

## **BAB IV**

### **PENGERJAAN PANAS LOGAM**

Ingot baja. masih memerlukan pengerjaan lebih lanjut untuk membentuknya menjadi benda yang bermanfaat .Bila ingot lebih dingin, proses pembentukan secara mekanis menjadi batang, baik melalui proses penempaan, pres atau tekan, giling atau ekstruksi. Untuk menghilangkan pengaruh negatif akibat pengerjaan pada suhu tinggi, kebanyakan logam ferrous dibentuk lebih lanjut dengan pengerjaan dingin atau penyelesaian dingin agar diperoleh permukaan yang halus, ketepatan dimensi dan peningkatan sifat mekanik.

Dua jenis pengerjaan mekanik dimana logam mengalami deformasi plastik dan perubahan bentuk adalah pengerjaan panas dan pengerjaan dingin. 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 akan 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. Tidak ada gejala pengerasan kerja diatas suhu rekristalisasi. Pengerasan kerja baru mulai terjadi ketika limit bawah daerah rekristalisasi dicapai.

Selama operasi pengerjaan panas, logam berada dalam keadaan plastik dan mudah dibentuk oleh tekanan. Pengerjaan panas mempunyai keuntungan-keuntungan sebagai berikut:

1. Porositas dalam logam dapat dikurangi. Batangan [ingot] setelah dicor umumnya mengandung banyak lubang-lubang tersebut tertekan dan dapat hilang oleh karena pengaruh tekanan kerja yang tinggi
2. Ketidakmurnian dalam bentuk inklusi terpecah-pecah dan tersebar dalam logam.
3. Butir yang kasar dan butir berbentuk kolom diperhalus. Hal ini berlangsung di daerah rekristalisasi.
4. Sifat-sifat fisik meningkat, disebabkan oleh karena penghalusan butir. Keuletan dalam logam meningkat.
5. Jumlah energi yang dibutuhkan untuk mengubah bentuk baja dalam keadaan panas jauh lebih rendah dibandingkan dengan energi yang dibutuhkan untuk pengerjaan dingin.

Segi negatif proses pengerjaan panas tidak dapat diabaikan. Pada suhu yang tinggi terjadi oksidasi dan pembentukan kerak pada permukaan logam sehingga penyelesaian permukaan tidak bagus. Alat peralatan pengerjaan panas dan biaya pemeliharaannya tinggi, namun prosesnya masih jauh lebih ekonomis dibandingkan dengan pengerjaan logam pada suhu rendah.

Proses utama pengerjaan panas logam adalah :

- A. Pengerolan [rolling]
- B. Penempaan [forging]
  1. Penempaan palu
  2. Penempaan timpa
  3. penempaan umset
  4. penempaan tekan penempaan pres
  5. penempaan rol
  6. Penempaan dingin

- C. Ekstrusi
- D. Pembuatan pipa dan tabung
- E. Penarikan
- F. Pemutaran panas
- G. Cara khusus

#### **4.1. Pengerolan**

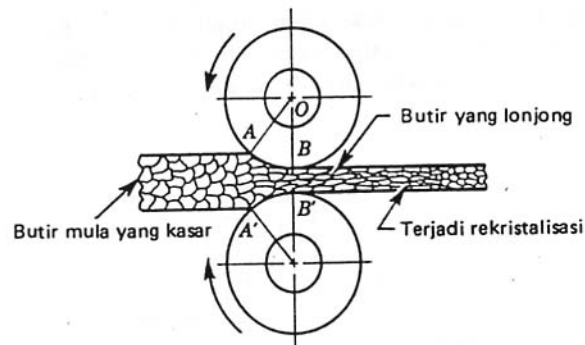
Batang baja yang tidak dilebur kembali dan dituang dalam cetakan diubah bentuknya dalam dua tahap :

1. Pengerolan baja menjadi barang setengah jadi: bloom, bilet, slab.
2. Pemrosesan selanjutnya dari bloom, bilet, slab menjadi pelat, lembaran, batangan, bentuk profil atau lembaran tiffs [foil].

Baja didiamkan dalam cetakan ingot hingga proses solidifikasi lengkap, kemudian dikeluarkan dari cetakan. Selagi panas, ingot dimasukan 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, slab. Bloom mempunyai ukuran minimal 150x150 mm. Bilet lebih kecil daripada bolm dan mempunyai ukuran persegi, ukuran mulai dari 40x40mm sampai 150x150 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.

Salah satu efek dari operasi pengerjaan panas pengerolan ialah penghalusan butir yang disebabkan rekristalisasi. Hal ini dapat dilihat pada gambar 1 Struktur yang kasar, kembali menjadi struktur memanjang akibat pengaruh penggilingan. Karena suhu yang tinggi, rekristalisasi terjadi dan butir halus mulai terbentuk. Butir-butir

tersebut tumbuh dengan cepat sampai limit bawah suhu rekristalisasi tercapai.



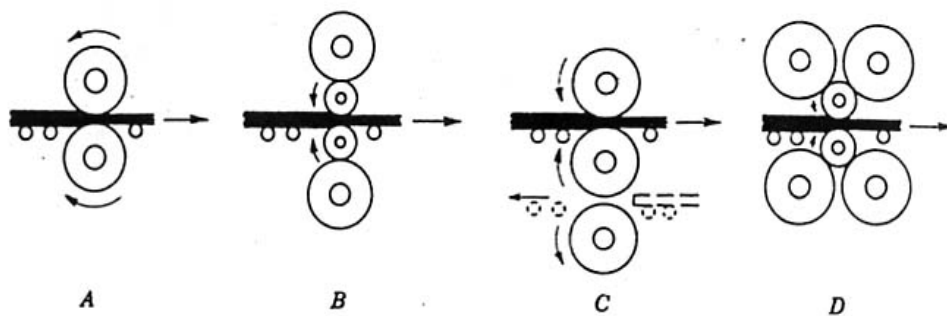
Gambar 1. Pengaruh pengerolan panas pada bentuk dan besar butir.

