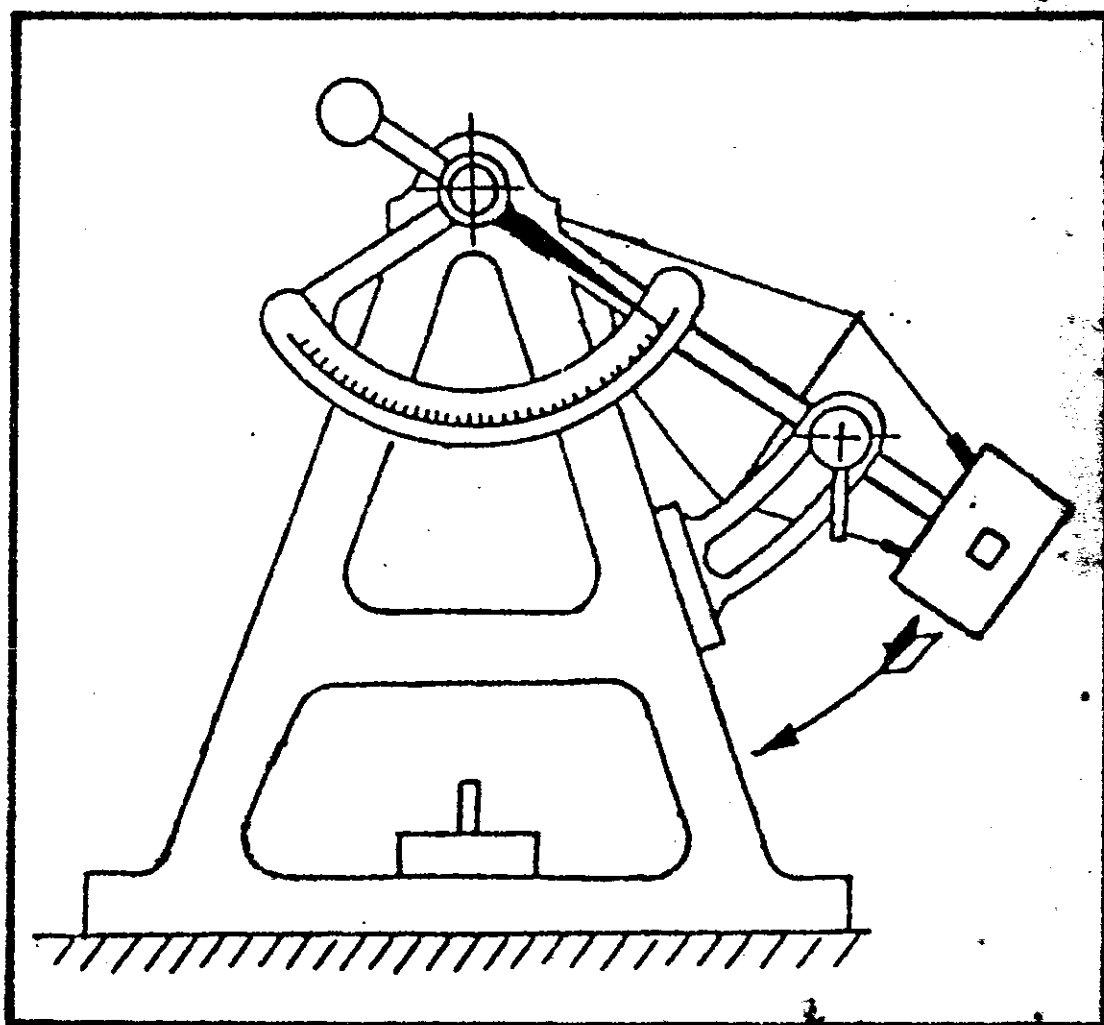


SERI TEKNOLOGI

PERPUSTAKAAN  
KOLEKSI BIDANG III  
TIDAK DIPINJAMKAN  
KHUSUS DIPAKAI DALAM PERPUSTAKAAN

# ILMU LOGAM III



oleh Drs. Syamsul Arifin

Dosen FPTK IKIP Padang

Produksi

Printed at UPT Pusat Media Pendidikan FPTK IKIP Padang

## KATA PENGANTAR

Buku ini adalah lanjutan buku ilmu logam jilid I dan II, dimana dalam buku jilid I membahas tentang proses, kegunaan dan sifat-sifat logam ferro, sedangkan dalam jilid II membahas tentang proses, kegunaan dan sifat-sifat logam non ferro dan bahan baku logam.

Dalam buku ini (jilid III). lebih ditekankan pembahasannya pada pemeriksaan logam (destruktif dan non destruktif), proses pembentukan logam (pengerjaan panas, dingin, penuangan dan pipa), pengerjaan (sambungan dan permukaan logam), dan pemakaian logam (bantalan dan pahat potong).

Buku ini diperuntukan bagi mahasiswa dan juga sekolah sekolah teknik menengah, disamping itu dapat digunakan pula oleh pimpinan, teknisi dan operator pada industri pengolahan logam yang mempelajari/berhubungan dengan pemeriksaan, pembentukan, pengerjaan dan pemakaian logam.

Pengharapan kami, dengan terbutnya buku ilmu logam jilid III ini, kiranya dapat mengisi kekosongan literatur dewasa ini. Meskipun cara penyusunan buku ini, telah kami usahakan sebaik mungkin namun kami masih mengharapkan kritik-kritik untuk menyempurnakan buku ini selanjutnya.

Disamping itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada mereka yang telah memberikan bantuannya demi terwujudnya penulisan baskah buku ini.

Padang, Desember 1984

Penulis

## DAFTAR - ISI

	halaman
Kata Pengantar	ii
Daftar Isi	iii
BAB I. Pemeriksaan Logam	
1. Pendahuluan	1
2. Pemeriksaan Destruktif (merusak)	2
2.1. Pemeriksaan Tarik	12
2.2. Pemeriksaan Kekerasan	12
2.3. Pemeriksaan Percobaan Pukul Takik	26
2.4. Pemeriksaan Percobaan Lengkung	31
2.5. Pemeriksaan Percobaan Lelah	37
2.6. Pemeriksaan Percobaan Rangkak	40
3. Pemeriksaan Tidak Merusak (non destruktif)	43
3.1. Pemeriksaan Visual	45
3.2. Pemeriksaan Mikroskop	47
3.3. Pemeriksaan Sinar Rongen	50
3.4. Pemeriksaan Ultrasonik	55
3.5. Pemeriksaan Maknografis	63
3.6. Pemeriksaan Termis	66
3.7. Pemeriksaan Dengan Perembesan Cairan	70
3.8. Pemeriksaan Dengan Arus Eddy	72
3.9. Teknik Pemeriksaan Modern	73
BAB II. Proses Pembentukan Logam	74
1. Pendahuluan	74
2. Pelaksanaan Pengerjaan Batang Baja	77
a. Proses Pengerjaan Panas	83

	halaman
b. Proses Pengerjaan Dingin	87
3. Pelaksanaan Pengerjaan Penuangan	96
4. Pelaksanaan Pengerjaan Pipa	105
<b>BAB III. Pengerjaan Dan Pemakafan Logam</b>	<b>113</b>
1. Pengerjaan Bahan Logam	113
1.1. Pengerjaan Sambungan Logam	113
1.2. Pengerjaan Permukaan Logam	121
2. Pemakafan Logam	127
2.1. Bahan-bahan Logam Bantalan	127
2.2. Bahan-bahan Pahat Potong	132
<b>Daftar Bacaan/Kepustakaan</b>	<b>144</b>

NO. DAFTAR	LOKASI: DEP. PADANG
ENTER/ASAL	23-3-1985
SUMBER/ASAS	Hadiah
KOLEKSI	K1
NO. INVENTARIS	434/HR/85-10/21
KLASIFIKASI	669 Ari 10



## B a b I

### PEMERIKSAAN LOGAM

#### 1. Pendahuluan

Pemeriksaan logam-logam campur adalah suatu hal yang terpenting dalam metallurgi ekstraktif adaptif, dimana hal ini digunakan untuk mengetahui sifat-sifat mekanik, kimia dan fisis dari pada logam campur. Pemeriksaan logam-logam campur dapat dilakukan dengan dua macam cara yaitu :

- a. Pemeriksaan logam-logam campur dengan cara merusak (destruktif), dimana pemeriksaan digunakan untuk mengetahui sifat-sifat mekanik dari pada logam-logam campur seperti : sifat kekerasan, elastis, kenyal kuat dan sebagainya.  
Pemeriksaan dengan cara ini dapat dilakukan dengan cara pemeriksaan tarik, kekerasan, lengkung dan sebagainya.
- b. Pemeriksaan logam-logam campur dengan cara tidak merusak (non destruktif) dimana pemeriksaan ini digunakan untuk mengetahui sifat-sifat kimia dan sifat-sifat fisis dari pada logam-logam campur seperti : sifat struktur, daya hantar panas/listrik dan sebagainya.  
Pemeriksaan dengan cara ini dapat dilakukan dengan cara pemeriksaan mikroskop, sinar rontgen dan sebagainya.

Dalam menganalisa suatu logam-logam campur sangat banyak dipengaruhi oleh analisa sifat-sifat mekanis logam campur, dimana hal ini merupakan suatu kriteria yang sangat penting yang digunakan untuk mengetahui dental material dari pada logam campur atau kekerasan dari pada logam-logam campur. Adapun sifat-sifat mekanis dari pada logam campur dapat dikwalifikasikan sebagai berikut :

- a. Sifat kuat : Kemampuan logam campur dalam menahan beban atau gaya (seperti : beban tarik, geser dan sebagainya) tanpa mengalami patah.
- b. Sifat keras : Sifat logam campur yang dapat menahan terhadap aus, perubahan bentuk, takikan (lecet) sewaktu terjadi gesekan atau bersinggungan antara dua buah logam campur.

- c. Sifat elastis : Yaitu suatu sifat logam campur yang dapat mengembalikan logam campur pada ukuran semula setelah terjadi suatu beban tegang atau tarik pada logam campur.
- d. Sifat plastis : Yaitu suatu sifat logam campur yang dapat menahan perubahan bentuk sewaktu pengerjaan panas ataupun dingin.
- e. Sifat kenyal (dapat diregang) : Yaitu suatu sifat logam campur yang dapat menjalani/mengalami perubahan bentuk plastik yang biasanya melalui gaya tegang.
- f. Sifat lunak (dapat ditempa) : Yaitu suatu sifat logam campur yang dapat melakukan perubahan bentuk dalam segala arah yang biasanya melalui pengerjaan dingin dengan pemukulan ataupun penempaan.
- g. Sifat keras (getas) : Yaitu suatu sifat logam campur yang dapat menahan beban-beban kejutan.
- h. Sifat rapuh : Yaitu suatu sifat logam campur yang dapat menahan perubahan bentuk plastik misalnya ; pecah-pecah atau retak-retak yang tidak kelihatan pada logam campur yang dapat membuat logam campur bersifat rapuh.

## 2. Pemeriksaan Destruktif

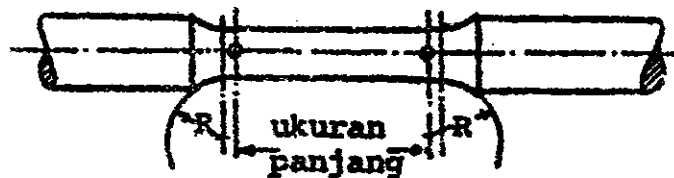
Pemeriksaan logam secara destruktif atau disebut juga pemeriksaan logam secara mekanis adalah suatu pemeriksaan logam yang mengakibatkan terjadinya kerusakan pada logam campur yang diperiksa seperti : goresan, lekukan, patah dan sebagainya. Pemeriksaan logam dengan cara ini dapat dilakukan dengan cara pemeriksaan tarik, kekerasan, pukul tarik dan sebagainya.

### 2.1. Pemeriksaan tarik

Pemeriksaan tarik atau disebut juga percobaan tarik adalah termasuk pemeriksaan logam secara destruktif yang gunanya untuk mengetahui kekuatan yang terdapat pada suatu logam campur akibat bekerjanya suatu beban tarik. Pemeriksaan ini dilakukan untuk menilai dental material dari pada logam campur seperti : tegangan tarik, perubahan panjang spesifik, kekenyalan dan sebagainya. Sebelum percobaan tarik dilakukan hendaknya terlebih dahulu diketahui keadaan atau sifat sifat logam campur yang akan diselidiki.



a). BATANG PERCOBAAN PICAK



b) BATANG PERCOBAAN BULAT

Gambar. 1.1. BATANG PERCOBAAN

a. Logam Percobaan

Logam percobaan atau batang percobaan yang diselidiki dalam percobaan tarik harus terlebih dahulu dikerjakan dengan mesin untuk dijadikan model standard. Batang percobaan dibuat berdasarkan standard British yang mempunyai dua type yaitu : batang percobaan berbentuk bulat dan batang percobaan berbentuk picak/pelat (lihat gambar 1.1.).

Suatu batang percobaan yang telah standard biasanya diberi tanda-tanda seperti ; dp. 5 atau dp. 10. Adapun artinya tanda-tanda tersebut adalah diameter proporsionalitet (diameter perbandingan seharga), dimana menunjukkan batang semula adalah 5 x do atau 10 x do. Untuk mengetahui panjang batang percobaan sebelum dilakukan pekerjaan tarik dapat dihitung dengan rumus di bawah ini :

1). Batang percobaan dari dp.5 dapat dihitung panjang batang percobaan semula (Lo) dengan rumus di bawah ini :

$$Lo = 5 \times do \longrightarrow Fo = \frac{\pi}{4} \times (do)^2$$

$$do = \sqrt{\frac{4 \cdot Fo}{3,14}}$$

$$\text{Jadi } Lo = 5 \times \sqrt{\frac{4 \cdot Fo}{3,14}}$$

$$Lo = 5,65 \sqrt{Fo}$$

2). Batang percobaan dari dp. 10 dapat dihitung panjang batang percobaan semula (Lo) dengan rumus sebagai berikut :

$$Lo = 10 \times do \longrightarrow \text{Analog dengan diatas di- dapat do sebagai berikut:}$$

$$do = \sqrt{\frac{4 \cdot Fo}{3,14}}$$

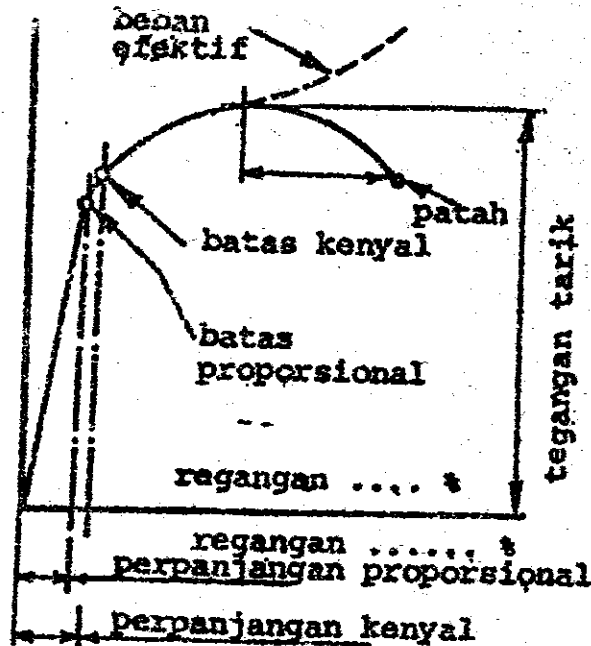
$$\text{Jadi } Lo = 10 \times \sqrt{\frac{4 \cdot Fo}{3,14}}$$

$$Lo = 11,3 \sqrt{Fo}$$

Keterangan : Lo = panjang batang percobaan semula, sebelum bekerja beban tarik dalam ..... mm

Fo = Penampang batang percobaan semula dalam ..... mm<sup>2</sup>

do = diameter batang percobaan semula dalam ..... mm



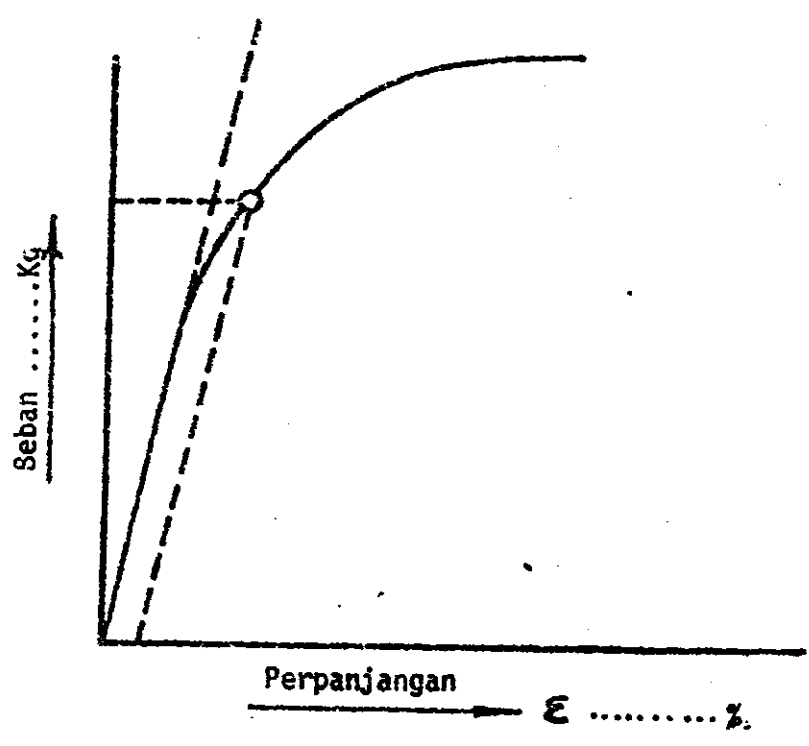
Gambar 1.2. : GRAFIK PERCOBAAN TARIK

b. Perubahan Logam Percobaan

Sebuah batang percobaan yang ukurannya berdasarkan standard British, apabila bekerja beban tarik pada batang percobaan akan terjadi perubahan-perubahan bentuk pada batang percobaan. Beban yang bekerja dan perubahan-perubahan yang terjadi pada batang percobaan dapat diketahui/dilihat dengan menggunakan pesawat pemuaian (extensometer) yang bekerja secara otomatis.

Juga dapat dilihat bentuk grafiknya yang melukiskan hubungan antara tegangan dan perpanjangan spesifik pada suatu batang percobaan (lihat gambar 1.2).

Pada gambar 1.2 dapat dilihat bahwa percobaan tarik dilakukan secara bertahap akan mengakibatkan terjadinya perubahan-perubahan bentuk pada batang percobaan secara bertahap pula.



