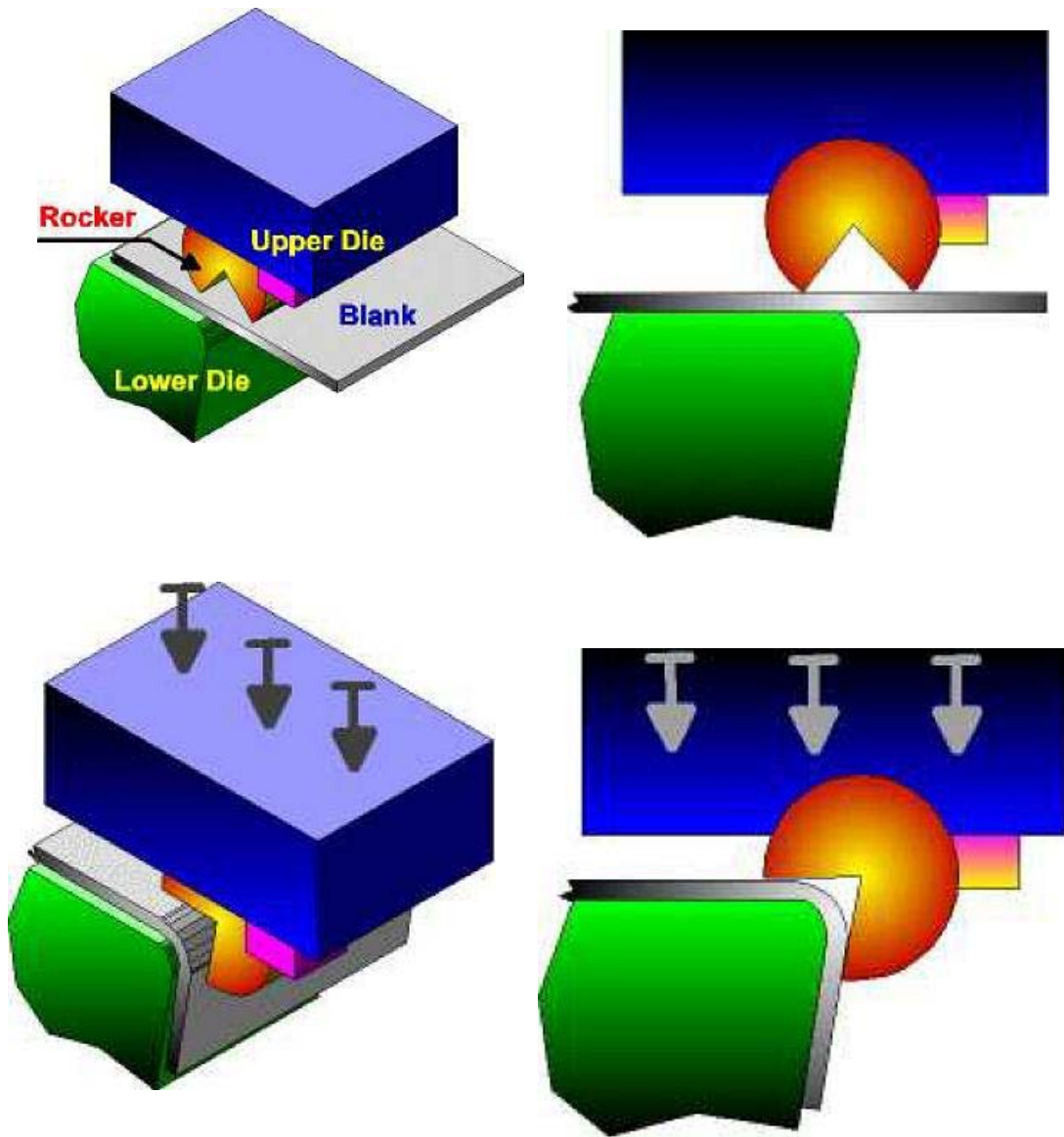
Bending adalah deformasi atau perubahan bentuk plastis dari logam dengan hanya sedikit atau hampir tidak mengalami perubahan luas permukaan. Ada banyak macam proses *bending* seperti ditunjukkan pada gambar-gambar berikut.