Busur AB dan A'B' merupakan daerah kontak dengan rol. Aksi jepit pada benda kerja diatasi oleh gaya gesek pada daerah kontak dan logam tertarik diantara rol. Logam keluar dari rol dengan kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kecepatan masuk.

Pada titik antara A dan B kecepatan logam sama dengan kecepatan keliling rol. Ketebalan mengalami deformasi terbanyak sedangkan lebar hanya bertambah sedikit. Keseragaman suhu sangat penting pada semua operasi pengerolan karena hal tersebut berpengaruh atas aliran logam dan plastisitas.

Pengerolan primer dilakukan dalam mesin rol bolak-balik bertingkat dua atau mesin rol kontinyu bertingkat tiga. Pada mesin bolak-balik bertingkat dua seperti gambar 2A lembaran logam bergerak diantara rol, yang kemudian dihentikan dan dibalik arahnya dan operasi tersebut diulang lagi. Pada interval tertentu logam diputar 90 derajat agar penampang uniform dan butir-butir merata dalam logam tersebut. Diperlukan sekitar 30 pas untuk mengurangi penampang ingot yang besar menjadi bloom (150 X 150 mm minimal). Pada rol atas maupun bawah terdapat alur sehingga memungkinkan reduksi luas penampang dalam berbagai ukuran. Mesin rol bertingkat dua adalah

mesin serbaguna karena dapat diatur kemampuannya sesuai dengan ukuran batangan dan laju reduksi. Hanya ukuran panjang batangan yang dapat dirol terbatas dan pada setiap siklus pembalikan gaya kelembaman harus diatasi. Kerugian ini diatasi pada mesin rol bertingkat tiga, gambar 2.C, namun disini diperlukan adanya mekanisme elevasi. Selain ini terdapat sedikit kesulitan dalam mengatur kecepatan nol, mesin rol bertingkat tiga lebih murah dan mempunyai keluaran lebih tinggi dibandingkan dengan mesin bolak-balik.



Gambar 12.3. Berbagai cara penyusunan rol dalam mesin rol. A. Mesin bertingkat dua, kontinu atau bolak-balik. B. Mesin bertingkat empat dengan rol pendukung untuk lembaran yang lebar. C. Mesin bertingkat tiga bolak-balik. D. Mesin rol kelompok dengan empat buah rol pendukung.

Gambar 2.

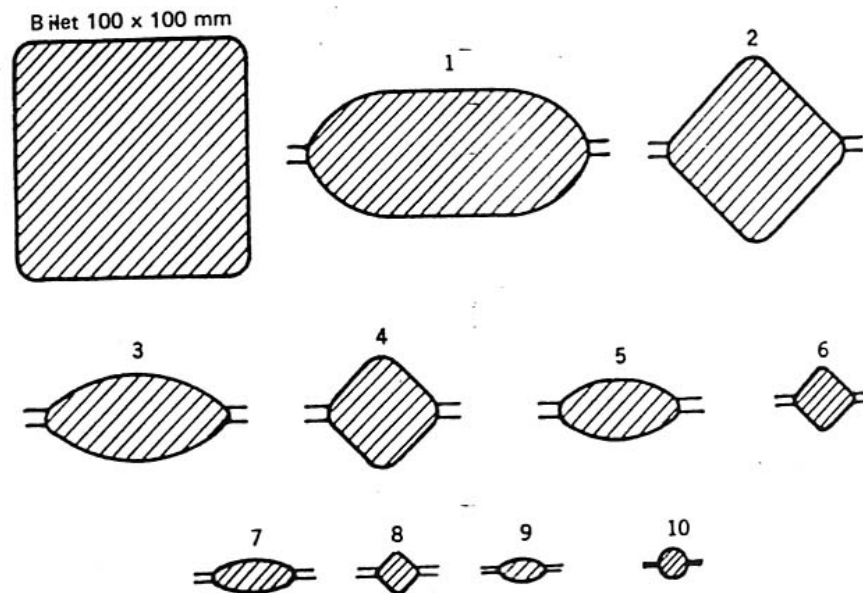
Pada gambar 3 terlihat jumlah pas dan urutan reduksi penampang sebuah bilet berukuran 100 X 100 mm menjadi batang bulat.

## 4.2. PENEMPAAN

### Penempaan palu

Pada proses penempaan logam yang dipanaskan ditimpa dengan mesin tempa uap diantara perkakas tangan atau die datar. 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 pada benda kerja yang rumit. Berat benda tempa berkisar antara beberapa kilogram sampai 90 Mg.