Gambar. 1.3. : GRAFIK PERCOBAAN TARIK UNTUK BAJA LUNAK

Pertama sekali perubahan yang terjadi pada batang percobaan adalah sebanding antara perubahan tegangan (beban tarik) dengan perubahan perpanjangan spesifik, dimana apabila beban tarik yang bekerja pada batang percobaan dihapuskan (ditarik) kembali setelah mencapai batas perbandingan seharga (titik P), maka perubahan panjang akan berakhir pada batas beban perbandingan seharga dan batang percobaan akan kembali pada ukuran semula. Daerah batas perbandingan seharga tersebut dengan batas kenyal, dimana pada daerah tersebut batang percobaan tetap dalam keadaan kenyal. Jadi beban maksimal yang diberikan pada batang percobaan sampai pada titik P titik akan mengakibatkan perubahan-perubahan yang permanen pada batang percobaan sampai dengan batas kenyal

(alestis limit). Batas kenyal biasanya terletak sedikit diatas batas perbandingan seharga, dimana berdasarkan eksperimen dan empiris batas perubahan panjang ( $\epsilon$ ) tidak lebih dari pada 0,001% diatas batas kenyal.

Beban tarik yang diberikan pada batang percobaan, apabila melewati batas kenyal akan mengakibatkan terjadinya perubahan pada batang percobaan semula yang disebut dengan perubahan plastis yang terjadi batas lumer (titik E). Pada batas ini batang percobaan titik komplet (seluruhnya) kembali pada ukuran panjang semula, dimana pada batang percobaan hanya sebagian yang kenyal dan sifatnya berubah menyerupai sifat aspal.

Pada batang percobaan akan terjadi perpanjangan yang lebih besar walaupun bekerja beban tetap sampai mencapai batas lumer. Pada logam-logam yang grafiknya tidak menunjukkan garis lengkung akan didapat batas lumer dengan menarik garis besar 0,2 sejajar dengan garis modulus kenyal, dimana garis tersebut akan memotong titik E yang menunjukkan batas lumer logam tersebut (lihat gambar 1.3).

Apabila pada batang percobaan terus menerus diberikan beban tarik, maka tegangan maksimum akan dicapai sebelum batang percobaan patah yang disebut dengan tegangan patah (tensile strength). Pada batang percobaan yang bekerja tegangan maksimum akan terjadi pembesaran setempat dan pengecilan akan terjadi pada bagian tengah dari pada batang percobaan. Jadi pada batang percobaan yang telah mencapai tegangan patah adalah menunjukkan tegangan maksimum yang dapat dicapai batang percobaan (perhatikan gambar 1.2).

Selanjutnya pada batang percobaan apabila beban tarik terus bekerja sampai melewati batas patah, maka akan mengakibatkan batang percobaan patah. Oleh karena itu meskipun batang percobaan (logam campur dapat melewati tegangan tarik yang lebih tinggi dari pada tegangan tarik maksimum hendaklah jangan dipergunakan tegangan tarik yang melewati tagangan maksimum karena harus diperhitungkan faktor keamanannya.

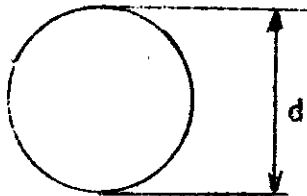
c. Perhitungan dan Pemeriksaan Percobaan Tarik

Pemeriksaan batang percobaan dalam percobaan tarik dilakukan selama batang percobaan mendapat beban tarik, dimana selama batang percobaan mendapat beban tarik akan terjadi perubahan pada bagian panjang dan luas penampang batang percobaan. Misalnya beban P yang bekerja pada batang percobaan apabila diperbandingkan dengan luas penampang F akan diperoleh tegangan ( $\sigma$ ) yang besarnya dapat diperhitungkan dengan rumus di bawah ini :

$$\sigma = \frac{P}{F}$$

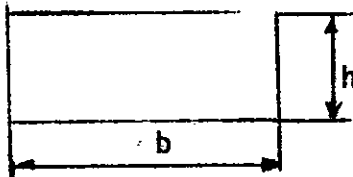
Beban tarik P dan luas penampang F yang dipakai dalam perhitungan adalah beban tarik dan luas penampang yang terjadi pada suatu saat. Juga dalam menentukan luas penampang tergantung dari pada bentuk batang percobaan yaitu ; berbentuk bulat atau berbentuk persegi panjang.

Untuk batang percobaan yang berbentuk bulat (selinder), luas penampangnya dapat diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut:



$$F = \frac{\pi}{4} d^2$$

dan untuk batang percobaan persegi panjang dapat diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut :



$$F = h.b$$

Jadi pemakaian rumus di atas tergantung dari pada keadaan bentuk benda percobaan yang akan dilakukan pemeriksaannya untuk mengetahui kekuatan, keelastisan dan tegangan maksimum yang dapat ditahan oleh batang percobaan. Oleh karena itu sebelum dilakukan pemeriksaan terlebih dahulu diambil beberapa sampel dari pada batang percobaan baik yang berbentuk bulat maupun yang berbentuk persegi panjang.



Keterangan :

- $\sigma$  = tegangan pada suatu saat dalam .....  $\text{kg/mm}^2$
- P = beban tarik pada suatu saat dalam ..... Kg.
- F = luas penampang pada suatu saat dalam .....  $\text{mm}^2$
- d = diameter pada suatu saat dalam ..... mm
- h = tabel pada suatu saat dalam ..... mm
- b = lebar pada suatu saat dalam ..... mm

Batang percobaan yang bekerja beban tarik akan terjadi perubahan panjang (pertambahan panjang) yang besarnya dapat diperhitungkan berdasarkan hukum Hook sebagai berikut :

$$\Delta l = C \frac{PL}{F}$$

Berbanding antara pertambahan panjang dengan panjang semula akan dapat perubahan panjang relatif atau regangan ( $\epsilon$  dibaca ebsilon) dengan rumus sebagai berikut :

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{L}$$

Hasil dari perhitungan rumus regangan (koefisien kenyal) diatas akan diperoleh koefisien kenyal yang sangat kecil, sehingga dalam perhitungan tegangan yang terjadi pada batang percobaan (logam) dipergunakan modulus kenyal atau disebut juga modulus young (E) dengan rumus sebagai berikut :

$$E = \frac{1}{C}$$

Apabila modulus kenyal didapat dengan nilai besar adalah menunjukkan bahwa logam percobaan bersifat keras (kaku), sehingga apabila nilai E kecil menandakan logam percobaan lembek (lunak). Sewaktu memperhatikan tegangan modulus kenyal (E) dapat dilihat pada tabel modulus kenyal (lihat tabel 1.1.).

TABEL 1.1. MODULUS KENYAL  
=====

B a h a n	E x 10 <sup>6</sup> ....kg/mm <sup>2</sup>	B a h a n	E x 10 <sup>6</sup> ...kg/mm <sup>2</sup>
Baja Cortob	2,10	Timbel	0,05
Besi tuang	0,75 - 1,05	Timah	0,40
Baja Tuang	2,15	Seng	0,96
Baja sepuh/Pegas	2,20	Kawat seng	0,15
Tembaga	1,15	Logam monel	1,75 - 1,82
Kawat kuningan	1,00	Kulit	0,0125
Kuningan (dituang)	0,80	Kayu	0,108
Perunggu	0,90 K	Kayu api	0,099
Alumanium	0,675	Kaca	0,70
Alumanium-perunggu	1,20	Ebonit	0,0026

Berdasarkan besarnya koefisien kenyal dan modulus kenyal, maka menurut hk. Hooke tegangan yang bekerja pada logam dapat diperhitungkan dengan rumus :

$$\Delta l = c \frac{PL}{F}$$

$$\frac{\Delta l}{L} = \frac{1}{E} \times \frac{P}{F}$$

$$\epsilon = \frac{1}{E} \sigma$$

$$\sigma = E \times \epsilon$$

Keterangan :

- L = Panjang batang logam semula dalam ..... mm
- l = Pertambahan panjang batang logam dalam ..... mm
- E = Modulus kenyal dalam .....kg/mm<sup>2</sup>
- C = Koefisien kenyal
- $\epsilon$  = Perubahan panjang relatif (regangan)

Dalam menentukan kenyalan logam-logam campur, maka harus diperhitungkan prosentase perubahan panjang dan prosentase luas batang percobaan. Untuk mengetahui besarnya prosentase perubahan panjang dapat diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut :

$$\% \epsilon = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100$$

$$\epsilon = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100\%$$

dan untuk mengetahui besarnya prosentase luas (pergentingan) logam-logam yang bekerja beban tarik dapat diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut :

$$\% S = \frac{F_0 - F}{F_0} \times 100$$

$$S = \frac{F_0 - F}{F_0} \times 100\%$$

Keterangan :

$L_0$  = panjang batang logam semula dalam ..... mm

$L$  = panjang batang logam setelah ditarik dalam ..... mm

$F_0$  = luas penampang batang logam semula dalam ..... mm<sup>2</sup>

$F$  = luas penampang batang logam setelah ditarik dalam ..... mm<sup>2</sup>

$\epsilon$  = regangan yang terjadi pada batang logam setelah ditarik dalam ..... %

$S$  = luas pengecilan (pergentingan) batang logam setelah ditarik dalam ..... %

Perhitungan persentase regangan lebih meyakinkan dari pada perhitungan prosentase luas pengecilan (pergentingan) karena panjang batang setelah bekerja beban tarik lebih mudah diukur dari pada mengukur terjadinya pergentingan pada batang logam disebabkan batang logam yang diperiksa tidak selamanya berbentuk persegi panjang dan bulat (silinder).

#### SOAL-SOAL

1. Sebuah batang logam campur yang berbentuk silinder akan diperiksa dengan cara percobaan tarik dengan beban 4500 kg. Setelah batang logam ditarik dengan beban tarik maka terjadi perpanjangan pada batang se-

besar 0,14 mm. Apabila batang logam sebelum ditarik mempunyai panjang 200 mm, diameter 20 mm, maka diminta menghitung modulus kenyalan.

2. Sebuah batang logam campur mempunyai tanda perdagangan dp.10 yang berbentuk persegi panjang dengan ukuran 20 x 5 mm. Setelah batang diberi beban tarik terjadi regangan 25 % dan pergentingan 60 % dan dari patahan batang logam diketahui bahwa pergentingan berbanding seharga dengan tabel dan lebar batang logam. Oleh karena itu diminta menghitung panjang batang logam semula dan ukuran-ukuran batang logam setelah dilakukan percobaan tarik.

## 2.2. Pemeriksaan kekerasan

Sifat-sifat mekanis yang terdapat dalam suatu logam campur adalah suatu kriteria yang sangat penting dalam menilai suatu logam campur. Sifat-sifat mekanis yang banyak digunakan dalam menilai suatu logam campur adalah kekerasannya.

Suatu logam campur yang keras adalah suatu logam yang mempunyai sifat-sifat yang kompleks yang tidak ditentukan secara mendetail, hanya secara garis besar dapat ditentukan sebagai berikut :

- a. Kemampuan logam untuk bergesek dengan logam lainnya.
- b. Kemampuan logam untuk menahan gesekan
- c. Kemampuan logam untuk menahan perubahan bentuk plastis (melewati batas kenyal)
- d. Kemampuan logam untuk menahan perubahan bentuk elastis atau dapat diregang.
- e. Kemampuan logam untuk menahan perubahan bentuk karena putaran, puntiran dan sebagainya.

Kekerasan suatu logam dapat diselidiki dengan berbagai cara pemeriksaan kekerasan seperti ; pemeriksaan secara goresan, Brinell, Vickers dan sebagainya.

Pemeriksaan kekerasan yang dilakukan pada setiap benda percobaan baik itu berbentuk bulat atau persegi panjang adalah dilaksanakan dengan jalan merusak benda percobaan.

a. Pemeriksaan kekerasan secara goresan

Pemeriksaan kekerasan suatu logam dengan cara ini adalah untuk mengetahui ketahanan logam terhadap goresan atau gesekan yang terjadi dengan logam-logam yang lainnya.. Adapun pemeriksaan kekerasan secara goresan ini ada 2 macam cara yaitu :

- 1) Pemeriksaan kekerasan secara golner yaitu suatu cara pemeriksaan goresan yang didasarkan atas goresan-goresan pada logam percobaan. penyelidikan kekerasan galner mempunyai skala kekerasan yang berdasarkan tabelnya goresan yang terjadi pada batang percobaan/logam (lihat tabel 1.2.)
- 2) Pemeriksaan kekerasan secara Mohs adalah suatu pemeriksaan kekerasan yang juga didasarkan atas goresan-goresan yang terjadi pada batang logam percobaan, Juga menyelidiki kekerasan Mohs mempunyai skala kekerasan yang berdasarkan tabelnya goresan yang terjadi pada batang logam percobaan (lihat tabel 1.3.).

TABEL 1.2. SKALA GALNER'S

B a h a n	Skala Galner	B a h a n	Skala Galner
Timbel	1	Besi tempa	7
Timah	2	Besi tuang	8
Timbel keras	3	Besi tumer	9
Tembaga	4	Baja	10
Tembaga tuangan	5	Baja sepuh	11
Perunggu	6	Pospor perunggu	12

Pemeriksaan ini kurang dapat hasilnya dijadikan pedoman untuk menentukan kekerasan sebenarnya dari pada logam percobaan sehingga pemeriksaan dengan cara ini jarang dipergunakan pada dewasa ini.

TABEL 1.3. SKALA MOH'S  
=====

B a h a n	Skala Mohs	B a h a n	Skala Mohs
Talk	1	Veldspat	6
Gips	2	Kwartzsa	7
Kapur (CaCO <sub>3</sub> )	3	Topas	8
Vloespat Cafe	4	Korund	9
Apatit	5	Berlian	10

Pemeriksaan kekerasan dengan cara galner ataupun mohs dilakukan sebagai berikut : Misalnya suatu batang logam mempunyai nilai kekerasan mohs sebesar 7 maka apabila logam kwartsa dapat menggores batang logam percobaan sedangkan logam topas tidak dapat menggoresnya, maka skala kekerasan dari batang logam percobaan tersebut adalah benar-benar 7 (tujuh).

Penetapan kekerasan secara skala Galner dan Mohs kurang dapat diyakini karena dalam pelaksanaannya cara ini kurang tepat benar. Oleh karena itu pemeriksaan cara goresan hanya digunakan untuk mengetahui sifat-sifat kekerasan batu-batuan alam atau mineral-mineral dan kurang tepat (cocok) untuk memeriksa kekerasan logam-logam campur yang akan digunakan untuk bangunan-bangunan mesin, konstruksi-konstruksi dan sebagainya.

b. Pemeriksaan kekerasan secara takik

Pemeriksaan kekerasan dengan cara takik adalah suatu hasil takikan (lekukan) tetap yang terdapat pada batang logam percobaan karena tekanan (beban) yang diberikan oleh logam-logam yang lain misalnya : baja, intan dan sebagainya.

Pemeriksaan dengan cara ini sangat banyak dipergunakan untuk menyelidiki kekerasan dari pada suatu logam karena pemeriksaan dengan cara ini sangat mudah untuk dilakukan (dikerjakan). Menilai kekerasan logam dengan cara ini adalah dengan jalan mengukur luas lekukan yang terjadi diatas permukaan batas logam yang sedang diselidiki atau dalamnya lekukan yang ter-

Jadi pada batang logam yang sedang diselidiki.

Pemeriksaan kekerasan dengan cara takikan dapat dilakukan dengan cara pemeriksaan sistem Brinell, Vickers, Rockwell dan sebagainya. Pemeriksaan secara takik dapat diperhitungkan berdasarkan rumus dibawah ini :

$$\text{No kekerasan} = \frac{\text{Beban}}{\text{Luas Tekukan}}$$

atau

$$H_n = \frac{P}{F}$$

Keterangan :

H<sub>n</sub> = Nilai kekerasan dalam .....kg/mm<sup>2</sup>

P = Beban yang digunakan dalam ..... Kg

F = Luas penampang tekukan dalam..... mm<sup>2</sup>

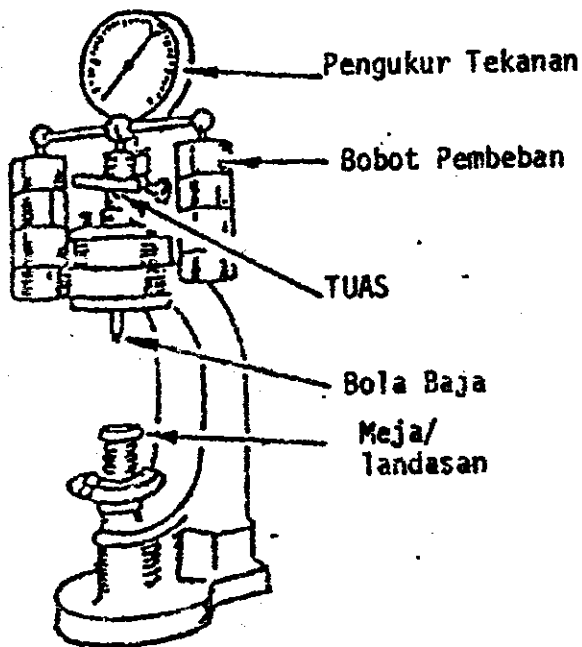
### 1) Pemeriksaan kekerasan sistem Brinell

Pemeriksaan kekerasan dengan sistem Brinell dipergunakan sebuah mesin Brinell yang mempunyai selinder berisi dengan minyak, dimana dengan pompa tangan (beberapa mesin Brinell menggunakan motor) dipompakan sehingga menghasilkan beban penekan (lihat gambar 1.4).

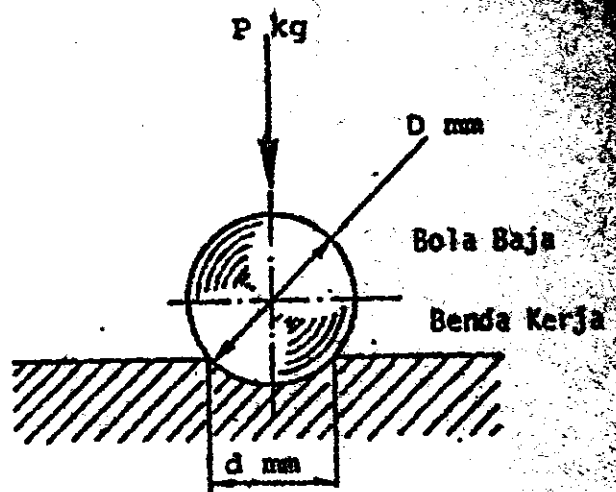
Pada waktu selinder mesin Brinell diturunkan maka piston yang dipasangi bola baja pada bagian ujungnya akan ikut turun sampai menumbuk (menekan) permukaan batang logam percobaan dan bola baja tetap berada (dibiarkan) diatas permukaan batang logam percobaan selama 15 detik tanpa diberi beban tekanan yang gunanya untuk menjamin terjadinya aliran plastis. Dan sewaktu piston digerakkan keatas dari permukaan batang logam percobaan, maka akan terdapat bekas bola baja yang berupa lekukan diatasnya. Lekukan yang dihasilkan diukur dengan menggunakan mikroskop dan setelah itu dihitung dengan rumus Brinell untuk menentukan kekerasan dari pada logam (lihat gambar 1.5).