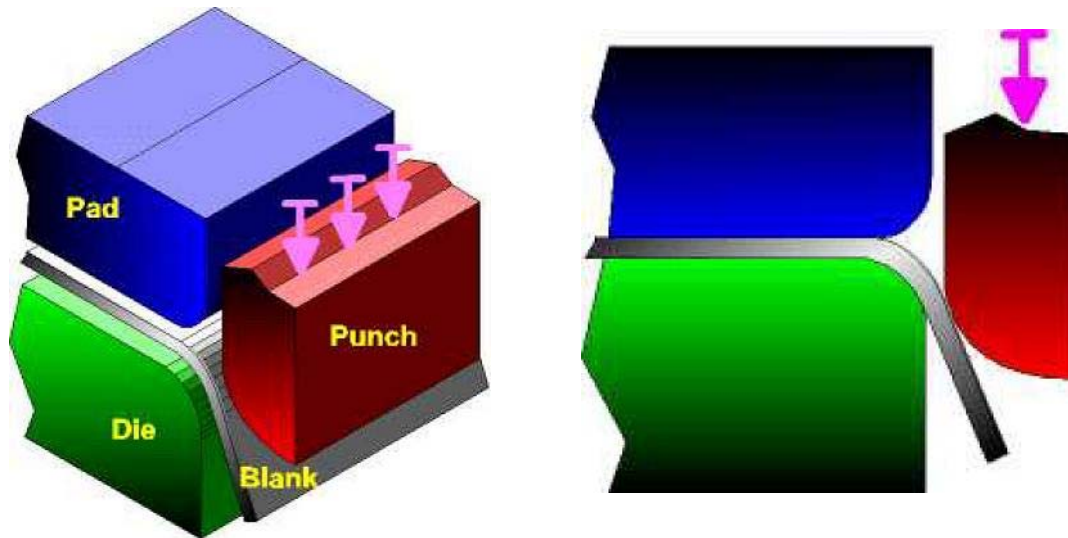
Gambar 72. V-bending



Gambar 73. Air bending



Gambar 74. Rotary bending



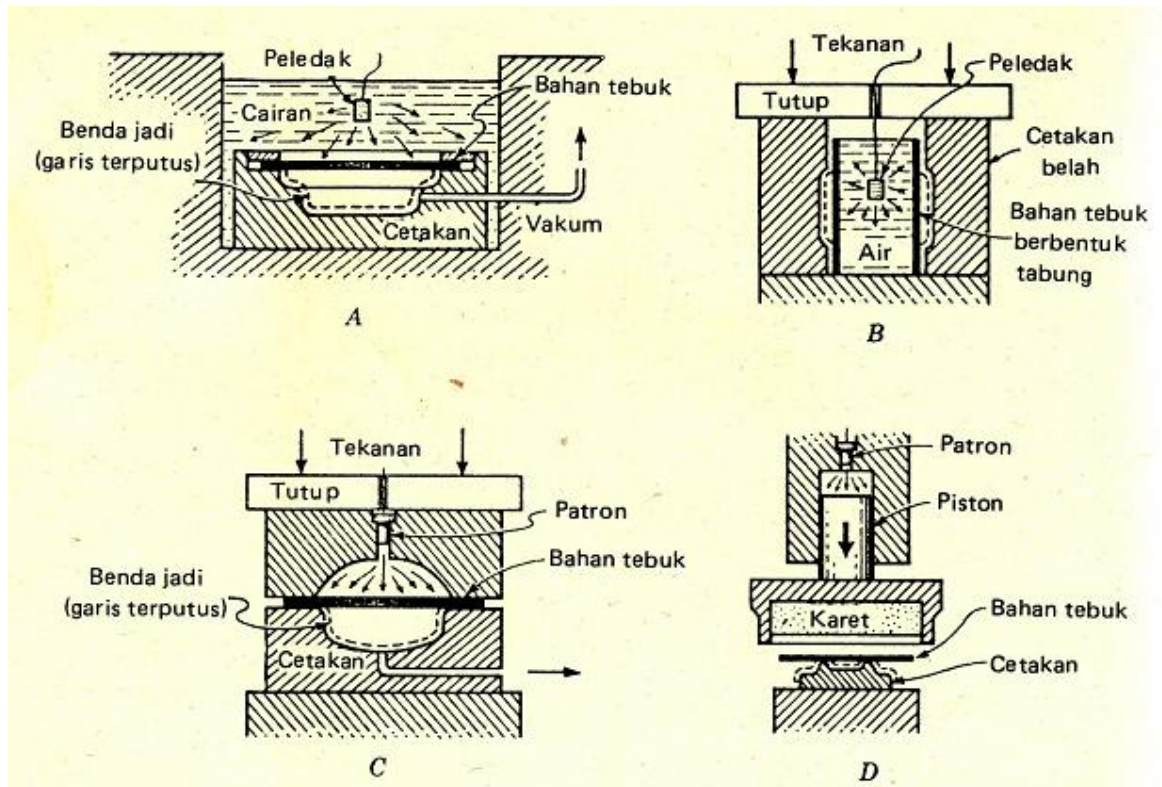
Gambar 75. Wiping die bending

5. High Energy Rate.

Proses pembentukan berenergi tinggi meliputi proses pemberian energi dengan kecepatan tinggi pada benda kerja pada tekanan tinggi. Metode yang sering digunakan adalah dengan menggunakan ledakan.

Gambar c dan d menampilkan metode pemuaiian gas. Pada c, gas menekan benda kerja dan memaksanya mengikuti bentuk cetakan. Pada d, gas menekan piston yang kemudian menekan karet yang menekan benda kerja ke cetakan. Cara ini mirip dengan menempaian dengan palu, hanya di sini prosesnya berlangsung dengan cepat

BAB VII PROSES PEMBENTUKAN LOGAM



Gambar 76. Cara pembentukan berenergi tinggi. (a). pembentukan dengan penekanan cairan secara langsung, (b). Operasi pengembangan, (c). Pembentukan dengan tekanan gas secara langsung, (d). Palu yang digerakkan oleh gas.

DAFTAR PUSTAKA