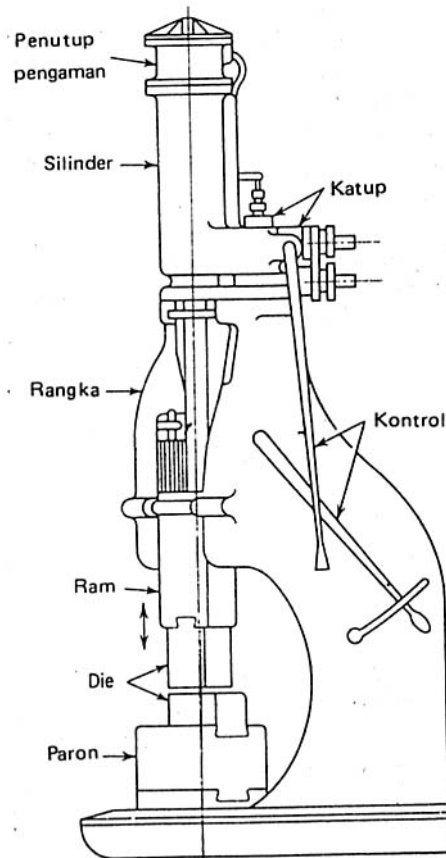
Gambar 3. Diagram yang menggambarkan jumlah pas dan urutan mereduksi penampang bilet 100 x 100 mm menjadi batang bulat.

Mesin tempa ringan mempunyai rangka terbuka atau rangka sedehana, sedang rangka ganda digunakan untuk benda tempa yang lebih besar dan berat. Pada gambar 4 dapat dilihat mesin tempa uap.

### Penempaan Timpa

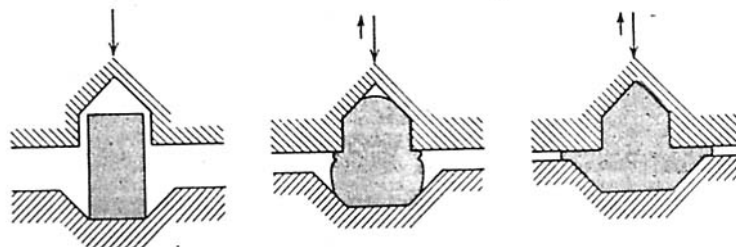
Perbedaan penempaan palu dan penempaan timpa terletak pada jenis die yang digunakan. Penempaan timpa menggunakan die tertutup, dan benda kerja terbentuk akibat impact atau tekanan, memaksa logam panas yang plastis, dan mengisi bentuk die. Prinsip kerjanya dapat dilihat pada gambar 5. Pada operasi ini ada aliran logam dalam die yang disebabkan oleh timpaan yang bertubi-tubi. Untuk mengatur aliran logam selama timpaan, operasi ini dibagi atas beberapa langkah. Setiap langkah merubah bentuk kerja secara

bertahap, dengan demikian aliran logam dapat diatur sampai terbentuk benda kerja.



Gambar 4. Mesin tempa uap dengan rangka terbuka.

Suhu tempa untuk baja  $1100^{\circ} - 1250^{\circ}\text{C}$ , tembaga dan paduannya:  $750-925^{\circ}\text{C}$ , magnesium:  $370-450^{\circ}\text{C}$  benda tempa dengan die tertutup mempunyai berat mulai dari beberapa gram sampai 10 Mg.



Gambar 5. Penempaan timpa dengan die tertutup.

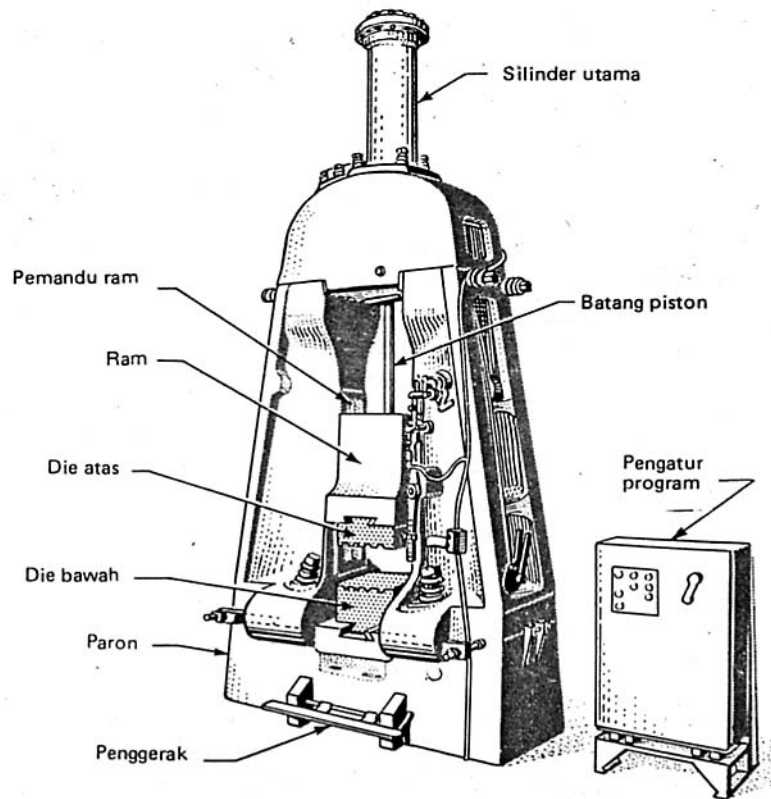
Dikenal dua jenis mesin penempaan timpa yaitu: palu uap dan palu gravitasi. Pada palu uap pembenturan tekanan impak terjadi akibat gaya palu dan die ketika mengenai die bawah tetap. Pada gambar 6. terlihat palu piston. Untuk mengangkat palu digunakan udara atau uap. Dapat diatur tinggi jatuhnya dengan program, oleh karena itu dapat dihasilkan benda kerja yang lebih uniform. Palu piston dibuat dengan kapasitas mulai dari berat palu 225 Kg sampai 4500 kg. Palu piston banyak digunakan di industri perkakas tangan, gunting, sendok, garpu, suku cadang, dan bagian pesawat terbang.