± Setelah lekukan (temberang) yang terdapat pada batang logam percobaan diukur, maka rumus nilai kekerasan Brinell dapat dibuat dengan cara di bawah ini :

$$H_n = \frac{P}{F} \longrightarrow \text{Rumus umum}$$



Gambar 1.4. MESIN BRINELL



Gambar 1.5 PERCOBAAN BRINELL  
DENGAN BOLA BAJA

atau

$$\text{BHN} = \frac{P}{F}$$

Luas Tekukan (temberang) dapat dihitung dengan cara sebagai berikut :

F. = keliling peluru baja x tinggi lekukan

$$F = D \times h$$

Perhatikan ABC didapat :  $X = \sqrt{R^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2}$

$$h = R - X$$

$$= R - \sqrt{R^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2}$$

$$= \frac{D}{2} - \sqrt{\frac{D^2}{4} - \frac{d^2}{4}}$$

$$h = \frac{D}{2} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{d^2}{D^2}} \right)$$



UNIVERSITAS PADJARAN  
- IKIP - PADANG -

669  
Ari  
40

Jadi luas temberang didapat :

$$\begin{aligned}
 F &= D \times h \\
 &= D \times \frac{D}{2} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{d^2}{D^2}} \right) \\
 &= \frac{D}{2} \left( D - \sqrt{D^2 - d^2} \right) \\
 F &= 1,571 D \left( D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)
 \end{aligned}$$

Luas temberang yang didapat sibsitusikan kedalam rumus umum, sehingga didapat rumus nilai kekerasan Brinell sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{BHN} - \frac{P}{F} &\equiv \frac{P}{1,571 D \left( D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)} \\
 \text{BHN} &= \frac{P}{1,571 D \left( D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

- BHN = Nilai kekerasan Brinell dalam ..... kg/mm<sup>2</sup>
- P = Beban yang diberikan/digunakan dalam ..... kg
- D = Diameter bola baja dalam : ..... mm
- d = Diameter lekukan (temberang) dalam ..... mm
- h = Tinggi / dalam lekukan dalam ..... mm

Berdasarkan rumus diatas ditarik suatu kesimpulan bahwa nilai kekerasan Brinell (BHN) adalah tergantung dari pada diameter\* peluru baja, beban (tekanan) yang diberikan, jenis logam yang diperiksa dan waktu (lamanya) percobaan dilakukan. Oleh karena itu pembebanan untuk bahan logam yang keras seperti baja dan besi waktunya lebih pendek yaitu sekitar 15 - 30 detik dari pada untuk bahan logam yang lunak seperti ; timbel atau alumanium waktunya lebih lamban untuk berbagai - bagai bahan logam adalah berbeda-beda, dimana nilai tekanan (beban) P dapat diambil dengan rumus perhitungan- sebagai berikut :

- Untuk besi dan baja nilai tekanan P = 30 D<sup>2</sup>
- Untuk tembaga paduan nilai tekanan P = 10 D<sup>2</sup>

434/ Hdd/ 89 - 20

PERPUSTAKAAN IKIP PADANG  
KOLEKSI BIDANG ILMU  
DIPINJAMKAN  
KHUSUS DIPAKAI DALAM PERPUSTAKAAN

- Untuk aluminium nilai tekanan  $P = 5 D^2$
- Untuk timah pateri nilai tekanan  $P = 2,5 D^2$
- Untuk timbel nilai tekanan  $P = D^2$

Juga dalam menentukan diameter adalah tergantung dari pada tabel pelat yang akan diuji (diperiksa), dimana dalam penggunaan peluru baja terdapat 3 macam ukuran yang digunakan seperti ; 10 mm, 5 dan 2,5 mm (lihat tabel 1-4).

TABEL 1-4 NILAI TEKANAN

TABEL BAHAN DALAM MM	DIAMETER, DALAM MM	NILAI TEKANAN P ..... kg			
		30 D <sup>2</sup>	10 D <sup>2</sup>	5 D <sup>2</sup>	2,5 D <sup>2</sup>
1 - 3	2,5	187,5	62,5	31,5	15,6
3 - 6	5,0	750,0	250,0	125,0	62,5
6 keatas	10,0	3000,0	1000,0	500,0	250,0

Tabel logam percobaan yang akan diperiksa kekerasannya dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{BHN} &= \frac{P}{\pi D \cdot h} \quad \longrightarrow \quad h = 0,1s \\
 &= \frac{P}{\pi D \cdot 0,1 S} = \frac{10 P}{\pi D \cdot S} \\
 S_s &= \frac{10 P}{\pi \cdot D \cdot \text{BHN}}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

S = Tabel logam percobaan dalam .....mm

Setiap logam-logam campur yang telah diuji kekerasan, biasanya ditulis - tanda - tanda pada logam campur tersebut sebagai berikut :

$$\text{BHN } \frac{d}{P}{t} = 150$$

Adapun artinya adalah : penetapan nilai kekerasan Brinell dilakukan dengan bo-baja yang mempunyai diameter 5 mm, tekanan (P) 750 kg dilakukan selama 15 detik dengan hasil kekerasan Brinell 150 kg/mm<sup>2</sup>.

Kekerasan suatu logam mempunyai hubungan dengan tegangan tarik dari pada logam, sehingga tegangan tarik suatu logam dapat diketahui setelah diketahui nilai kekerasan Brinell suatu logam dengan rumus dibawah ini :

$$\bar{\sigma}_t = 0,34 \times \text{BHN} \text{ atau } \bar{\sigma}_t = 0,36 \times \text{BHN}$$

$$\bar{\sigma}_t = \frac{1}{3} \times \text{BHN}$$

Keterangan :

$\bar{\sigma}_t$  = tegangan tarik dalam kg/mm<sup>2</sup>  
dari bekas tekanan tidak jelas kelihatan.

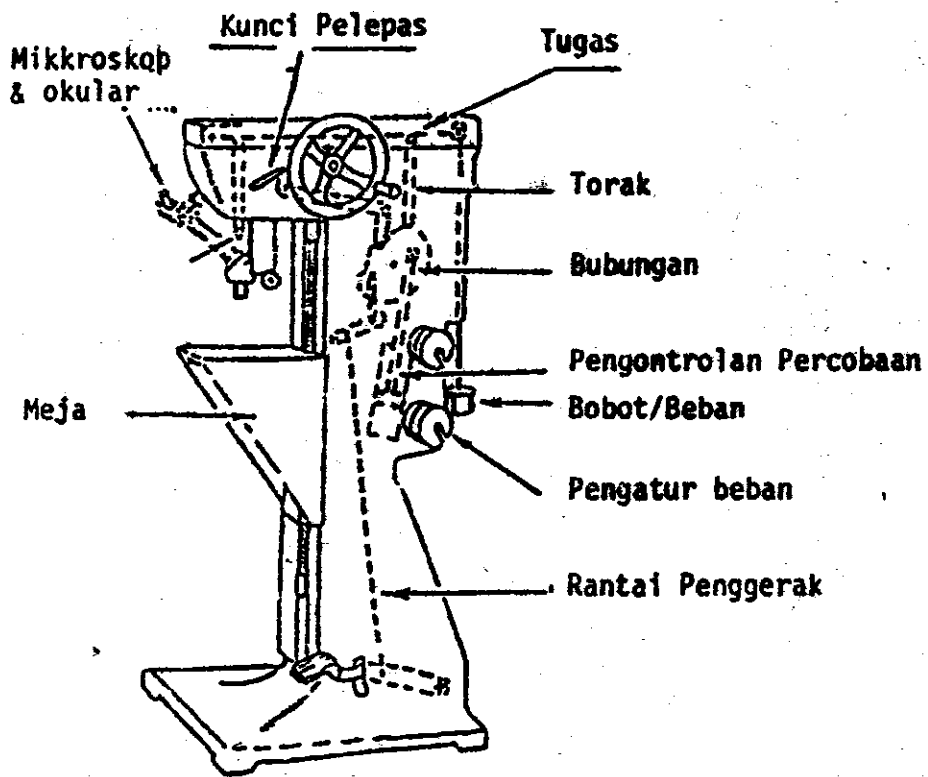
## 2). Pemeriksaan kekerasan sistem Viokers

Pemeriksaan kekerasan logam-logam dengan mempergunakan sistem Viokers dapat dipergunakan untuk memeriksa logam yang mempunyai penampang kecil dan tipis, juga logam yang sangat keras.

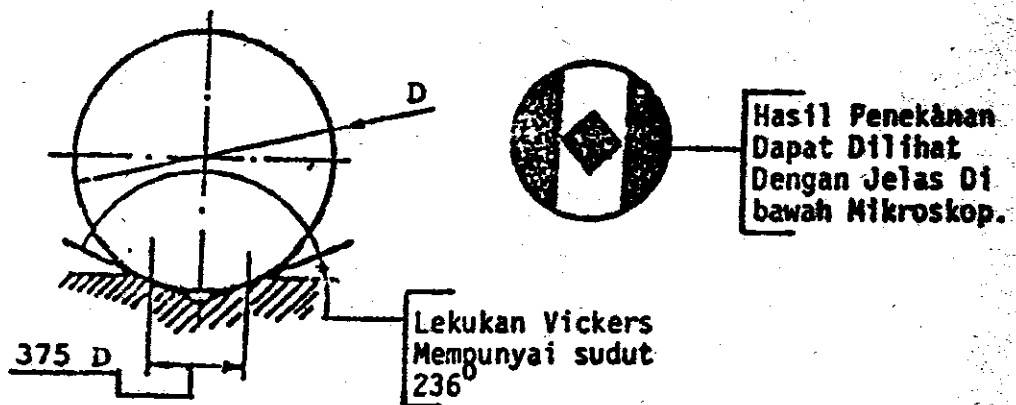
Prinsip dari pada percobaan ini adalah hampir sama dengan percobaan Brinell, hanya perbedaannya terletak pada peluru (bola) yang digunakan, dimana pada percobaan Brinell dipergunakan peluru baja sedangkan percobaan Viokers dipergunakan peluru intan yang berbentuk piramida. Oleh karena itu percobaan Viokers yang disingkat (diberi tanda) dengan HVN (Vickers hardness number) disebut juga percobaan piramida yang disingkat (diberi tanda) dengan HPN (Pyramidal hardness number).

Pemeriksaan kekerasan dengan sistem ini dilakukan pada mesin Viokers dengan mempergunakan peluru intan yang berbentuk piramida berisi empat dengan sudut puncak (sudut antara bidang sisinya) sebesar 136° (lihat gambar 1-6). Apabila peluru intan ditekan pada logam percobaan sewaktu dilakukan pemeriksaan kekerasan akan meninggalkan bekas pada logam percobaan, dimana bentuk bujursangkar dengan diagonal-diagonal yang sama panjang.

Pelaksanaan dari sistem ini dilakukan dengan menekan puncak intan pada benda pekerjaan yang dilakukan secara otomatis dengan diberi beban antara 1 kg - 120 kg dan lamanya (waktu) penekanan ditentukan ± 20 detik. Apabila puncak intan yang ditekan pada permukaan benda pekerjaan diangkat keatas akan terdapat (meninggalkan) suatu bekas yang berbentuk segi empat piramida (lihat gambar 1-7). Selanjutnya bekas legokan (temberang) diukur dengan mikroskop ukur, dan hasil pengukuran dipergunakan untuk menghitung nilai kekerasan Viokers.



Gbr. 1-6. MESIN PERCOBAAN VICKERS



Gbr. 1 - 7. HASIL PERCOBAAN VICKERS

Pada perhitungan nilai kekerasan Vickers adalah diperhitungkan antara lain beban yang dipergunakan (dalam kg) dibagi dengan luas legakan (dalam mm<sup>2</sup>) seperti cara dibawah ini :

$$HN = \frac{P}{F} \longrightarrow \text{Rumus umum}$$

atau

$$HVN = \frac{P}{F}$$

Luas legakan (F) yang terdapat pada logam percobaan dapat diperhitungkan dengan cara sebagai berikut (lihat gambar 1-7).

$$\text{Luas } 1 \Delta = \frac{1}{2} a \times b$$

$$\text{Luas } 4 \Delta = 2 a \times b$$

$$\longrightarrow AB = a = \frac{1}{2} d \sqrt{2}$$

$$\text{Sin. } 68^{\circ} = \frac{\frac{1}{2} \cdot a}{AC} = \frac{\frac{1}{2} \cdot a}{b}$$

$$b = \frac{\frac{1}{2} \cdot a}{\text{Sin. } 68^{\circ}}$$

Jadi luas legakan yang terdapat pada permukaan logam percobaan adalah :

$$F = 2a \times b = 2 \cdot \frac{1}{2} d \sqrt{2} \times \frac{\frac{1}{2} \cdot a}{\text{Sin. } 68^{\circ}}$$

$$= \frac{d \sqrt{2} \times \frac{1}{2} d \sqrt{2}}{\text{Sin. } 68^{\circ}} = \frac{d^2}{2 \cdot \text{Sin } 68^{\circ}}$$

$$\frac{F}{F} = \frac{d^2}{1,854}$$

dan nilai kekerasan Vickers dapat diperhitungkan sebagai berikut :

$$HVN = \frac{P}{F} \longrightarrow F = \frac{d^2}{1,854}$$

$$= \frac{P}{\frac{d^2}{1,854}}$$

$$\frac{HVN}{HVN} = \frac{1,854 P}{d^2}$$

Keterangan :

HVN = Nilai kekerasan Vickers dalam .....kg/mm<sup>2</sup>

- logam
- 22 -
- d = Panjang diagonal lekukan dalam ..... mm  
a = Sisi segi empat lekukan dalam ..... mm  
b = Tinggi piramida pada sisi a dalam ..... mm

Adapun keuntungan dari pemeriksaan dengan sistem Vickers adalah :

- a). Dapat bekerja pada beban yang rendah.
- b). Kerusakan pada logam percobaan kemungkinan sangat kecil
- c). Dapat dipergunakan untuk memeriksa kekerasan logam - logam percobaan yang keras.

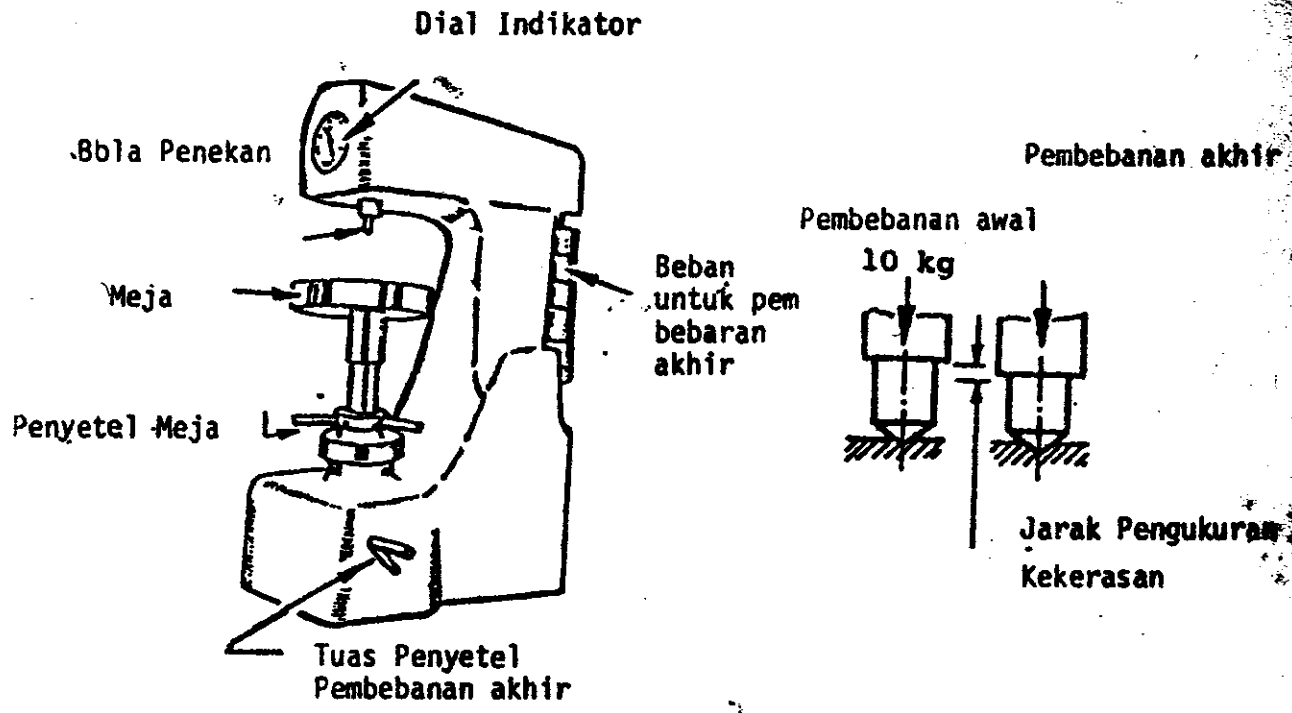
Dan kerugian dari pemeriksaan sistem Vickers adalah sebagai berikut :

- a). Intan tidak boleh tertumbuk dengan benda - benda yang lain, sehingga setelah dipergunakan harus diletakkan berhati-hati dan disimpan ditempat yang aman.
- b). Legokan yang terdapat pada permukaan logam percobaan baru dapat dibaca setelah dibesarkan minimum 100 kali.
- c). Permukaan logam percobaan harus terlebih dahulu dibersihkan dan dipoles (dipernis) sebelum dilakukan percobaan pemeriksaan logam pada mesin Vickers.
- d). Tidak digunakan untuk menentukan nilai kekerasan Vickers pada bahan logam yang tidak homogen misalnya ; besi tuang.

### 3). Pemeriksaan kekerasan sistem Rockwell

Pemeriksaan kekerasan bahan logam dengan sistem Vickers adalah mempergunakan pesawat mekanis rockwell (lihat gambar 1-8), dan dipergunakan untuk memeriksa kekerasan bahan logam yang keras maupun yang lunak. Adapun dasar percobaan sistem ini hampir sama dengan pemeriksaan bahan logam dengan sistem Vickers ataupun Brinell, hanya perbedaan terletak pada pengukuran hasil dari percobaan dimana sistem rockwell yang diukur adalah pada bahagian dalamnya legokan (temberang) yang terjadi pada logam percobaan dengan pembeban tertentu.

Pada dasarnya peluru yang digunakan untuk pemeriksaan sistem rockwell adalah 2 macam yaitu : peluru intan (conerockwell) dan peluru baja (ball rockwell) dimana untuk bahan-bahan logam yang keras dipergunakan peluru intan (kerucut - intan) sedangkan untuk bahan-bahan logam yang kurang keras atau lunak dipergunakan peluru dari baja.



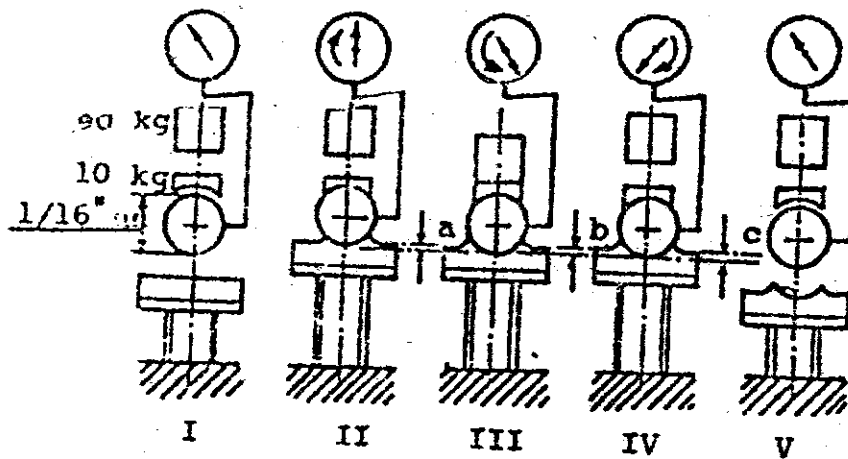
Gbr. 1 - 8. MESIN PERCOBAAN ROCKWELL

a). Pemeriksaan rockwell dengan kerucut intan (Rockwell cone).