- Beeley, P.R., 1972, *FOUNDRY TECHNOLOGY*, Butterworth Scientific.
- Boenasir, 1993, *MESIN PERKAKAS PRODUKSI*, IKIP Semarang Press, Semarang.
- Darmanto, Joko, 2007, *MODUL BEKERJA DENGAN MESIN BUBUT TEKNOLOGI DAN INDUSTRI*, Yudhistira, Jakarta.
- Djaprie, Sriati., 1990, *Teknologi Mekanik jilid I*, edisi ketujuh, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Kristianto, G. H. Yudhi, 2006, *PEMROGRAMAN CNC TU-3A*, Penerbit Gava Media, Yogyakarta.
- Lilih dkk, 2001, *MESIN TURNING CNC TU-2A*, Laboratorium CNC-BLPT, Training Centre & Production, Edisi VI, Surabaya.
- Lilih dkk, 2001, *BUKU CNC MILLING TU-3A (MESIN FRAIS DASAR)*, Laboratorium CNC-BLPT, Training Centre & Production, Edisi VI, Surabaya.
- MZ, Emrizal, 2007, *CNC TEKNOLOGI & INDUSTRI*, Yudhistira, Jakarta.
- Rohyana, Solih, 2004, *MELAKUKAN PEKERJAAN DENGAN MESIN BUBUT SMK*, Armico, Bandung.
- Surdia, Tata dan Chijiwa, Kenji, 1976, *TEKNIK PENGECORAN LOGAM*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Syamsudin, R, 1997, *TEKNIK BUBUT*, Puspawara, Jakarta.