Palu tempa impak seperti gambar 7 terdiri dari dua silinder yang berhadapan dalam bidang horisontal, yang menekan impeler dan die. Bahan diletakkan pada bidang impak dimana kedua bagian die bertemu. Deformasi dalam bahan menyerap energi. Pada proses ini bahan mengalami deformasi yang sama pada kedua sisinya; waktu kontak antara bahan dan die lebih singkat, energi yang dibutuhkan lebih sedikit dibandingkan dengan proses tempa lainnya dan benda dipegang secara mekanik.

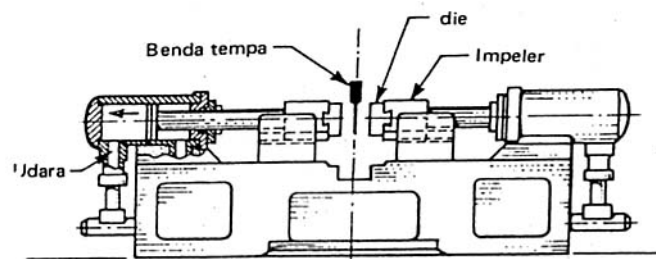
Setelah selesai, semua benda tempa rata-rata tertutup oleh kerak harus dibersihkan. Hal ini dapat dilakukan dengan mencelupkannya dalam asam, penumbuhan peluru atau tumbling, tergantung pada ukuran dan komposisi benda tempa. Bila selama penempaan terjadi distorsi, operasi pelurusan atau menempatkan ukuran dapat dilakukan .

Keuntungan dari operasi penempaan ialah struktur kristal yang halus dari logam, tertutup lubang-lubang, waktu pemesinan yang meningkatnya sifat-sifat fisis. Baja karbon, baja paduan besi tempa, tembaga paduan aluminium dan paduan magnesium dapat ditempa. Kerugian ialah timbulnya inklusi kerak dan mahalnya die sehingga tidak ekonomis untuk membentuk benda dalam jumlah yang kecil.





Gambar 6. Palu piston.



Gambar 7. Mesin tempa impak.

Penempaan dengan die tertutup mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan penempaan dengan die terbuka, antara lain penggunaan bahan yang lebih ketat, kapasitas produksi yang lebih tinggi dan tidak diperlukannya keahlian khusus.

## **Penempaan Tekan**

Pada penempaan tekan, deformasi plastik logam melalui penekanan berlangsung dengan lambat, yang berbeda dengan impak palu yang berlangsung dengan cepat. Mesin tekan vertikal dapat digerakkan secara mekanik atau hidrolik. Pres mekanik yang agak lebih cepat dapat menghasilkan antara 4 dan 90 MN (Mega Newton). Tekanan yang diperlukan untuk membentuk baja suhu tempa bervariasi antara 20-190 MPa (Mega Pascal). Tekanan dihitung terhadap penampang benda tempa pada garis pemisah die.

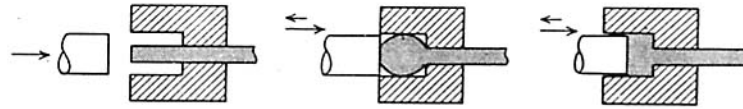
Untuk mesin tekan kecil digunakan die tertutup dan hanya diperlukan satu langkah pembentuk untuk penempaan. Tekanan maksimum terjadi pada akhir langkah yang memaksa membentuk logam.

Pada penempaan tekan pada sebagian besar energi dapat diserap oleh benda kerja sedang pada tempa palu sebagian energi diteruskan ke mesin dan pondasi. Reduksi dan benda kerja jauh lebih cepat, oleh karena itu biaya operasi lebih rendah. Banyak bagian dengan bentuk yang tak teratur dan rumit dapat ditempa secara lebih ekonomis dengan proses tempa tampa.

## **Penempaan Upset**

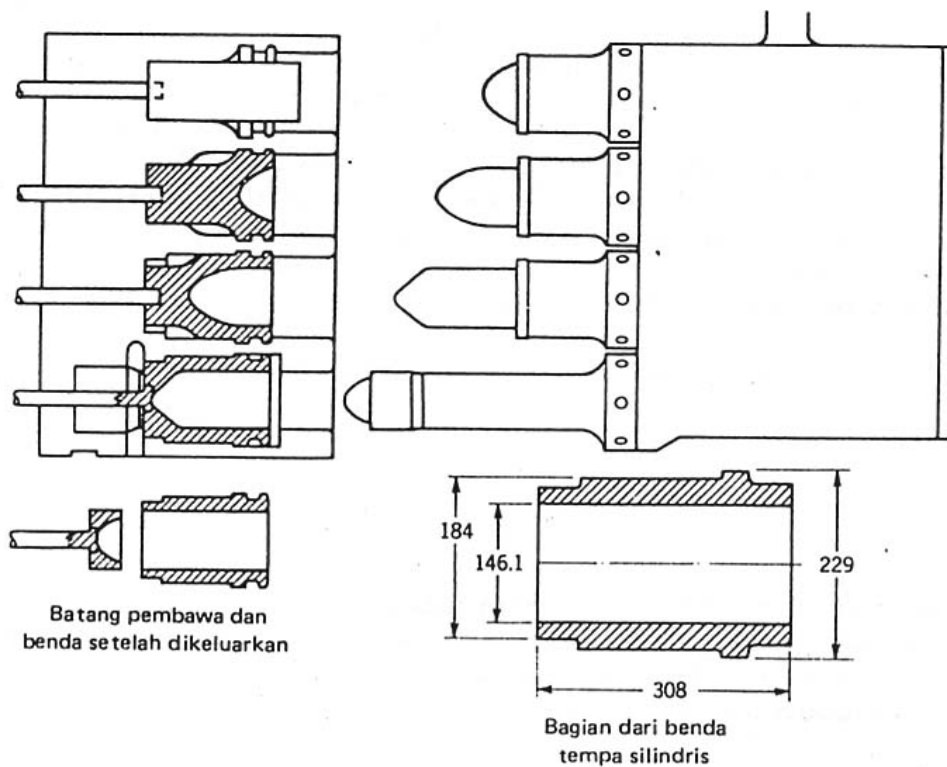
Pada penempaan upset batang berpenampaan rata dijepit dalam die dan ujung yang dipanaskan ditekan sehingga mengalami perubahan bentuk seperti terlihat pada gambar 8. Panjang benda upset 2 atau 3 kali diameter batang, bila tidak benda kerja akan bengkok.