Pemeriksaan kekerasan bahan logam sistem rockwell yang menggunakan intan terbentuk kerucut dengan sudut puncak  $120^{\circ}$ , disebut pemeriksaan - Rockwell kerucut intan (cone rockwell) disingkat  $R_C$ . Pemeriksaan ini digunakan untuk memeriksa bahan-bahan logam yang keras misalnya; baja yang disepuh.

Pada pemeriksaan ini pembebanan pertama dilakukan sebesar 10 kg dan setelah itu dinaikkan sampai mencapai pembebanan 150 kg atau 100 kg, dan seterusnya beban diturunkan sampai turun kembali sebesar 10 kg (lihat - gambar 1-9).

Dari gambar 9 didapat hal-hal sebagai berikut :



Gbr. 1 - 9. TINGKAT PEMBEBANAN MESIN ROCKWELL

- a. Dalam bekas penibebanan pada tekanan  $P_0$
- b. Dalamnya bekas penibebanan pada tekanan  $P$
- c. Dalamnya bekas penibebanan pada tekanan tetap ( $P_0$ ) setelah dikurangi tekanan  $P_1$ .

dan nilai kekerasan rockwell  $HR_C N$  didapat dengan rumus :

$$HR_C N = f - c$$

Keterangan :

$f$  = Jumlah satuan yang digunakan dalam pengukuran, dimana  $f = 100$  batu an/bagian atau  $0,2$  mm dan  $1$  bagian =  $0,002$  mm.

Untuk mengetahui dalamnya legokan digunakan lonceng pengukur dimana ke kerasannya bahan logam dapat dibaca pada lonceng pengukur dengan ketentuan bertambah dangkal dalam legokan, menunjukkan semakin kerasnya bahan logam - yang diuji/diperiksa, sebaliknya bertambah dalamnya legokan menunjukkan keke rasan bahan logam semakin lunak. Dalamnya legokan minimum adalah  $0,20$  mm dan setiap jarak yang dapat dibawa pada lonceng pengukur dibagi dalam  $100$  bagian



yang sama, sehingga tiap-tiap bagian pada skala kekerasan dapat ditentukan dengan satuan ukuran 0,002 mm, tetapi apabila menggunakan peluru baja bahwa beban maksimum harus ditambah 30 kg.

b). Pemeriksaan Rockwell dengan peluru baja (rockwell ball).

Pemeriksaan kekerasan bahan logam dengan sistem rockwell yang menggunakan peluru baja yang keras (disepuh) dengan diameter  $\frac{1}{16}$  inci, disebut pemeriksaan rockwell peluru (ball rockwell) disingkat  $R_B$ . Pemeriksaan ini digunakan untuk memeriksa bahan-bahan logam yang lunak atau bahan logam yang tidak dapat diperiksa pada rockwell kerucut intan karena terlampau lunaknya.

Pada pelaksanaan pemeriksaan adalah hampir sama dengan pemeriksaan rockwell yang menggunakan intan, dimana pertama diberikan beban sebesar 10 kg dan setelah itu dinaikkan pembebanan sampai mencapai pembebanan maksimum sekitar 100 kg dan kemudian pembebanan maksimum yang diberikan sekitar 100 kg diturunkan kembali sehingga tinggal beban pertama yang diberikan sebesar 10 kg dan setelah itu dilakukan pengukuran terhadap bekas legokan (tembarang) yang terdapat pada logam percobaan karena diberikan.

Dari gambar 10 diperoleh jumlah pembebanan total (P) sebagai berikut :

$$P = P_0 + P_1 = 10 + 90$$

$$P = 100 \text{ kg}$$

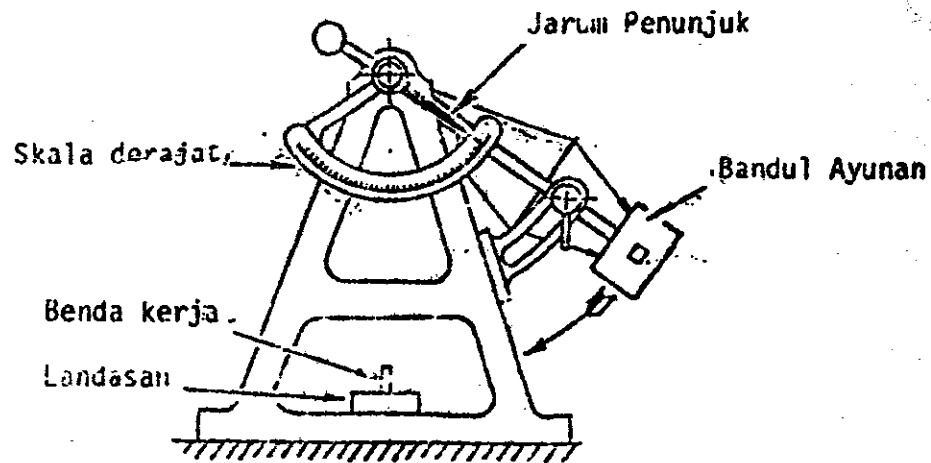
dan setelah itu akan didapat nilai kekerasan rockwell yang menggunakan peluru baja dengan rumus sebagai berikut :

$$HR_B N = (f + 30) - c$$

Jadi dari kedua rumus nilai kekerasan rockwell diatas didapat kesimpulan bahwa ; Nilai kekerasan rockwell adalah selisih dari jumlah kekerasan yang menunjukkan dalamnya bekas tekanan (legokan) tetap pada beban awal/pertama ( $P_0$ ) setelah dikurangi beban utama ( $P_1$ ).

Adapun keuntungan mempergunakan pemeriksaan kekerasan dengan mempergunakan pesawat rockwell adalah sebagai berikut :

- a). Pada waktu percobaan memerlukan waktu (time) lebih pendek (singkat) dari pada percobaan Brinell ataupun Vickers.
- b). Dapat digunakan untuk menentukan nilai kekerasan dari pada bahan logam yang sangat keras.



Gbr. 1 - 10. MESIN PERCOBAAN PUKUL (TAKIK)

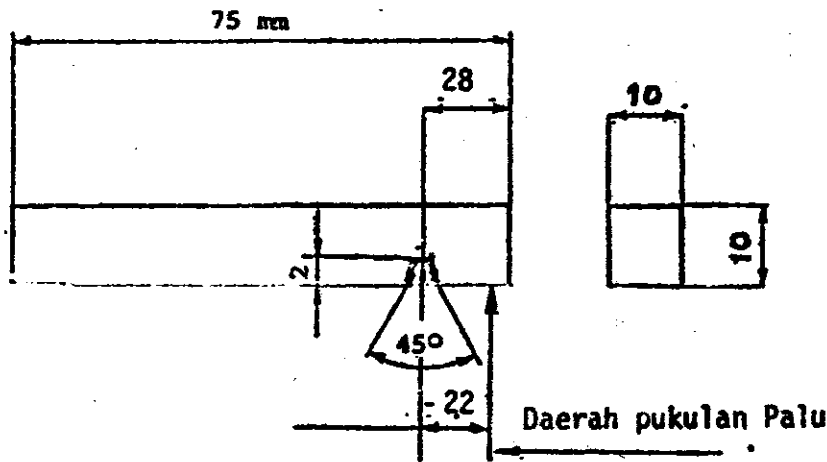
c). Pemeriksaan kekerasan kurang teliti dibandingkan dengan pemeriksaan Brinell atau Vickers karena pembagian skala kekerasan lebih sedikit dari pada Brinell atau Vickers.

2.3. Pemeriksaan percobaan pukul takik.

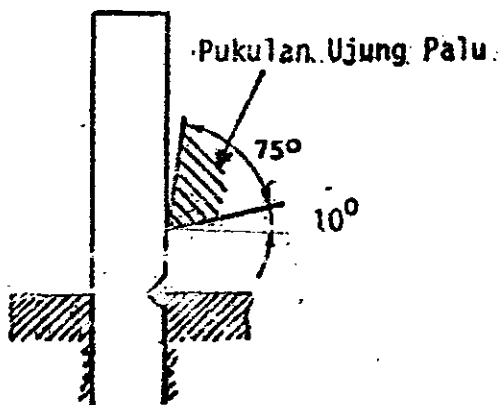
Perbedaan pukul takik adalah suatu percobaan yang dilakukan pada batang logam percobaan dengan jalin dipukul untuk mengetahui sifat kenai - dan sifat rapuh dari pada batang logam percobaan. Suatu bahan logam yang telah dijadikan konstruksi-konstruksi biasanya mengalami kualitas yang - agak rendah atau jenis baja yang mengalami perlakuan panas (heat treat - ment) akan mempunyai nilai-nilai yang baik pada pembebanan statis, teta - pi apabila baja tersebut dibobani secara dinamis seperti; dipukul atau - pembebanan (tumbukan) yang sekonyong-konyong akan mempunyai nilai-nilai - yang kurang baik.

Pada percobaan pukul takik paling banyak dilakukan adalah dengan ca - ra-cara percobaan Charpy yang mempergunakan pesayat (mesin) Charpy dan - mesin Izod yang diperlengkapi dengan bandul (martil) ayunan (lihat gambar 1-10). Martil ayunan digunakan untuk memukul batang percobaan sampai pa - tah, dimana hasil patahan batang percobaan tergantung dari bentuk dan - ukuran batang percobaan sewaktu dilakukan percobaan.

Bentuk patahan batang percobaan setelah dilakukan percobaan adalah - terdiri dari 2 macam bentuk, yaitu :



Gbr. 1 - 11. TAKIK BENTUK U



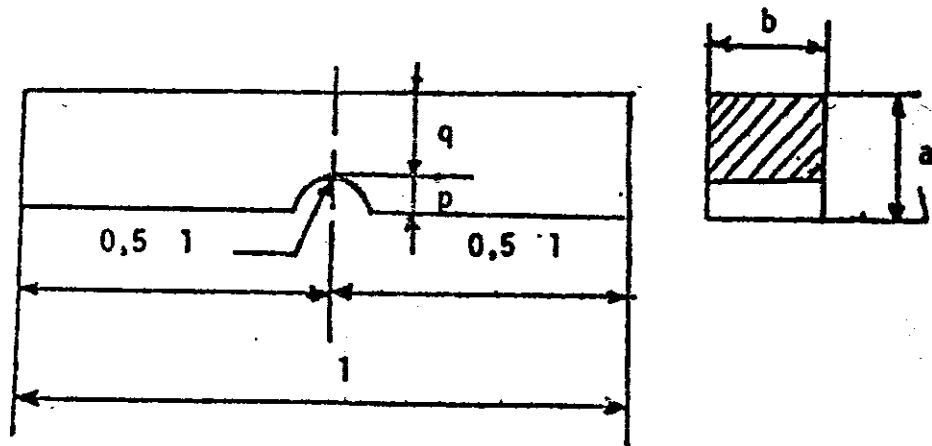
Gbr. 1 - 12. TAKIK BENTUK V

- a. Bentuk patah plastik yaitu batang percobaan tidak patah sempurna (tidak patah menjadi 2 bagian) dan bidang pertahanannya berserat-serat dan berwarna gelap (tidak mengkilat).
- b. Bentuk patahan sempurna yaitu batang percobaan patah menjadi 2 bagian dan bidang patahnya hampir tidak terjadi perubahan bentuk serta butir-butir halus atau kasar dan berwarna mengkilat.

Pada waktu mengadakan percobaan batang logam percobaan mempunyai temperatur  $\pm 21^{\circ}$  C. Juga batang percobaan harus dikerjakan (dipersiapkan) terlebih dahulu sebelum dilakukan percobaan pukul takik, dimana pada batang percobaan diberi takikan. Adapun bentuk takikan ada 2 macam, yaitu :

- a. Bentuk U takik digunakan untuk memeriksa kerapuhan dari logam percobaan (lihat gambar 1.11).
- b. Bentuk V takik digunakan untuk memeriksa kekenyalan dan hasil pengelasan dari logam percobaan (lihat gambar 1.12).

TABEL 1.15. UKURAN JENIS TAKIKAN



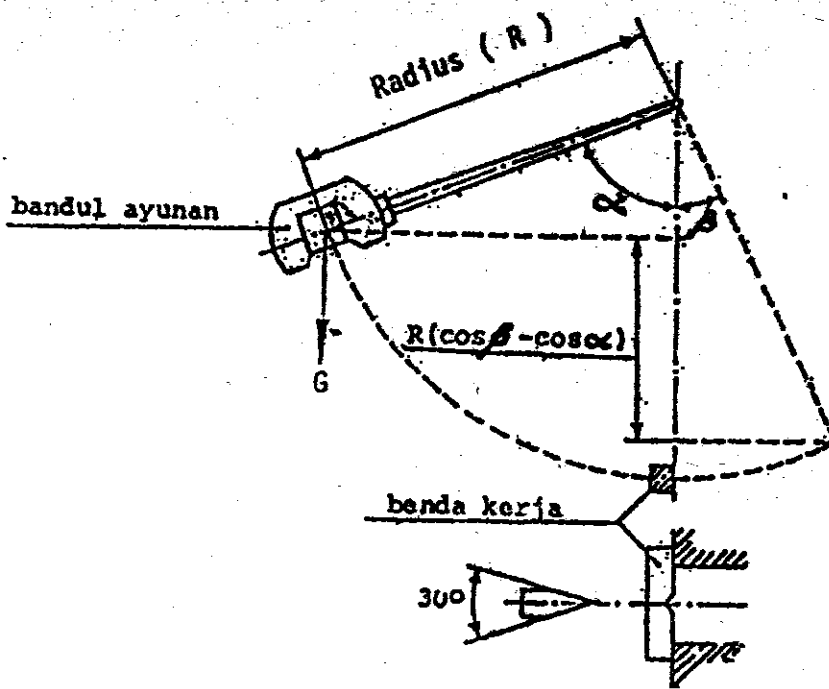
TYPE	P	Q	R	a	b	c
3	3	$7 \pm 0,05$	1	$10 \pm 0,5$	$10 \pm 0,05$	$55 \pm 0,3$
5	5	$5 \pm 0,05$	1	$10 \pm 0,05$	$10 \pm 0,05$	$55 \pm 0,3$
15	15	$15 \pm 0,15$	2	$30 \pm 0,15$	$15 \pm 0,15$	$160 \pm 1,0$

Untuk besi tuang biasanya dipergunakan takikan sewaktu dilaktkan percobaan, sedangkan besi dan baja banyak dipergunakan bentuk takikan V.

Berdasarkan ISO (International Standard Organization) tekikan mempunyai tiga macam type, yaitu : type 3 ; 5 dan 15, dimana setiap jenis mempunyai ukuran yang berbeda-beda (lihat tabel 1.5).

Adapun ukuran-ukuran untuk takik V dan U adalah sama untuk type 3 dan 5 digunakan mesin Charpy dengan kapasitas 15 kg (maksimum) atau 30 kg (maksimum), sedangkan untuk type 15 digunakan mesin Charpy dengan kapasitas 75 kg.

Pengerjaan batang percobaan sebelum dilakukan percobaan takik adalah penting, dimana permukaan batang harus licin (halus), terutama pada bagian dasar dari pada takikannya. Pengerjaan takikan ini dilakukan dengan mesin frais (milling machine) dan pengerjaannya yang paling baik adalah digerinda atau di bor dan setelah itu digergaji. Pengerjaannya dilakukan sedemikian rupa supaya jangan sampai mendapat (mengalami) panas yang berlebihan



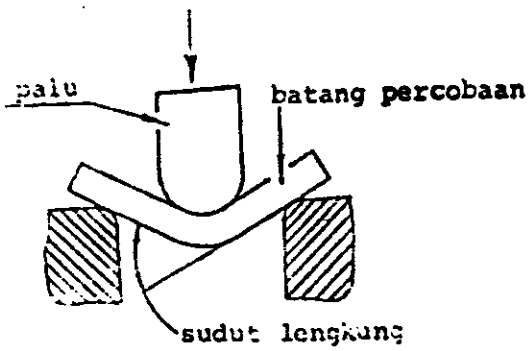
Gbr. 1 - 13. KEDUDUKAN PESAWAT TAKIK

yang dapat mengakibatkan terjadinya perubahan struktur dari logam percobaan yang dapat mempengaruhi nilai pukul takik, sehingga percobaan dilakukan pada temperatur dibawah  $0^{\circ}$  C.

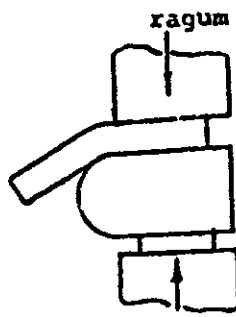
Pemeriksaan dengan mesin (pesawat) takik dilakukan dengan memasang batang percobaan berbentuk segi empat secara mendatar, kemudian martil (bandul) ayunan yang mempunyai berat G ke diangkat keatas setinggi H dengan membentuk sudut (baca alpha) dan setelah itu bandul dijatuhkan sehingga memukul logam yang di uji, dan sewaktu batang percobaan patah bandul akan terus berayun membentuk sudut , sehingga melewati h (lihat gambar 1 - 13).

Pada batang percobaan yang telah dilakukan yang telah dilakukan percobaan, sewaktu diperoleh nilai pukul takikannya tinggi bahan menunjukkan sifat batang percobaan kenyal, sedangkan apabila diperoleh nilai pukul takiknya rendah adalah menunjukkan sifat batang percobaan rapuh.

Percobaan pukul takik digunakan untuk memeriksa (menguji) kekuatan hasil pengelasan dan bahan pembuatan ketel uap. Hasil pengelasan dan bahan bahan ketel uap sangat penting diselidiki kekuatannya untuk menghindari sifat rapuh atau petas dari bahan-bahan logam yang dilas dan bahan untuk ketel uap. Bahan-bahan logam yang di las akankurang nilainya apabila hasil pengelasnya mengandung terak-terak tertutup atau keropos-keropos pada bagian dalamnya, juga bahan yang mengalami pemuaiian karena panas akan mempunyai sifat yang rapuh (getas). Berdasarkan gambar 1-13 didapat rumus untuk menghitung nilai pukul takik sebagai berikut :



Gambar 1.14. PERCOBAAN LINGKUNG SEDIKIHANA



Gambar 1.15. PERCOBAAN LINGKUNG DENGAN MANDREL



a) Pelengkungan Tertutup

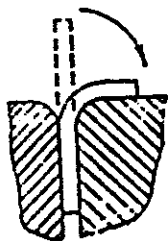


b) Pelengkungan Sudut



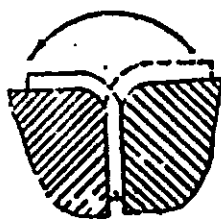
c) Pelengkungan 180°

Gambar 1.16. PERCOBAAN LINGKUNG TUNGGAL

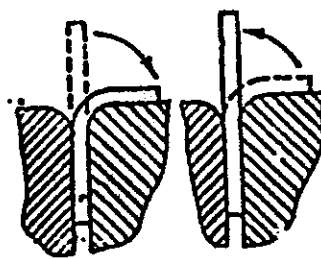


persiapan

a) Pelengkungan 180°



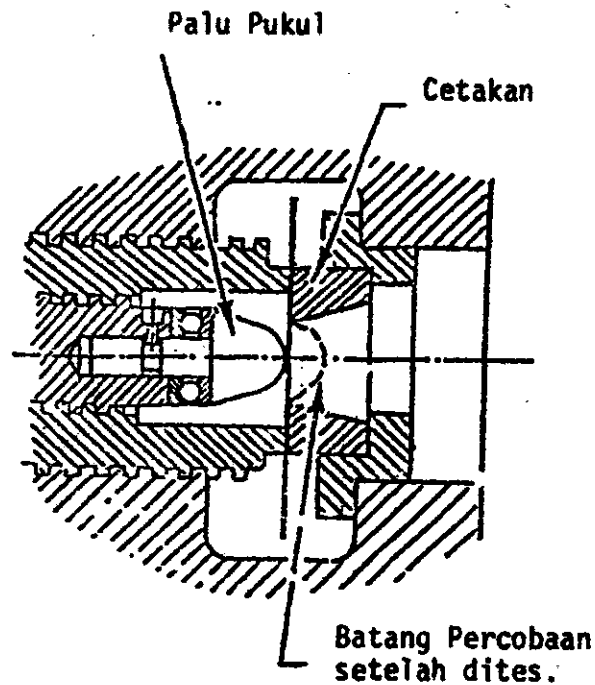
lengkungan satu arah



Persiapan lengkungan satu arah

b) Pelengkungan 90°

Gambar 1.17. PERCOBAAN LINGKUNG SATU ARAH



Gambar 1.18. PRINSIP PERCOBAAN ERICHSON

1.15) dan mesin percobaan lengkung.

Pemeriksaan lengkung dapat dilakukan dengan 3 macam cara, yaitu :

- a. Pemeriksaan percobaan lengkung tunggal yaitu : pemeriksaan yang dilakukan pada logam percobaan dengan melengkung logam percobaan dalam satu arah. Pemeriksaan lengkung tunggal dapat dilakukan dengan 3 macam cara yaitu :
  - perlengkungan terbuka, perlengkungan sudut, dan perlengkungan  $180^{\circ}$  (lihat gambar 1.16). Perlengkungan  $180^{\circ}$  dapat dilakukan perlengkungan  $180^{\circ}$  dan perlengkungan  $90^{\circ}$  (lihat gambar 1.17). Perlengkungan tunggal ini banyak dilakukan pada logam pelat (sheet metal)
- b. Pemeriksaan dorong yaitu : pemeriksaan logam percobaan yang dilakukan dengan jalan mendorong (memukul) dengan beban tertentu pada logam percobaan bengkok. Pemeriksaan dorong ini banyak dilakukan pada tabung atau kawat-kawat baja.

- c. Pemeriksaan tertutup yaitu : pemeriksaan logam percobaan yang dilakukan didalam ruangan tertutup dengan menggunakan mesin cetakan yang disebut mesin pemeriksa "Erichson" (lihat gambar 1.18). Dalam pemeriksaan Erichson logam percobaan dimasukkan kedalam cetakan dengan dorongan dan dorongan ini dilakukan terus menerus sampai logam percobaan bengkok (melengkung). Seterusnya perlengkungan logam percobaan diukur dengan menggunakan ukuran Erichson.

Pada umumnya sifat-sifat dari besi tuang lain dari pada sifat-sifat baja atau logam lain yang dicapai, dimana pada tegangan tarik  $12 \text{ kg/mm}^2$  regangannya adalah kecil sekali yaitu kurang dari 1% dan pengecilan batang pada tempat terjadinya patahan tidak dapat dilihat. Diagram tarik pada awal terjadinya tegangan tarik telah merupakan garis lengkung dan tidak merupakan sebuah garis modulus, sehingga dalam hal ini hukum hook tidak berlaku dan modulus elastisnya selalu berubah-ubah berdasarkan pembebanan yang dilakukan. Oleh karena itu besi tuang mempunyai regangan elastis yang cukup besar, sehingga untuk menentukan kekenyalan besi tuang dapat (sukar) dilakukan penyelidikannya dengan percobaan tarik hanya dapat dilakukan dengan percobaan lengkung. Juga pada percobaan lengkung dapat dilakukan untuk menentukan kekuatan logam percobaan yang ditentukan oleh beban yang diberikan pada logam percobaan mengalami patah.

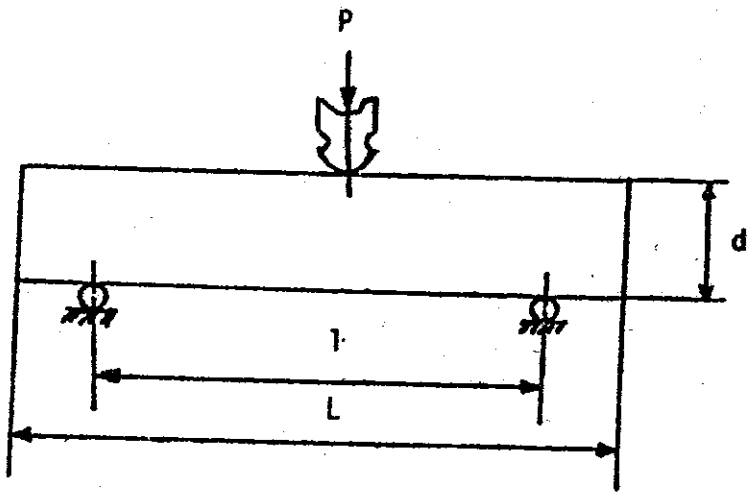
Adapun tujuan dari pada perlengkungan terdiri dari 3 macam, yaitu :

- a. Percobaan lengkung perubahan bentuk, dimana tujuannya adalah sampai beberapa jauh batang logam dapat dilengkungkan pada jarak tumpuan tertentu atau sampai berapa jauh terjadinya perubahan bentuk pada batang logam.
- b. Percobaan lengkung beban, dimana tujuannya adalah untuk mengetahui sampai berapa jauh dalamnya pelenturan (deflection) terjadi pada batang logam. Untuk menentukan besar lenturannya maka percobaan dilakukan dalam temperatur kamar.
- c. Percobaan lengkung panas, dimana tujuannya adalah sampai berapa jauh terjadinya perubahan bentuk pada batang logam sewaktu dilakukan percobaan lengkung pada batang logam dalam keadaan panas.

Adapun mengenai ukuran atau bentuk dari logam percobaan dapat diambil ukuran lebar minimum adalah sama dengan tebal batang percobaan dan lebar maksimum adalah 4 kali tebal batang percobaan dan menurut ketentuan



Tabel 1 - 6 . UKURAN BATANG PERCOBAAN BULAT



TABEL 1-6. UKURAN BATANG PERCOBAAN BULAT

DIAMETER (d)	PANJANG BATANG (L)	JARAK TUMPUAN (L)
10 mm	220 mm	200 mm
20 mm	450 mm	400 mm
30 mm	660 mm	600 mm

Lebar atau tebal batang percobaan tidak boleh melebihi 30 mm. Dan ukuran panjang dari batang percobaan dapat dihitung berdasarkan rumus di bawah ini :

$$L = 3a + b + 40 + d$$

Keterangan :

- L = Panjang batang percobaan dalam .....mm
  - a = Tebal batang percobaan dalam .....mm
  - b = Lebar batang percobaan dalam .....mm
  - d = Diameter tumpuan rol dalam .....mm
- dan biasanya diambil diameter rol adalah 50 mm.

Pada bentuk batang percobaan yang berbentuk bulat yang terdiri dari baja beton disesuaikan dengan bentuk aslinya (tanpa dikerjakan terlebih dahulu), sedangkan batang percobaan yang terlebih dahulu dikerjakan ha-

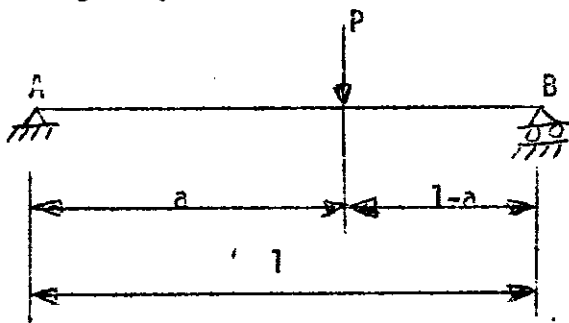
harus dibuat sehalus mungkin, dimana pengerjaan menurut panjang batang dan sudut-sudutnya harus dibulatkan. Ukuran-ukuran dan batang percobaan bulat dan ukuran jarak tumpuan rolnya tergantung dari pada diameter batang percobaan (lihat tabel 1 - 6). Batang percobaan yang terlebih dahulu dikerjakan harus dibuat sehalus mungkin, dimana pekerjaan menurut panjang batang dan sudut-sudutnya harus dibulatkan. Ukuran-ukuran dari batang percobaan dan ukuran jarak tumpuan tergantung dari pada diameter batang percobaan (lihat tabel 1-6)

Pada batang percobaan bulat yang mempunyai diameter 20 mm dan 30 mm dapat dikerjakan terlebih dahulu atau belakangan dikerjakan, tetapi batang percobaan dengan ukuran 10 mm harus terlebih dahulu dikerjakan.

Untuk mengetahui besarnya tegangan lengkung adalah momen lengkung yang terbesar sewaktu beban patah terjadi pada logam percobaan dibagi dengan momen tahanannya ( $W$ ) atau dapat diperhitungkan dengan rumus dibawah ini :

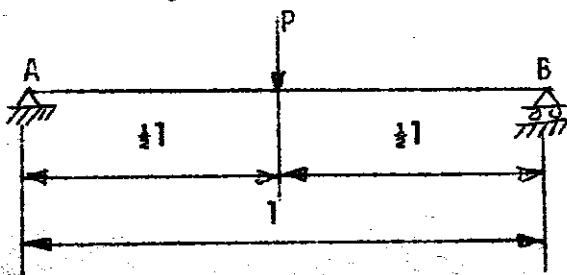
$$\begin{aligned} \sigma_b &= \frac{M_{1k}}{W_b} & M_{1k} &= \frac{1}{2} P.L \\ W_b &= \frac{\pi}{32} d^3 \\ &= \frac{\frac{1}{2} P.L}{\frac{\pi}{32} d^3} \\ \sigma_b &= 2,55 \frac{P.L}{d^3} \end{aligned}$$

dan dalamnya pelenturan (deflection) yang terjadi pada batang percobaan dapat dihitung dengan rumus dibawah ini :

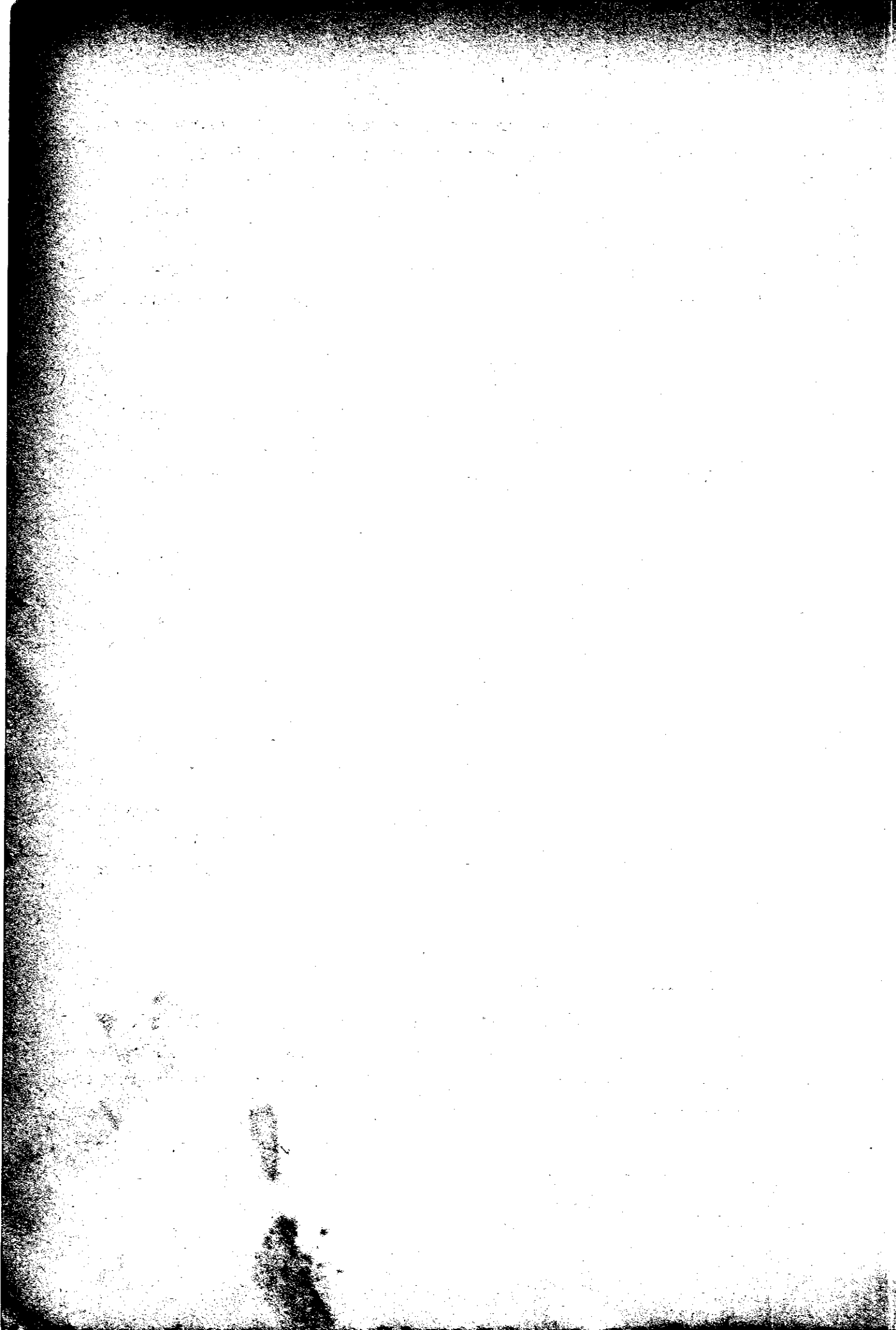


$$f = \frac{P \cdot a^2 (l - a)^2}{3 \cdot E \cdot I \cdot l}$$

Apabila pelenturan terjadi pada tengah-tengah batang logam dapat diberi pelentukannya (berdasarkan rumus ilmu daya) dengan rumus sebagai berikut



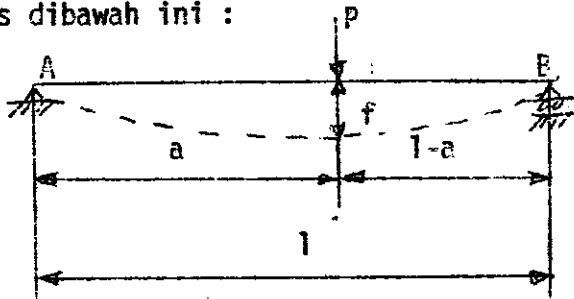
$$f = \frac{P \times l^3 \times l^3}{48 E \cdot I}$$



Untuk Rumus diatas sewaktu memakai batang logam yang berpenampang bu-  
lat dapat dihitung momen lembam batang dengan rumus dibawah ini :

$$I = \frac{\pi}{64} d^4$$

dan apabila beban diberikan pada bagian pinggir dari pada batang logam maka  
pelenturan (deflection) yang terjadi pada batang percobaan dan dihitung dengan  
rumus dibawah ini :



$$f = \frac{P \cdot a^2 (1 - a)^2}{3 \cdot E \cdot I \cdot l}$$

Keterangan :

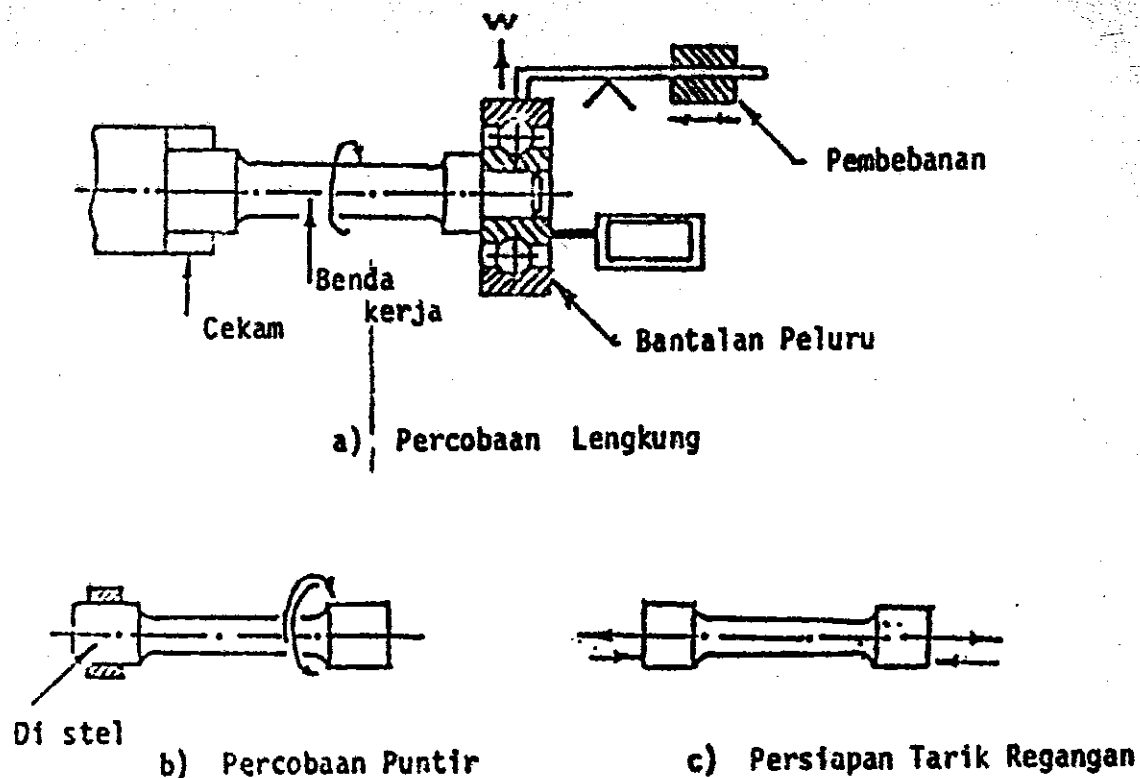
- $b$  = Tegangan patah dalam .....kg/mm<sup>2</sup>
- $W_b$  = Westand (tahanan) momen dalam .....mm<sup>2</sup>
- $M_k$  = Momen lengkung dalam .....kg/mm
- $f$  = Pelenturan (defle tion) dalam .....mm
- $P$  = Beban lengkung dalam .....kg
- $E$  = Modulus kenyal (elastisitet) dalam .....kg/mm<sup>2</sup>
- $I$  = Momen inertia (lembam) dalam .....mm
- $l$  = Panjang batang logam dalam .....mm

2. Suatu batang percobaan mempunyai panjang 400 mm, diameter 15 mm dengan be-  
ban yang bekerja pada batang 3000 kg yang terletak 250 mm dari titik tumpu-  
an B dan modulus kenyal batang  $2 \cdot 10^6$  kg/mm<sup>2</sup> , maka diminta menghitung pelen-  
turan yang terjadi pada batang percobaan.