Pelubangan progresif sering dilakukan pada penempaan upset seperti untuk membuat selongsong peluru artileri atau silinder mesin radial.



Gambar 8. Penempaan upset.

Urutan operasi untuk menghasilkan benda berbentuk silinder bisa dilihat pada gambar 9. Potongan bahan bulat dengan panjang tertentu dipanaskan sampai suhu tempa, kemudian bahan ditekan secara progresif untuk melobangnya sehingga diperoleh bentuk tabung.



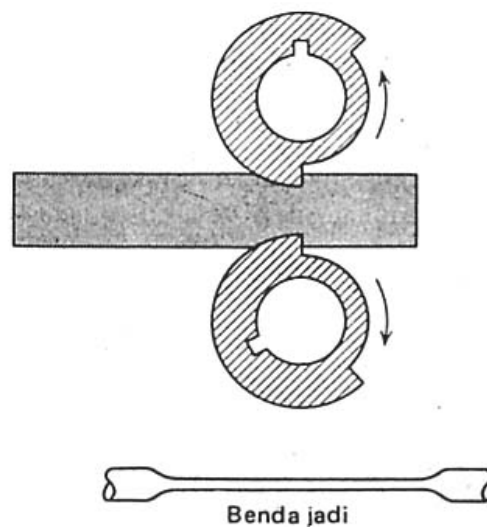
Gambar 9. Urutan operasi penempaan silinder menggunakan mesin tempa upset.

### Penempaan Rol

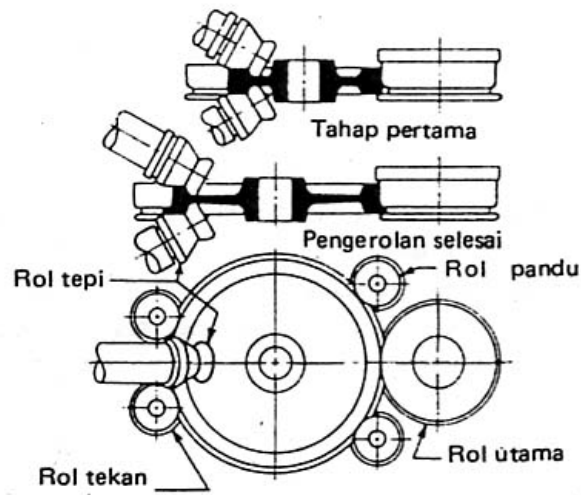
Batang bulat yang pendek dikecilkan penempangannya atau dibentuk tirus dengan mesin tempat rol. Bentuk mesin rol terlihat pada gambar 10 dimana rol tidak bulat sepenuhnya, akan tetapi

dipotong 25-75° untuk memungkinkan bahan tebuk masuk diantara rol. Bagian yang bulat diberi alur sesuai dengan bentuk yang dihendakinya. Bila rol dalam berada dalam posisi terbuka, operator menempatkan batang yang dipanaskan di antara rol. Ketika rol berputar, batang dijepit oleh alur rol dan didorong ke arah operator. Bila rol terbuka, batang didorong kembali dan digiling lagi, atau dipindahkan keluar berikutnya untuk lengkap pembentukan selanjutnya.

Untuk mengerol roda, ban logam dan benda-benda serupa lainnya diperlukan mesin rol yang agak berbeda. Pada gambar 11 terlihat proses untuk mengerol roda. Bila roda berputar diameter berangsur-angsur bertambah sedang pelat dan rim makin tipis. Roda dirol sampai mencapai diameter sesuai dengan ukuran kemudian dipindahkan ke mesin pres lainnya untuk proses pembentukan akhir.



Gambar 10. Prinsip penempaan rol



Gambar 11. Pembuatan roda dengan proses penempaan rol panas.

### 4.3. EKSTRUSI

Ekstrusi merupakan proses dengan deformasi atau perubahan bentuk yang tinggi dan dapat membuat penampang dengan panjang hingga 150 m. Jenis produk ekstrusi : batang, pipa, profil tertentu, patron kuningan, kabel berselongsong timah hitam. Logam timah hitam dan timah putih, serta aluminium dapat diekstrusi dalam keadaan dingin, sedang untuk logam lain harus dipanaskan terlebih dahulu. Ekstrusi logam menggunakan pres type horisontal dan dijalankan secara hidrolik. Kecepatan tekan bergantung pada suhu dan bahan, mulai dari beberapa meter permenit sampai 275 m/ menit.