### 2.5. Pemeriksaan Percobaan Lelah

Pemeriksaan percobaan lelah adalah pemeriksaan yang dilakukan pada  
batang logam untuk menentukan lamanya sebuah bahan dapat menahan perubahan te-  
ngangan seperti : beban putar yang berganti-ganti (torsii) yang terjadi pada ba-  
tang logam dan sebagainya.

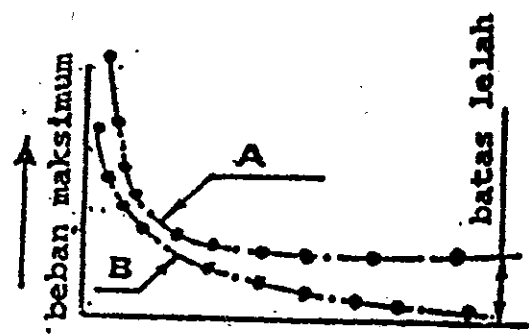
Berdasarkan beban yang bekerja pada batang logam, maka beban terjadi  
dari beban lengkung atau beban lengkung yang berputar, beban puntir (torsii)  
dan beban tegang atau beban regangan.



Gambar 1-19 PELAKSANAAN PERCOBAAN LELAH

Tegangan lelah amat sering dijumpai dalam peralatan-peralatan mesin-mesin yang berputar seperti : bagian-bagian poros utama yang berputar, batang penggerak, roda-roda gigi, poros engkol sebuah motor, bagian-bagian pesawat terbang yang berputar dan sebagainya. Oleh karena itu bagian-bagian mesin yang berputar sangat penting diuji dengan percobaan lelah untuk mengetahui lamanya tahan suatu bagian peralatan mesin yang berputar pada beban yang berganti-ganti atau bertukar-tukar. Cara-cara pemeriksaan lelah yang terjadi pada suatu peralatan mesin yang berputar dapat dilakukan dengan cara : pemeriksaan lengkung Wohler, pemeriksaan puntir dan pemeriksaan regangan (lihat gambar 1-19).

Pertama sekali yang mempelajari (mengadakan percobaan) tentang bahan lelah yang terjadi pada batang logam adalah Wohler. Percobaan dilakukannya pada batang percobaan logam adalah dengan jalan menjepit salah satu ujung batang logam percobaan dengan pelat cekam atau (chuck) mesin bubut dan bagian ujung yang lainnya dibebani oleh suatu bobot yang dihubungkan dengan perantara bantalan peluru atau lapisan peluru. Tumpuan diputar oleh sebuah elektro motor yang kecepatan tidak boleh melebihi 10.000 putaran permenit, sehingga batang percobaan akan ikut berputar yang mengakibatkan pada batang percobaan akan terjadi lengkungan sejati yang sama dengan beban yang diberikan,



Gambar 1-20. DIAGRAM PERCOBAAN LELAH

apabila batang percobaan patah. Pada batang percobaan yang mendapat perputaran sampai kesekian kalinya (dalam jumlah yang banyak) tidak mengalami patah, maka batang percobaan tidak akan patah atau tahan terhadap jumlah perputaran yang banyak.

Batang percobaan yang mendapat beban yang berganti-ganti atau bertukar-tukar sampai dalam jumlah maksimum, maka dapat dihitung tegangan rata-rata yang terjadi pada batang percobaan dengan rumus di bawah ini :

$$r = \frac{\text{maks} + \text{min}}{2}$$

Keterangan :

- r = Tegangan rata-rata yang terjadi pada batang percobaan dalam ..... kg/cm<sup>2</sup>
- maks = Tegangan maksimum yang terjadi pada batang percobaan selama percobaan berlangsung dalam ..... kg/cm<sup>2</sup>
- min = Tegangan minimum yang terjadi pada batang percobaan sewaktu percobaan berlangsung dalam ..... kg/cm<sup>2</sup>

Pada batang percobaan akan dapat diketahui melalui diagram beberapa perubahan pada batang percobaan sampai batang patah lelah setelah terjadi beberapa putaran, walaupun dilakukan dengan beban rendah (lihat Gambar 1-20). Pada diagram dapat diketahui bahwa batang percobaan tidak akan patah walaupun telah mendapat putaran ke 10<sup>7</sup> yang berarti bahwa batang percobaan tidak akan patah pada jumlah pergantian (beban yang bertukar-tukar) beban yang berkali-kali. Juga makin kecil tegangan yang bekerja pada batang percobaan makin banyak jumlah putaran yang digunakan untuk mematahkan batang percobaan.

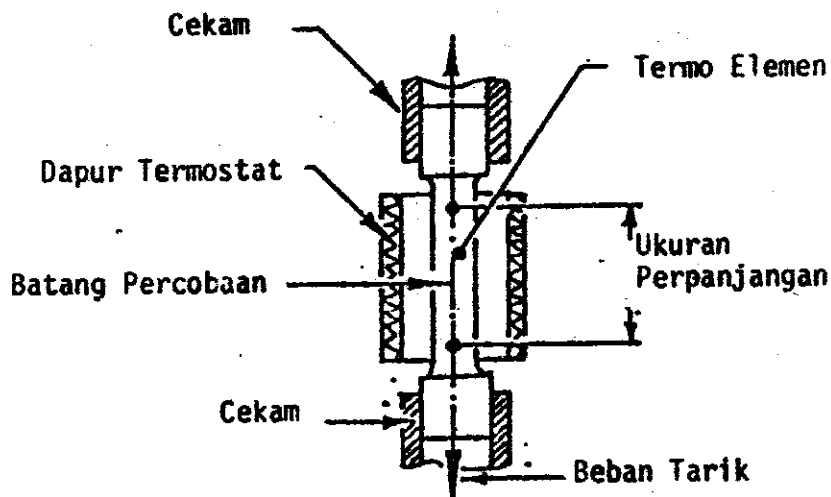
Percobaan-percobaan lelah yang terjadi pada suatu batang logam sangat penting untuk diselidiki karena tegangan-tegangan atau beban-beban yang terjadi pada suatu peralatan mesin yang berputar tidak akan sesuai apabila diselidiki dengan percobaan tarik disebabkan peralatan mesin-mesin yang berputar sering kali terjadi beban (tegangan) yang berganti-ganti.

## 2.6. Pemeriksaan percobaan rangkax (creep)

Suatu logam yang dibebani dalam waktu yang lama, berangsur-angsur akan berubah bentuk yang berlangsung secara perlahan-lahan. Pemeriksaan batang logam terhadap perubahan bentuk (misalnya : penambahan panjang) yang berlangsung dalam peraturan tinggi dapat dilakukan dengan kekuatan tarik dengan menggunakan mesin tarik, tetapi hasil yang diperoleh tergantung dari kecepatan percobaan yang dilakukan. Sewaktu dilakukan percobaan tarik pada batang logam akan terjadi pecahan (lumer) pada batang logam yang terjadi dibawah tangan hancur (ultimate tensile strength) dalam waktu yang pendek (singkat) dan secara berangsur-angsur akan terjadi penambahan panjang yang makin lama makin bertambah panjang dibawah beban (tekanan) tetap dalam waktu selama percobaan berlangsung dan setelah beberapa waktu lamanya percobaan akan menimbulkan patahan pada batang logam percobaan. Terjadinya perubahan bentuk (penambahan panjang) pada batang logam tergantung pada tegangan dan temperatur yang dipergunakan pada waktu percobaan berlangsung dan perubahan bentuk yang terjadi pada batang logam secara berangsur-angsur disebut dengan proses perangkaan (creep) pada batang logam.

Perangkaan atau perubahan bentuk plastis (creep) yang terjadi pada batang logam baja secara terus menerus dalam waktu tertentu sampai batang logam patah adalah terjadi pada temperatur tinggi (diatas temperatur  $500^{\circ}\text{C}$ ) tetapi pada beberapa logam lain misalnya ; timah hitam campur, timah campuran, seng campuran dan sebagainya adalah terjadi perangkaan pada temperatur kamar dan sebagainya dapat terjadi pada temperatur tinggi dan temperatur kamar.

Percobaan rangkax yang dilakukan pada batang logam dengan mempergunakan sebuah pesawat/mesin rangkax adalah dilakukan dengan mempergunakan tegangan (regangan) yang rendah dalam temperatur yang tinggi dengan lama waktunya yang berbeda-beda. Salah satu pemeriksaan tegangan rangkax yang terjadi pada batang logam diperiksa dengan mempergunakan suatu alat yang sederhana, dimana pada alat ini ditempatkan batang logam percobaan dan ditarik dengan beban ta-

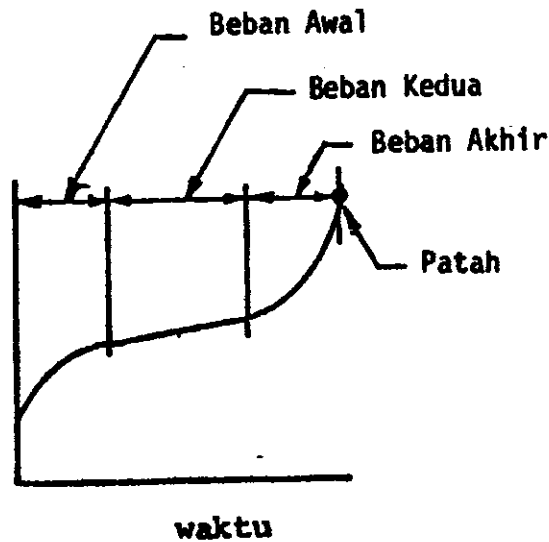


Gambar 1-21. PERCOBAAN RANGKAK

rik (tegang) sehingga pada batang percobaan terjadi perubahan bentuk. Alat ini dilengkapi dengan alat pengikat yang gunanya untuk mengikat batang logam percobaan, termo elemen (thermo couple) yang gunanya untuk menjaga temperatur sewaktu percobaan berlangsung dan mikroskop mikrometer yang gunanya untuk mengukur ragangan rangkak yang terjadi pada batang logam percobaan (lihat gambar 1-21).

Pada waktu percobaan berlangsung pada batang logam bekerja tekanan (beban) yang berbeda dan setiap beban yang bekerja harus diperiksa ragangan rangkak yang terjadi pada batang logam, dimana hasil pembacaan ragangan rangkak harus dicatat setiap periode 100, 1000, 10.000 dan 100.000 jam berlangsungnya percobaan. Berdasarkan diagram dapat diketahui bahwa tidak akan dilewati penyusutan 1% pada batang logam dalam periode pemakaian 100.000 jam, sehingga untuk logam-logam yang dipergunakan dalam dapur api yang mempunyai temperatur yang tinggi harus diganti setelah digunakan 10.000 jam. Juga logam baja yang mempunyai temperatur diatas  $500^{\circ}\text{C}$ , apabila dipergunakan sebagai konstruksi tidak dibenarkan kekuatannya berdasarkan batas lembar (batas renggang) 0,02 % tetapi harus dipertimbangkan terjadinya perangkaian bahan pada baja konstruksi tersebut karena kalau tidak hal ini dapat membahayakan konstruksi baja tersebut pada beban (tekanan) yang lebih





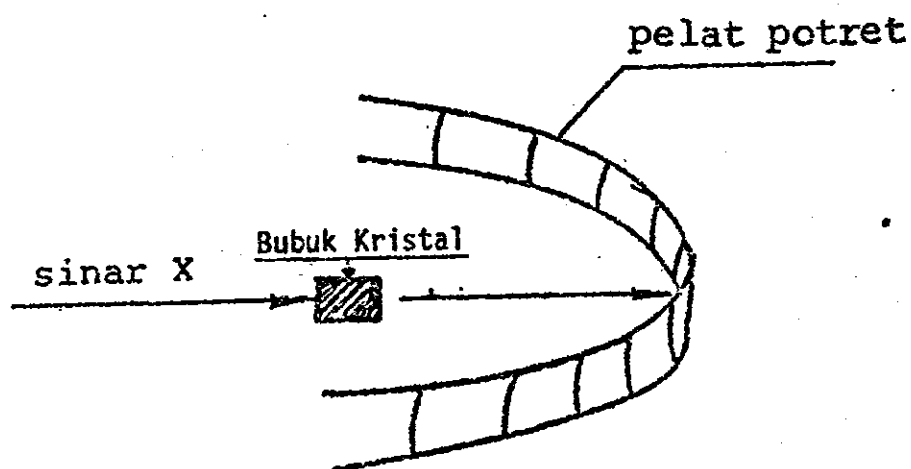
Gambar 1 - 22. DIAGRAM PERIODE PERCOBAAN

rendah sewaktu dipergunakan.

Berdasarkan uraian diatas tentang perangkaian yang terjadi pada bahan-bahan logam apabila dilakukan pemeriksaannya dengan alat yang sederhana adalah memerlukan waktu yang cukup lama. Oleh karena itu untuk memeriksa perangkaian yang terjadi pada bahan-bahan logam secara tepat dipergunakan mesin rangkai yang bekerja secara otomatis, dimana pencatatan waktu rangkai yang terjadi terus menerus pada bahan logam dicatat secara otomatis.

Perangkaian yang terjadi pada bahan-bahan logam berlangsung dalam tiga tingkat (periode) setelah tekanan awal diberikan, dimana pada periode perangkaian pertama dibawah 24 jam dibebani tidak terjadi perangkaian sampai mencapai batas periode perangkaian kedua. Pada periode perangkaian kedua dibebani akan terjadi perangkaian pada bahan logam sebesar 0,001 % setiap jamnya dan seterusnya pada perangkaian periode ketiga 45 jam setelah percobaan dimulai akan terjadi kenaikan dari pada perangkaian sebesar 0,2 % dari panjang ukuran bahan logam percobaan sampai akhirnya bahan logam percobaan patah (lihat gambar 1-22).

Perlu diketahui bahwa pada periode rangkai kedua berlangsung dalam waktu yang cukup lama dan berlangsungnya perangkaian terjadi secara tiba-tiba yang menyebabkan terjadinya kenaikan nilai rangkai. Oleh karena itu hasil



Gbr. 1 - 27. SISTEM PENYINARAN  
DENGAN SERBUK KRISTAL

bah menjadi panas yang menghasilkan tegangan 400 kilovolt (KV) dan sebagian kecil sekitar 1% - 3% berubah menjadi sinar rontgen (lihat tabel 1 - 6).

TABEL 1 - 6 KEBUTUHAN EBERSI SESUAI  
DENGAN TABEL BAJA.

TABEL BAJA (MM)	ENERGI (VOLTASE)
40	200 KV
70	300 KV
100	400 KV
125	1 MeV
200	2 MeV
350	31 MeV

Dalam Industri radiografik bahwa sinar-sinar gamma dapat dipancarkan terus menerus dari beberapa bahan radiasi dan sumber sinar gamma (X) diperoleh dari isotop yang dibuat dari bahan iridium, kobalt, kalsium atau tulium (lihat tabel 1-7). Silinder isotop mempunyai ukuran  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$  mm sampai dengan 6 x 6 mm yang dibungkus dengan baja tahan karat (HSS).

Tabel 1-7. PENGGUNAAN ISOTOP DALAM INDUSTRI RADIOGRAFIK.

ISOTOP	OUTPUT R/JAM Ci PADA 1 M	WAKTU	TEBAL MAKSIMUM DARI BAJA ..... MM
Talium 170	0,0025	125 hari	2,5 - 12
Iridium 192	0,48	74,4 hari	12 - 60
Kalsium 134	0,89	30 tahun	50 - 100
Kalsium 137	0,33	30 tahun	50 - 100
Kobalt 60	1,35	5 - 26 tahun	50 - 200

Sifat-sifat dari pada sinar-X atau sinar gamma yang terpenting dalam radiografik adalah :

- Sinar-X dapat merembes pada seluruh zat tergantung atas ketebalan dan kepadatan bahan logam.
- Sinar-X bergerak dalam garis tegak lurus dengan kecepatan sinar  $3 \times 10^9$  m/dt
- Sinar-X mengakibatkan pembuatan (emulsa) fotografik
- Sinar-X menyebabkan terjadi zat kimia tertentu dalam fluoresensi.
- Sinar-X dapat terurai menjadi ion (ionisasi) gas

#### a. Film Dan Layar Sinar-X

Film sinar-X yang digunakan terdiri dari selulos asam cuka (asetat) yang dasarnya dibungkus dengan emulsi halit perak, dan biasanya emulsi terdapat pada salah satu sisi dasarnya, yang mana dalam prosesnya dapat mengurangi percahayaan. Penentuan jarak dari film sinar-X adalah menentukan kecepatan dari film yang berbutir kasar dan kelambatan dari ultra film yang berbutir halus.

Film sinar-X adalah ditempatkan dalam kaset (tabung film) diantara sepasang layar intensitas. Layar fluoresensi terdiri dari karton yang dibungkus

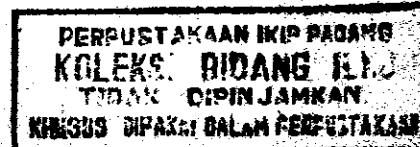
dengan layar fluoresensi yang tipis untuk membangkitkan sinar-X seperti permukaan kalsium wolfram. Layar fluoresensi mempunyai beberapa tingkat perbedaan disesuaikan menurut ukurannya, tetapi jaringan layarnya dapat mengakibatkan pengurangan penyinaran beberapa ratus kali dan hal itu dapat diatasi dengan kehilangan beberapa resolusi.

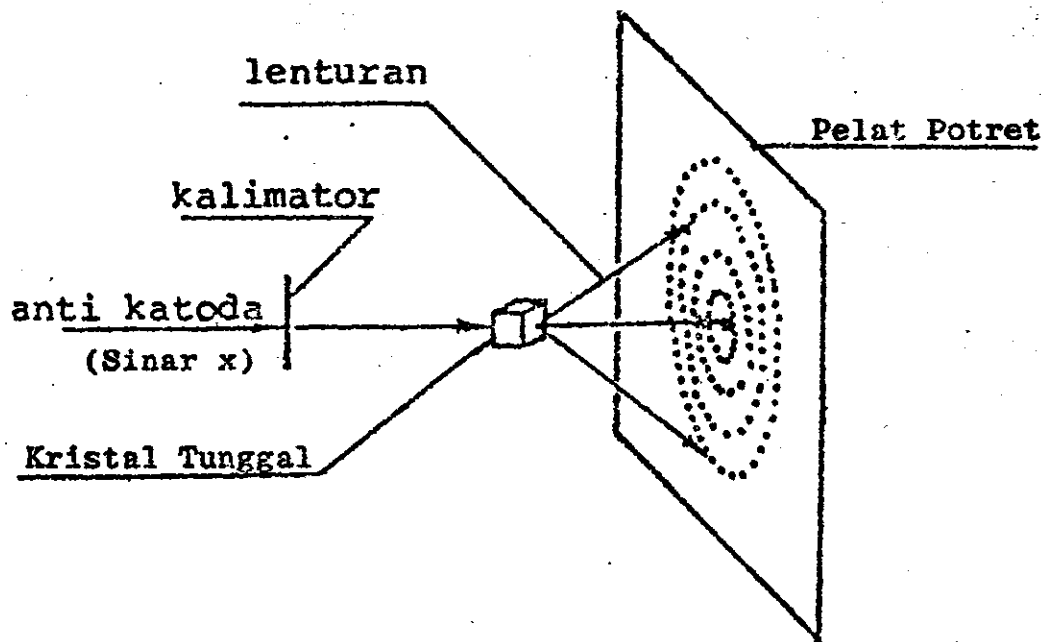
Layar timah yang tebalnya sekitar 0,1 mm digunakan untuk tegangan yang lebih dari 120 KV, dan penggunaan layar ini dapat mengurangi penyinaran antara 2 - 4 kali, tetapi dapat mempertinggi kualitas radiografik karena timah dapat menyerap radiasi lunak yang terpencah-pencar. Juga dapat digunakan layar tembaga untuk spesial energi yang mempunyai tegangan tinggi. Suatu radiografik adalah dihasilkan dengan radiasi cahaya melalui bahan percobaan yang ditempatkan diatas film pada sisi yang berhadapan.

#### b. Pelaksanaan Pemeriksaan

Pada waktu sinar rontgen keluar dari anto katoda, akan menyinari sebuah tabir yang dilapisi dengan asam barium platina yang akan memancarkan cahaya sewaktu zat-zat tersebut disinari oleh sinar rontgen. Oleh karena sinar-sinar rontgen yang disinarkan pada tabir tembus terlebih dahulu menyinari logam percobaan, maka sinar yang keluar dari tabir tembus sudah berkurang kekuatan, sehingga pada tabir tembus akan dapat dilihat bayangan dari logam percobaan yang diselidiki, dimana logam percobaan yang tidak rata (retak, keropos dan sebagainya) akan dapat dilihat bayangannya pada tabir tembus yang menyerupai bayangan yang agak gelap atau terang. Pemeriksaan logam dengan cara ini hanya dipergunakan untuk menyelidiki benda-benda logam secara besar-besaran atau dalam jumlah yang banyak, sehingga pemeriksaan logam dengan cara ini tidak dapat didokumentasikan hasilnya.

Pemeriksaan logam dengan sistem sinar-X (rontgen) yang dapat didokumentasikan dipergunakan pilet rontgen yang diletakkan diantara dua buah tabir penguat dan selanjutnya dimasukkan kedalam sebuah tabung yang tidak dapat dimasukkan udara. Kemudian tabung tempat pilet tersebut diletakkan dibawah benda logam yang diselidiki. Pada waktu sinar rontgen keluar dari sinar katoda langsung menyinari kolimator dan selanjutnya menyinari benda logam percobaan yang akan menimbulkan bayangan-bayangan lenturan pada pelot potret. Kemudian bayangan-bayangan lenturan yang timbul tersebut dipotret oleh pilet, sehingga akan dapat dilihat keadaan logam percobaan pada pilet yang dihasilkan (lihat gambar 1-28).





Gambar i - 28. PEMOTRETAN SINAR-X

Untuk mengetahui keadaan logam-logam yang dihasilkan sampai pada bagian yang sekecil-kecilnya tergantung dari pada prosentase sifat, susunan dan besar atau kecilnya kesalahan terhadap seluruh bahagian yang distinari tembus.

### c. Pencegahan Radiasi

Pencegahan radiasi dapat dilakukan dengan didasarkan pada jarak, perlindungan dan waktu penyinaran. Penyinaran radiasi dapat diukur dengan terjadinya suatu akibat pada biologis dan radiasi ionisasi dapat memberikan akibat yang sama dengan 1 kali rontgen sinar-X. Pada dasarnya masyarakat umum (manusia biasa) dapat menerima output maksimum adalah 0,75 meter penyinaran per jam yang pukul rata diatas 1 menit dan golongan pekerjaanya sekitar 2,5 meter penyinaran per jam. Jarak perlindungan dari sinar gamma dengan penurunan output 0,75 m sinar per jam adalah dapat dihitung dengan rumus persamaan :

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{(d_2)^2}{(d_1)^2}$$

dimana :  $I_1$  = Aktiviti penyinaran pada jarak  $d_1$  meter.

$I_2$  = Aktiviti penyinaran pada jarak  $d_2$  meter.

Contoh untuk menghitung jarak perlindungan isotop dari iridium 192, penyinaran aktif 5 dengan jarak penurunan penyinaran 0,75 meter penyinaran per jam, maka diperoleh :

$$\frac{(d_2)^2}{(d_1)^2} = \frac{I_1}{I_2}$$

$$\frac{(d_2)^2}{1^2} = \frac{0,48 \times 5 \times 1000}{0,75}$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{0,48 \times 5 \times 1000}{0,75}} = 56,46 \text{ meter}$$

Pada umumnya efisiensi pengamanan adalah dengan menyalurkan radiasi melalui sebuah batang logam dalam arah titik vertikal kedalam tanah. Perlindungan dari radiasi dapat digunakan bahan logam yang tebal seperti baja, timah dan bahan yang kurang tebal seperti tembok, beton atau dapat juga dengan tenaga untuk menolak radiasi uranium tetapi bentuk yang lebih efektif dan ekonomis dalam perlindungan diri dapat digunakan batas jarak.

#### 3.4. Pemeriksaan Ultrasonik

Pemeriksaan ultrasonik adalah menggunakan gelombang-gelombang bunyi (suara) dengan frekwensi pada jarak yang dapat didengar sekitar 20 - 100 KHZ atau melampaui kecepatan suara sekitar 10.000 priode tiap detik, walaupun pada umumnya frekwensi yang digunakan banyak sekitar 0,5 - 10 MHz.

Pemeriksaan dengan cara ini telah lama dilakukan untuk memeriksa logam dengan cara yang sederhana dengan jalan memukul bahan logam yang diselidiki dengan menggunakan sebuah martil. Pemukulan bahan logam ini akan mengeluarkan suara yang dapat menentukan kerusakan-kerusakan yang terjadi didalam bahan logam, karena pengaruh peredam suara yang ditimbulkannya sewaktu dilakukan pemukulan bahan logam. Pemeriksaan dengan sistem ini adalah digunakan untuk menyelidiki sambungan-sambungan las, dimana bagian yang dilas dipukul dengan martil. Kemudian suara yang timbul karena pukulan tersebut didengar dengan stetoskop, dimana apabila suaranya nyaring menunjukkan sambungan lasnya

yang dicapai pada periode rangkai kedua harus diperhitungkan karena pada periode ini biasanya terjadi titik kritis (laerah berbahaya) dari pada bahan-bahan logam apabila dipergunakan pada temperatur yang tinggi.

Berdasarkan uraian tentang perangkaan diatas maka dapat disimpulkan bahwa pemeriksaan rangkai adalah sangat penting dilakukan pada bahan-bahan logam sebagai contoh : bahan logam yang digunakan untuk membuat sudu-sudu (balin-balin) turbin gas, dimana sudu-sudu tersebut harus tahan (memberi perlawanan) terhadap rangkai karena sudu-sudu turbin gas bekerja dalam temperatur yang tinggi dan mempunyai kecepatan perputaran permenit yang tinggi dapat menghasilkan perangkaan pada bahan logamnya yang dapat mengakibatkan penurunan efisiensi engine (mesin).

### 3. Pemeriksaan Tidak Merusak

Pemeriksaan tidak merusak (non destructive test) adalah suatu pemeriksaan yang dilakukan pada logam percobaan dengan jalan tidak merusaknya. Pemeriksaan ini bertujuan untuk menyelidiki dan menganalisa setiap kerusakan atau meramalkan kekuatan dan penggunaan peralatan logam. Kemungkinan kerusakan dapat terjadi didalam logam sejak (sifat bawaan) atau terjadi selama pemasangan mesin secara komplit. Oleh karena itu, teknik pemeriksaan ini adalah suatu hal yang terpenting didalam suatu industri yang berguna untuk mencegah kerusakan peralatan dan menjaga keselamatan pekerjaan. Juga dengan pertolongan teknik pemeriksaan ini, memungkinkan untuk meramalkan lamanya pemakaian suatu mesin dengan mengetahui kondisi sebenarnya pada bagian dalam peralatan.

Pemeriksaan ini memungkinkan untuk memeriksa persediaan bahan-bahan logam yang dipergunakan membuat peralatan, pemeriksaan selama pembuatan peralatan dan pengerjaan pembuatan peralatan mesin dan terakhir pengecekan secara reguler selama mesin bekerja. Juga pemeriksaan ini dianggap penting dilakukan dalam ilmu logam adaptif karena untuk mengetahui sifat-sifat logam atau logam-campur untuk mengetahui strukturnya, sehingga dengan diketahui strukturnya maka logam atau logam campuran dapat dirobah atau disesuaikan sifat-sifatnya yang dikehendaki, sesuai dengan kebutuhan. Pemeriksaan ini berguna untuk : Pemeriksaan Standard Logam.

Pada umumnya pemeriksaan logam dengan jalan tidak merusak adalah berhubungan dengan spesifikasi yang dikehendaki dalam pemeliharaan dan pemakaian. Teknik pemeliharaan yang sudah berpengalaman dengan mudah dapat menemukan setiap kerusakan dengan cepat adalah suatu langkah pemeliharaan yang luar biasa.

Pemeliharaan yang subjektif adalah tidak selalu diterima, sehingga dipergunakan standard pemeriksaan LEO yang telah mempunyai standard dalam memecahkan problem kerusakan sebagai faktor pengendali.

Standard pemeriksaan LEO dapat diartikan sebagai berikut :

- L adalah yang berhubungan dengan masalah retak dan panjang retak kritis
- E adalah yang berhubungan dengan pertumbuhan retak yang diduga akan terjadi
- O adalah yang berhubungan dengan revisi dan pelaksanaan dari pada teknik pemeriksaan yang dipergunakan

#### b. Pemeriksaan bahan logam

Titik awal dari pada pengerjaan setiap komponen logam adalah pembentukan logam yang berupa logam tuangan atau batang logam. Selanjutnya dilakukan pemeriksaan tidak destruktif dengan prosedur pengerjaan dengan bermacam-macam cara yang gunanya untuk mengetahui cacat atau kerusakan pada logam karena kerusakan logam mengakibatkan produksi tidak memenuhi syarat dalam pemasangan peralatan yang terbuat dari logam serta dalam rangka penghematan biaya pengerjaan bahan logam. Disamping itu, pemeriksaan yang dilakukan terlebih dahulu pada logam akan dapat memproduksi peralatan logam dalam skala yang besar.

Biaya pemeriksaan yang dikeluarkan dalam diperoleh kembali dengan perbaikan teknik produksi dan mengurangi kerusakan bahan logam sewaktu dijadikan menjadi peralatan logam. Juga pemeriksaan ini dapat digunakan sebagai salah satu instrumen dalam rangka kualiti kontrol, misalnya dalam rangka memelihara standard logam atau 100 % standard yang telah ditetapkan dalam pemasangan logam atau pengerjaan logam.

#### c. Pemeriksaan dalam pemeliharaan peralatan

Suatu peralatan logam yang telah diproduksi dan digunakan sebagai peralatan mesin harus memenuhi tanda yang memuaskan. Oleh karena itu, pemeriksaan logam sangat penting dilakukan dan luas penggunaannya dalam rangka meyakinkan pemakai bahwa setiap kerusakan logam dapat menyebabkan kondisi pemakaian tidak akan memuaskan.

Pemeriksaan kemungkinan dapat berlangsung atau dilakukan selama periode pemakaian yang dapat membawa keuntungan karena kondisi dari pada komponen dapat di monitor tanpa menambah biaya operasional.

Pemeriksaan Visual

Dapat dilakukan dengan menggunakan alat bantu yang sederhana dan tidak memerlukan biaya yang mahal.



### 3.1. Pemeriksaan Visual

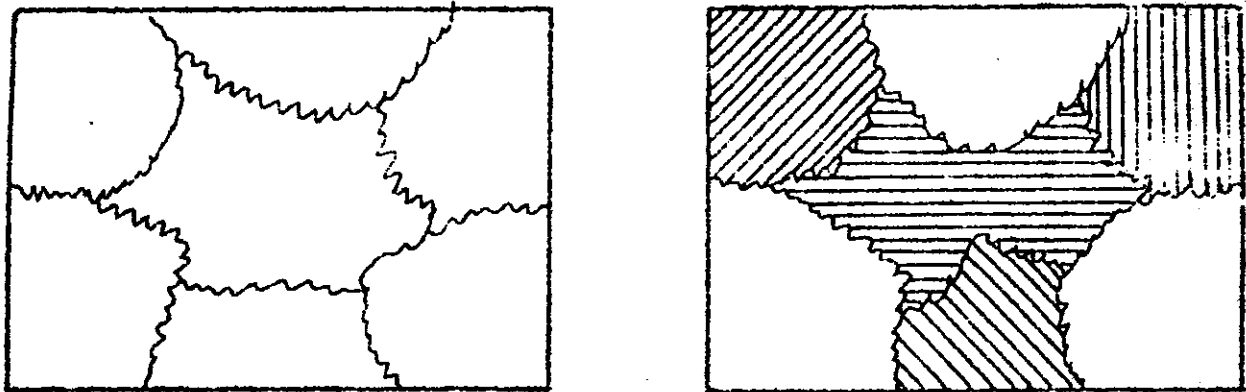
Pemeriksaan visual adalah suatu pemeriksaan yang dilakukan pada batang logam campur untuk mengetahui keretakan yang timbul pada permukaan logam campur, Juga hasil pemeriksaan dapat dilihat dengan mata tanpa menggunakan alat-alat pembantu atau apabila dipergunakan lensa pembesar hanya dengan pembesaran yang kecil.

Dalam pemeriksaan ini pertama sekali dilakukan dengan membersihkan batang percobaan logam campur dengan ukuran luas  $\pm 5$  cm dan tebalnya 5 cm. Setelah itu permukaan logam campur digosok atau dilapisi dengan bahan seperti; carborundum amiril atau aluminium hidrosida dan pelapisan ini dilakukan dengan pengerjaan tangan atau secara mekanis. Penggosokan ini harus dilakukan dengan cara yang ditentukan, sehingga tidak akan terjadi (mengakibatkan) perubahan-perubahan struktur dari pada kristal-kristal logam campur karena disebabkan panas yang berlebihan. Setelah beberapa lama pengujian akan nampak pada permukaan batang percobaan garis-garis yang menggambarkan struktur dari pada batang percobaan dan susunan struktur dari pada logam campur (batang percobaan).

Setelah dilakukan penggosokan pada permukaan batang percobaan tetapi belum menunjukkan atau menggambarkan garis-garis gambar struktur logam dengan jelas karena susunan kristalnya sangat homogen, maka permukaan logam percobaan dietsa yang dilakukan secara kimiawi dengan mempergunakan beberapa reagensia (zat kimia yang bereaksi), dimana permukaan logam percobaan diberi beberapa tetes reagensia dan setelah itu dibiarkan selama 10 menit atau 25 menit, sehingga memberi garis-garis gambar struktur dengan jelas. Tetapi apabila satu kali mengetsa belum menghasilkan garis gambar, maka dapat diulangi beberapa kali setelah menunggu beberapa waktu kemudian.

Hasil dari mengetsa bagian-bagian permukaan dari pada batang logam percobaan akan menimbulkan garis-garis gambar yang jelas (lihat gambar 1-23) Adapun bahan-bahan reagensia yang banyak dipergunakan adalah sebagai berikut :

- a. Larutan asam sulfat sekitar 5% - 10% yang akan menunjukkan adanya campuran belerang dalam besi campur dan terbentuknya bintik-bintik hitam pada pelat foto adalah menunjukkan terhadapnya campuran sulfur (S).
- b. Larutan asam chrom yang mengandung  $H_2O_2$  dengan prosentase yang sedang adalah untuk membuktikan adanya campuran tembaga (Cu) dalam logam campur.
- c. Larutan asam asetat adalah untuk membuktikan adanya campuran magnesium (Mg) dan campuran aluminium (Al) dalam logam campur.



Gambar 1 - 23 STRUKTUR LOGAM HASIL  
PEMERIKSAAN VISUAL

- d. Asam nitrat yang encer yang dapat dicampur dengan alkohol yang gunanya untuk menperlambat reaksi yang terjadi, sehingga akan dapat diperoleh gambaran yang kelas dan merata pada permukaan logam campur (batang percobaan). Larutan ini biasanya digunakan untuk mengetsa (menimbulkan garis-garis gambar struktur) logam-logam campur seperti ; baja, nikel, timah hitam (timbel) dan sebagainya.
- e. Asam pikrat (trinitro phenol) sekitar 5% - 6% dan dicampur dengan alkohol.
- f. Larutan pirogalol dalam prosentase yang medium (sedang) yang gunanya untuk membuktikan adanya ikatan-ikatan karbid besi. Juga untuk hal ini dapat dilakukan dengan natrium pikrat dengan prosentase yang medium (sedang) yang dipanasi  $\pm 100^{\circ}\text{C}$ .
- g. Larutan-larutan tersebut diatas dapat dikombinasikan (larutan kombinasi) digunakan untuk mengetsa bermacam-macam logam campur seperti campuran asam nitrat dengan asam asetat glasial yang digunakan untuk mengetsa logam campur nikel.

Disamping cara-cara mengetsa diatas dengan mempergunakan reagensia, juga dapat dilakukan mengetsa dengan cara yang lain yaitu dengan cara elektrolitis dengan mempergunakan kepekatan aliran listrik dari 0,1 - 0,01 Amper/cm<sup>2</sup>. Cara ini sangat dipengaruhi oleh temperatur (panas) dan konsentrasi larutan

dan caranya dengan menempatkan logam percobaan sebagai anoda dan sebagai katoda dipergunakan logam yang tidak mudah larut oleh temperatur misalnya platina, dimana setelah dialiri arus listrik akan menimbulkan garis-garis gambar yang menunjukkan struktur dari pada logam campur.