Keuntungan dari ekstrusi :

- membuat berbagai jenis bentuk berkekuatan tinggi
- ketepatan ukuran
- penyelesaian permukaan yang baik pada kecepatan produksi yang tinggi
- harga die yang relatif rendah

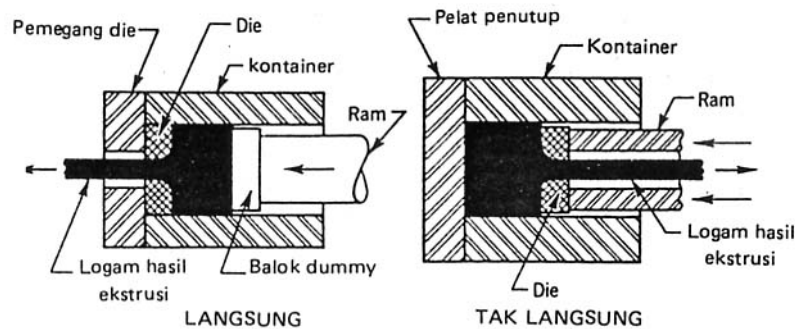
## Ekstrusi Langsung

Bilet bulat yang telah dipanaskan, dimasukkan dalam ruang die, balok dummy dan ram diletakkan pada posisinya. Logam diekstrusi melalui lubang pada die. Proses ekstrusi ini bisa dilihat pada gambar 12.

## Ekstrusi Tidak Langsung

Hampir sama dengan ekstrusi langsung, namun logam yang diekstrusi ditekan keluar melalui lubang yang terdapat ditengah ram. Gaya yang diperlukan lebih rendah karena tidak ada gesekan antara bilet dan dinding kontainer.

Kelemahannya : ram tidak kokoh karena terdapat lubang ditengahnya dan produk hasil ekstrusi sulit ditopang dengan baik.



Gambar 12. Diagram ekstrusi langsung dan tak langsung.

## Ekstrusi Impak

Pada proses ini slug ditekan sehingga bahan slug terdorong keatas dan sekelilingnya. Ekstrusi Impak merupakan proses pengerjaan dingin logam meskipun begitu, pada beberapa jenis logam dan benda kerja, khususnya dengan dinding yang tebal, slug dipanaskan.

## 4.4. PEMBUATAN PIPA DAN TABUNG

Pipa dan tabung dapat dibuat dengan pengelasan tumpu atau pengelasan listrik lembaran yang dilengkungkan, penusukan tembus, dan ekstrusi. Penusukan tembus dan ekstrusi digunakan untuk pembuatan pipa penyaluran gas atau bahan kimia cair.

Pipa las tumpu digunakan dalam bidang konstruksi, tiang penyangga, saluran air, gas dan limbah. Pipa las listrik digunakan untuk mengalirkan produk minyak bumi atau air.

### **Las Lantak**

Proses las lantak terbagi 2, yaitu :

#### a. Las Lantak Terputus

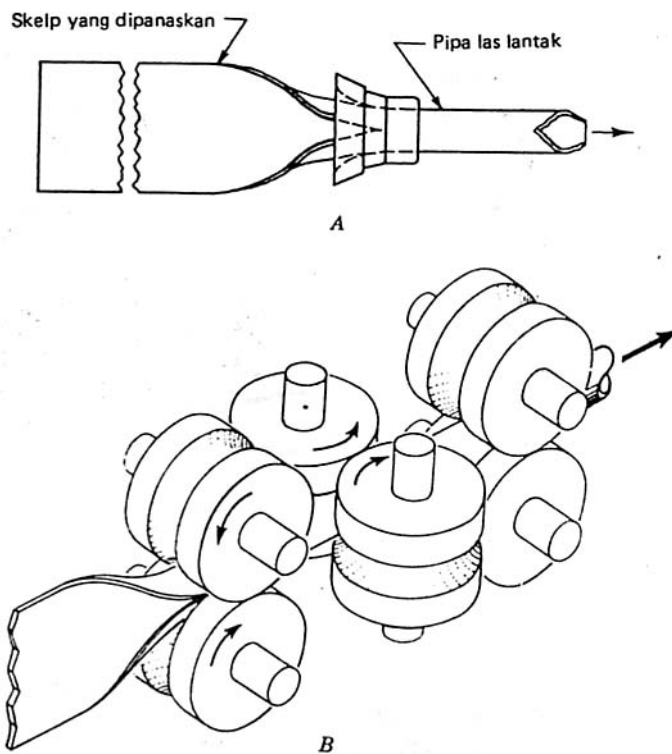
Baja yang dilas disebut skelp. Skelp dilengkungkan sampai bulat. Sebagai proses awal salah satu ujung skelp dibentuk agar mudah masuk dalam cetakan yang berbentuk lonceng. Setelah skelp dipanaskan sesuai suhu las, skelp ditarik hingga menjadi bulat dan kedua tepinya dilas menjadi satu. Selanjutnya pipa dilewatkan pada rol penyelesaian untuk memperoleh ketepatan ukuran dan untuk membersihkan teraknya.

#### b. Las Lantak Kontinu

Skelp berbentuk gulungan dan pita dilas membentuk pita yang kontinu. Tepi pita dipanaskan pada dapur kemudian setelah dikeluarkan dari dapur skelp memasuki serangkaian rol yang horisontal dan vertikal yang membentuknya menjadi pipa. Ukuran yang dapat dibuat dengan las lantak kontinu berkisar antara diameter 75 mm. Proses pembuatan las lantak bisa dilihat pada gambar 13 berikut ini.

### **Las Lantak Listrik**

Pembentukan sirkular pada pelat dilakukan dengan melalukan pelat melalui pasangan-pasangan rol secara kontinyu yang secara berangsur-angsur mengubah bentuk pelat. Perangkat pengelasan ditempatkan pada ujung mesin rol yang terdiri dari : 3 rol senter, rol tekan, dan dua elektroda rol yang mengalirkan arus penghasil panas. Setelah dilakukan pengelasan, pipa kemudian melalui rol ukuran dan rol penyelesaian agar pipa betul – betul konsentris dan ukurannya sesuai. Proses ini dapat membuat pipa berdiameter 400 mm dengan ketebalan antara 3 sampai 5 mm.

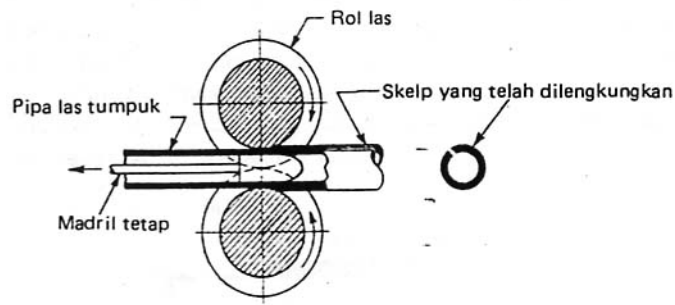


Gambar 13. Pembuatan pipa las lantik. A. menarik skelp melalui pembentuk lonceng. B. Skelp dibentuk menjadi pipa las lantik kontinyu.

### **Las Tumpuk**

Tepi skelp yang berbentuk agak tirus dipanaskan, lalu skelp ditarik melalui die atau diantara rol sehingga berbentuk silinder dengan tepinya saling tertindih. Diantara rol terdapat mandril yang ukurannya sama dengan diameter dalam pipa. Tepi-tepi dilas dengan tekanan antara rol dan mandril. Pipa las tumpuk dibuat dengan ukuran diameter 50 sampai 400 mm. (gambar 14.).





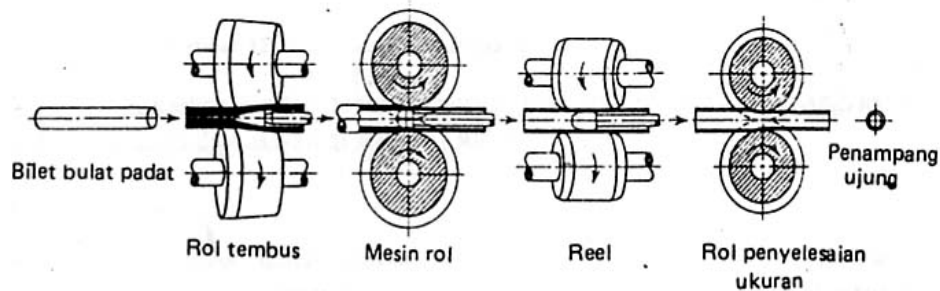
Gambar 14. Cara pembuatan pipa las tumpuk dari skelp.

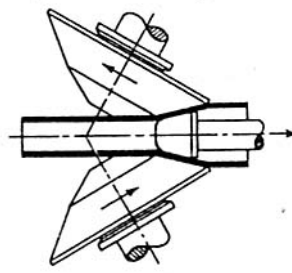
### Pelubangan Tembus

Pada pembuatan pipa atau tabung tanpa kampuh, bilet baja silindris bergerak diantara dua rol berbentuk konis yang berputar dalam arah yang sama. Diantara kedua rol terdapat mandril yang akan melubangi pipa.

Mula – mula bilet dari lubang senter dipanaskan hingga mencapai suhu tempa, kemudian ditampa masuk diantara kedua rol penembus yang memaksa bilet berputar dan bergerak maju. Proses ini nantinya akan menghasilkan lubang tengah yang besar sesuai dengan mandril. Setelah keluar dari pelubang tembus, tabung yang berdinding tebal bergerak melalui rol yang beralur sedang, ditengahnya terdapat mandril berbentuk sumbat dan pipa bertambah panjang dan tipis sesuai dengan ukuran yang diinginkan. Kemudian masuk ke mesin pelurus dan pengatur ketepatan ukuran.

Proses ini dapat membuat tabung tanpa kampuh dengan diameter hingga 150 mm. Untuk tabung yang berdiameter lebih dari 150 mm harus melalui tahap pelubangan tembus kedua dan pelubangan tembus ganda. Kecepatan produksi mesin pelubangan tembuis kontinu mencapai 390 m/ menit.

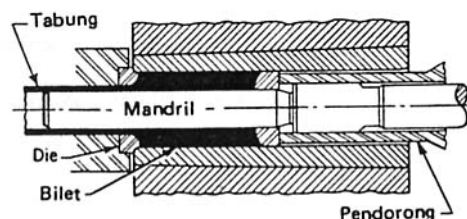




Gambar 15. Proses rol putar untuk tabung tanpa kampuh yang besar.

### **Ekstrusi Tabung**

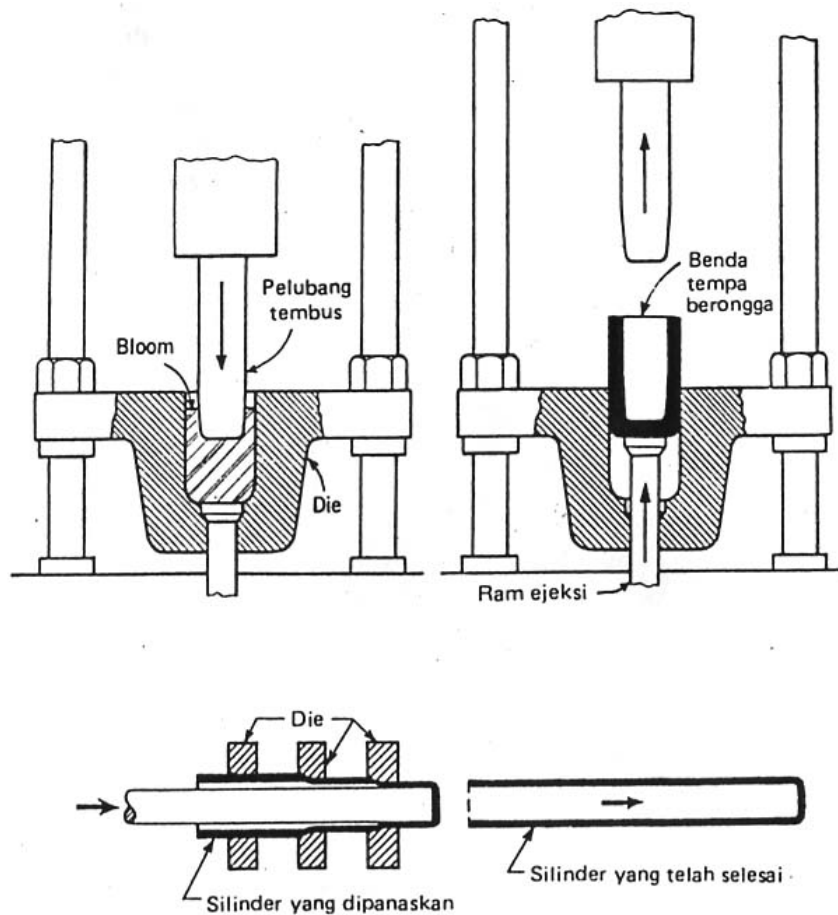
Ekstrusi tabung merupakan bagian dari ekstrusi langsung, tetapi menggunakan mandril untuk membuat lubang bagian dalam tabung. Bilet diletakkan dalam die, mandril didorong melalui bilet dan ram mengekstrusi logam melalui die disekeliling mandril. Kecepatan ekstrusi tabung sampai 180 m / menit, digunakan untuk tabung gas. Proses pembuatan ekstrusi tabung ini bisa dilihat pada gambar 16.



Gambar 16. Ekstrusi tabung dari bilet yang dipanaskan.

## **4.5. PENARIKAN**

Bloom panas dipasang pada mesin pres vertikal dan dibentuk menjadi benda tempa berongga dengan alas tertutup, lalu benda tempa yang panas kembali dimasukkan dalam pres vertikal dengan die yang semakin kecil. Pelubang yang digerakkan secara hidrolis menekan silinder yang dipanaskan. Untuk silinder berdinding tipis atau tabung pemanas dan penarikan perlu diulang beberapa kali. Untuk ujung pipa tertutup harus dipotong dan dirol kembali agar ukurannya tepat dan hasilnya baik, sedang ujung pipa terbuka ditempa kembali agar membentuk leher silinder atau direduksi dengan pengelolaan panas.



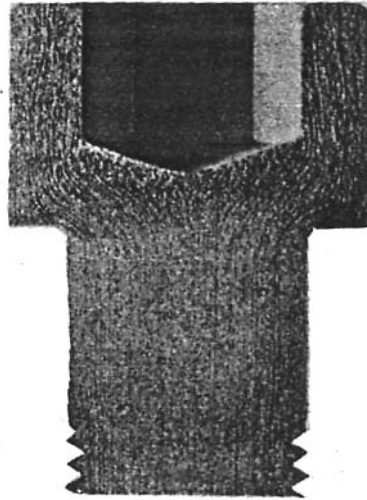
Gambar 17. Penarikan silinder berdinding tebal dan bloom yang dipanaskan.

#### 4.6. PEMUTARAN PANAS

Proses ini dilakukan untuk membentuk pelat bulat yang tebal, besar, mengecilkan, atau menutup ujung dari pipa. Proses ini menggunakan sejenis mesin bubut dan diputar dengan cepat. Pembentukan dilakukan dengan menekan alat yang tumpul pada permukaan benda kerja yang berputar. Logam mengalami deformasi dan menyesuaikan bentuk dengan mandril. Setelah proses berjalan gesekan menimbulkan panas yang dapat melunakan logam.

#### 4.7. Penempaan Panas

Thermo - Forging menggunakan suhu kerja antara pengerjaan dingin dan panas. Pada penempaan panas logam tidak akan mengalami perubahan metalurgi dan tidak terdapat cacat-cacat yang biasa ditemui pada suhu tinggi. Suhu logam, tekanan tempa, dan kecepatan tempa harus diatur dengan teliti karena logam berada dibawah suhu rekristalisasi. Pada gambar 18 terlihat gambar penampang suatu kepala sekrup sok. Kelihatan struktur serat yang kontinyu, menunjukkan kekuatan yang tinggi.



Gambar 18. Kepala sekrup sok dibuat dengan proses Thermo-Forging.