### 3.2. Pemeriksaan Mikroskop

Pemeriksaan bahan logam dengan mempergunakan mikroskop adalah untuk mengetahui keadaan batang logam yang dihasilkan dari pabrik besi atau baja, keadaan strukturnya, keadaan bahan logam setelah mengalami perlakuan panas (heat treatment), penyebab patahnya bahan logam dan sebagainya. Struktur-struktur bahan logam adakalanya demikian halusnyanya, sehingga tidak dapat dilihat dengan mata biasa. Oleh karena itu untuk melihat struktur logam yang demikian halus dipergunakan mikroskop yang dapat dilakukan pembesaran antara 50x sampai 480x dan adakalanya pembesaran dapat mencapai 1000x. Adapun pemeriksaan mikroskop ini dapat dilakukan dengan dua cara yaitu :

#### a. Pemeriksaan mikroskop sinar

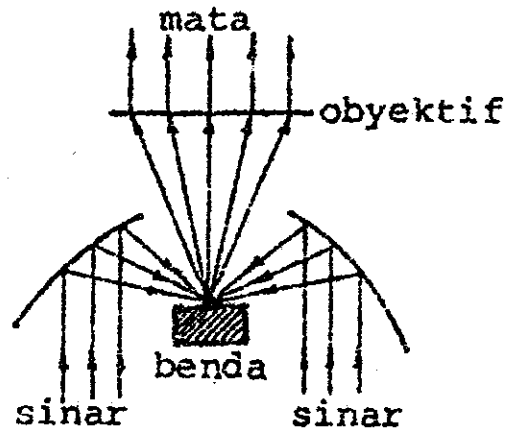
Pemeriksaan mikroskop sinar dilakukan dengan meletakkan batang logam percobaan dalam mikroskop setelah batang logam percobaan digosok dan dietsa kemudian dilakukan penyinaran pada batang logam percobaan dari samping dan hal ini dilakukan demikian karena cahaya tidak dapat menembus batang logam percobaan (lihat gambar 1 - 24).

Selanjutnya sinar-sinar cahaya yang menyinari batang percobaan memantulkan kembali melalui lensa objektif dan akan terpantulkan keluar yang akan menimbulkan gambaran-gambaran yang gelap yang menggambarkan garis-garis struktur dari pada batang logam percobaan (lihat gambar 1 - 25).

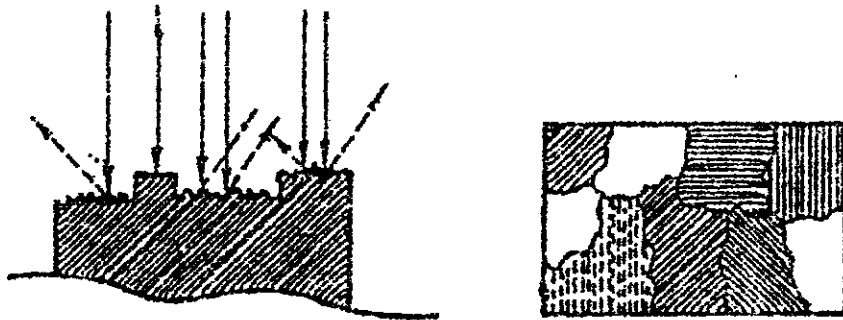
Penggunaan mikroskop dengan pembesaran 1000x adalah dilakukan penyinaran dengan penyinaran vertikal yang mempergunakan suatu plat kaca jajar datar atau mempergunakan prisma dan juga dipergunakan cahaya polarisasi untuk penyinaran dalam mikroskop (lihat gambar 1 - 26).

#### b. Pemeriksaan mikroskop elektron

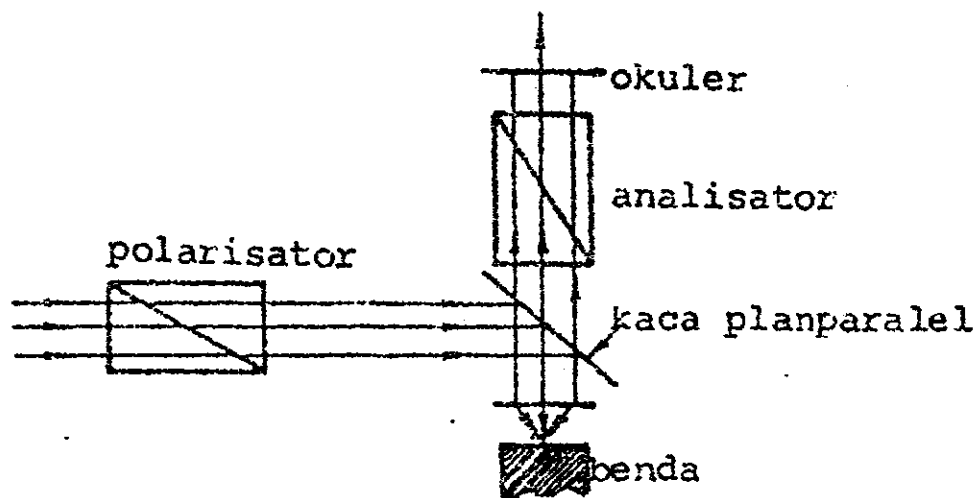
Pemeriksaan mikroskop elektron disebut juga pemeriksaan ultra mikroskop yang dapat mencapai pembesaran sampai 100.000x. Pemeriksaan elektron ini pertama sekali ditemukan oleh Devisson dan Germer pada tahun 1927, dimana mereka meneliti dan mengamati peristiwa terjadinya lenturan-lenturan sinar elektron yang dapat menembus kristal-kristal nikel dan menemukan spektrum-spektrum lentur.



Gambar 1-24. PENYINARAN MIKROSKOP.



Gambar 1-25. STRUKTUR LOGAM  
HASIL PENYINARAN MIKROSKOP.



Gambar 1-26. PENYINARAN MIKROSKOP  
PEMBESARAN 1000x

Kesimpulan yang dapat ditarik dari peristiwa-peristiwa yang terjadi tersebut adalah pada kelompok aliran-aliran elektron terdapat sifat-sifat gelombang seperti yang dimiliki sinar X atau sinar cahaya.

Pemeriksaan logam percobaan dengan cara mikroskop elektron adalah mem-  
pergunakan kawat pijar katode sebagai sumber sinar elektron. Pemancaran elek-  
tron yang timbul dipercepat alirannya oleh suatu medan listrik yang mempunyai  
tegangan tinggi antara 50 - 100 kilo-volt. Untuk menghindarkan terjadinya  
oberasi chromatis, maka medan listrik yang timbul distabilisir, sehingga di-  
dapat suatu pancaran elektron yang monochromatis.

Sistem lensa dalam mikroskop elektron terdiri dari medan-medan listrik  
dan medan-medan magnet, dimana lensa seperti ini terdiri dari suatu kumparan  
(spul) yang diberi aliran-aliran penguat untuk memperoleh medan-medan listrik  
atau medan-medan magnet.

Lensa pertama berfungsi sebagai kondensator dan kolimator yang gunanya untuk  
mengarahkan sinar-sinar elektron pada logam percobaan, sedangkan lensa kedua  
berfungsi sebagai lensa objektif. Selanjutnya sistem lensa berikutnya berfung-  
si sebagai lensa proyeksi, dimana bayang yang timbul tidak dapat langsung di-  
lihat dengan mata dan hanya dapat ditangkap dengan plat potret. Untuk menye-  
tel sinar-sinar elektron apabila penyinarannya tidak tepat pada benda logam  
percobaan adalah dengan merubah titik api lensanya tetapi tidak merubah ke-  
dudukan dari logam percobaan dan perubahan ini dilakukan dengan merubah ali-  
ran-aliran penguat.

Oleh karena sinar elektron tidak mempunyai daya tembus pada bahan logam,  
maka digunakan teknik cetak dengan mempergunakan Agcolodium atau polistyreen  
silica, dimana pertama sekali yang dilakukan adalah Ag dilapiskan atau dikon-  
densasikan pada permukaan bahan logam percobaan yang telah terlebih dahulu  
digosok dan tebalnya  $\pm 0,02$  mm atau tebalnya dapat diatur secara elektrolitis.  
Selanjutnya lapisan logam percobaan dipisahkan dan dimuat suatu cetakan po-  
sitif dengan colodium dan Ag dilarutkan kembali didalam larutan 2n asam nit-  
rat. Terakhir selaput colodium yang terjadi diletakkan dalam kasa halus dari  
200 mesh dan kemudian ditempatkan dalam mikroskop elektron untuk dibuat gam-  
bar fotonya, dimana hasil dari gambar foto ini akan menimbulkan keadaan struk-  
tur dari pada logam percobaan.

Sewaktu menggunakan mikroskop elektron yang harus diperhatikan adalah se-  
bagai berikut :

kemungkinan dapat menimbulkan efek-efek sekunder yang kurang baik, sehingga harus digunakan dalam keadaan vakum yang tinggi yang adakalanya sampai menapai  $10^{-5}$  mm.Hg. Juga adakalanya preparat kering, terutama apabila yang diselidiki adalah preparat-praparat organis, sehingga dengan adanya vakum yang tinggi timbulnya efek-efek sekunder dapat dihindarkan.

- 2). Oleh karena daya tembus sinar elektron adalah rendah maka sebaiknya dipilih preparat yang tipis.
- 3). Sewaktu sinar-sinar elektron disinarkan pada preparat maka akan terjadi perubahan enersi kinetis menjadi enersi panas, sehingga penyinaran dengan elektron menghasilkan temperatur yang panas. Oleh karena itu pemilihan preparat yang kering dan sebagainya sangat penting untuk diperhatikan.

### 3.3. Pemeriksaan Sinar Rongen (Radiografik)

Pada dewasa ini banyak dilakukan pemeriksaan bahan-bahan logam dengan sinar rontgen dan pemeriksaan ini dilakukan untuk menyelidiki sifat-sifat dan susunan kristal dari pada logam. Pada pemeriksaan sinar rontgen dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa sistem, yaitu :

- a. Sistem kristal tunggal, yaitu dengan menggunakan sinar-X dari berbagai jenis gelombang, hanya dilakukan untuk menginterpretasikan spektrum dan mengetahui kristal simetri.
- b. Sistem kristal berputar, yaitu kristal diputar pada sumbunya, dimana spektrum akan terdiri dari titik-titik defraksi yang letak susunannya teratur.
- c. Sistem penyerbukan, yaitu mengambil sejumlah serbuk logam, kemudian dimasukkan kedalam sebuah tabung gelas, seterusnya disinari dengan sinar-X. Oleh karena dalam serbuk logam terdapat sejumlah kristal-kristal maka akan terdapat bidang-bidang sejajar yang dapat melenturkan sinar-sinar-X, sehingga menghasilkan bayangan-bayangan lenturan (lihat gambar 1-27). Pada umumnya suatu logam telah diketahui bentuk spektrumnya, sehingga dengan menyamakan spektrum suatu logam dengan spektrum standard maka akan diketahui keadaan logam yang diselidiki.

Sinar Rontgen (x) adalah dihasilkan sewaktu elektron dari filamen (katoda) dipanaskan dalam tabung pelepas yang mempunyai tegangan tinggi. Sinar-sinar Elektron dalam tabung disinarkan pada suatu anti katoda dimana sebagian besar dari enersi kinetis sekitar 1 - 31 mega elektron (MeV) beru-

baik, sedangkan suara yang tidak nyering bunyinya menunjukkan sambungan lasnya salah, sehingga perlu diulang kembali pengelasannya.

Pemeriksaan ultrasonik adalah lebih fleksibel dibandingkan dengan seluruh teknik pemeriksaan lainnya dalam pemeriksaan secara tidak merusak (non destructive), sehingga karena itu pemeriksaan ini dapat disesuaikan dengan penggunaan pemeriksaan yang berbeda-beda.

#### a. Pemakaian Listrik Piezo dan Transduser.

Pada waktu pemeriksaan ultrasonik terjadi tegangan rendah yang bertukar-tukar dan bergetar pada frekuensi yang sama, maka dipergunakan kristal listrik Piezo, dimana kristal akan merubah getaran mekanik kedalam impuls (gerak) listrik. Apabila untuk media padat dipergunakan kristal ganda, maka gelombang suara ultrasonik ditransmisi melalui media sehingga mengakibatkan diperoleh listrik Piezo dalam kristal murni yang seperti kuarsa.

Beberapa kuarsa tetap digunakan sebagai kristal, tetapi pada saat sekarang kebanyakan kristal diproduksi secara sintetis seperti barium titum dan timah zirkonat. Pada setiap tebal kristal mempunyai frekuensi optimum yang ditandai dengan pengamatan transduser (alat deteksi untuk merubah monitor variasi tegangan didalam kotak kristal. Transduser memancarkan gelombang suara secara normal pada salah satu sudut permukaan benda kerja.

Pada satu sisi kristal listrik Piezo diberi lapisan perak, peredam yang mengandung epoksid damar dengan wolfram karbid dan diikatkan kedalam logam yang sesuai atau mengandung plastik.

Kristal biasanya dihubungkan dengan sepasang plastik yang mempunyai beberapa fungsi, yaitu sebagai penjagaan kristal yang dapat dibentuk spesial dalam penggunaan yang sesuai dan digunakan dalam bentuk pasak untuk produksi pemeriksaan sudut dan lainnya digunakan spesial plastik yang tahan temperatur tinggi untuk penjagaan kristal sewaktu digunakan memeriksa permukaan yang panas. Pemeriksaan kemungkinan digunakan yang mempunyai kristal tunggal yang digunakan untuk memancarkan dan menerima sebagai pengganti pulsa atau kristal ganda yang satu berlaku sebagai pemancar dan lainnya penerima gelombang.

#### b. Bentuk Gelombang

Pada pemeriksaan ultrasonik terdapat 3 modus dalam perambatan suara, yaitu menurut garis membujur (perambatan tekan), melintang (perambatan berpotongan) dan gelombang permukaan.

Secara umum, gelombang permukaan dapat dideteksi secara kontroversial dengan alat transduser ultrasonik, tetapi untuk maksud pemeriksaan adalah cukup dilakukan dengan gelombang permukaan.

Untuk gelombang membujur bahwa kecepatan perambatan ( $V_L$ ) yang berhubungan dengan konstante elastik dari pada bahan dapat dihitung dengan rumus di bawah ini :

$$V_L = \frac{E (1 - \nu)}{\rho (1 + \nu) (1 - 2\nu)} \quad \text{m/dt}$$

dan pemindahan gelombang dipakai rumus :

$$V_T = \frac{\sqrt{G}}{\rho} \quad \text{m/dt}$$

dimana :

- $E$  = Modulus Young's dalam  $\text{MN/m}^2$
- $G$  = Modulus gunting (kaku) dalam  $\text{MN/m}^2$
- $\nu$  = Ratio Poisson's dalam  $\text{MN/m}^2$
- $\rho$  = Kepekatan bahan dalam  $\text{kg/m}^3$

Berdasarkan kedua rumus diatas, maka diperoleh :

$$V_T = \sqrt{\frac{E \cdot 1}{\rho \cdot 2 (2 - \nu)}}$$

gelombang permukaan berpindah mendekati 0,9 dari kecepatan perpindahan gelombang. Untuk baja dan kebanyakan logam bahwa perpindahan gelombang adalah secara kasar setengah dari kecepatan gelombang memanjang (membujur).

### c. Metoda Pemeriksaan Ultrasonik

Metoda gema adalah dipakai untuk memeriksa benda kerja (benda yang diselidiki) yang sisinya paralel dengan menggunakan pembangkitan gelombang ultrasonik dengan suatu osilator variabel frekwensi yang distel sampai mendapatkan gelombang gema. Untuk mendapatkan gema tersebut dapat dipergunakan teknik audio atau tabung sinar katoda. Jadi tebal benda yang diselidiki (diperiksa) dapat dibaca keadaannya dengan membangkitkan frekwensi variabel yang sebelum di sesuaikan atau diketahui standardnya.



Metoda impuls gena adalah banyak digunakan, dimana impuls pendek dipancarkan sampai terjadi pemantulan pada permukaan yang paling ujung benda percobaan. Adapun kecepatan pulsa frekuensi sekitar 50 - 200 pulsa per detik. Cara ini kemungkinan kurang akurat penempatannya karena pemeriksaan hanya dilakukan pada satu sisi benda percobaan.

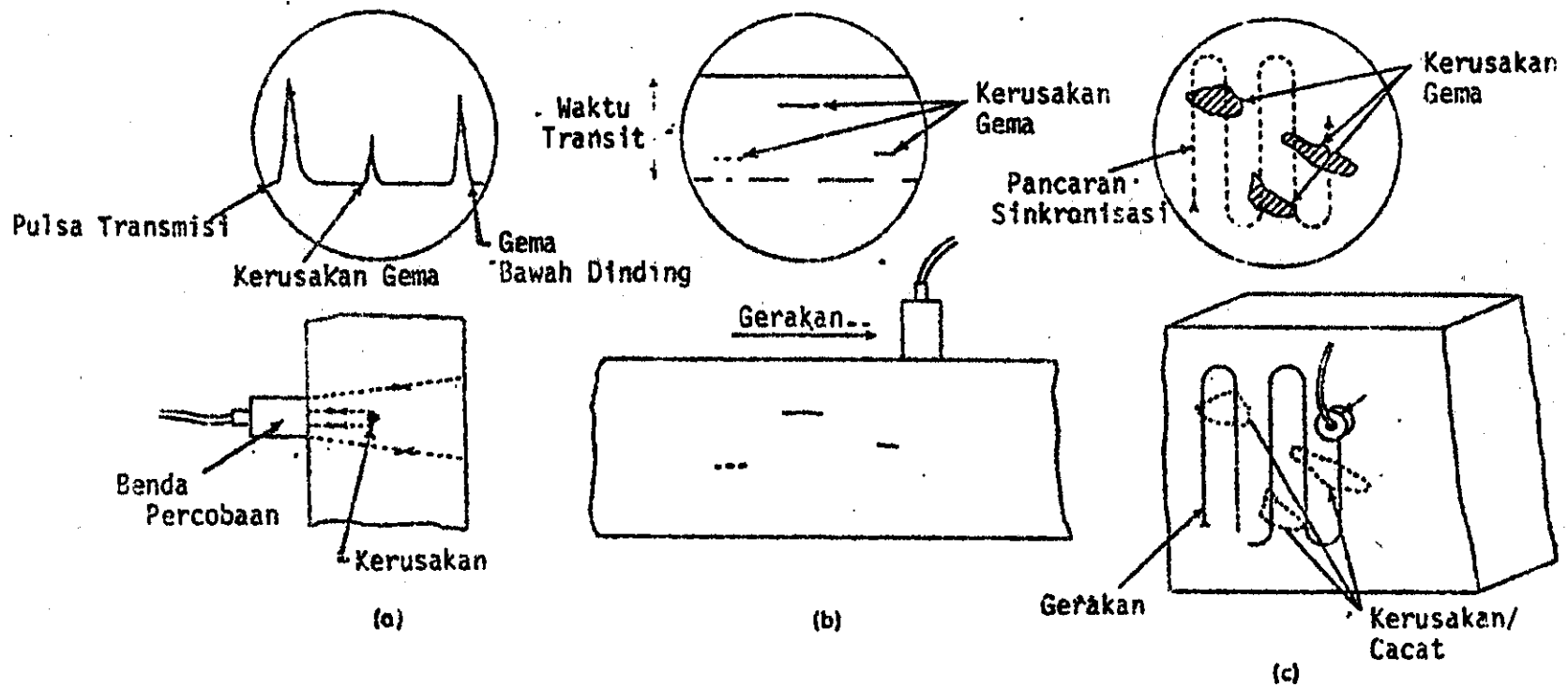
Dalam metoda transmisi bahwa pemeriksaan dipisahkan antara pemancar dan penerimaan yang ditempatkan pada sisi yang berhadapan dari benda yang diselidiki dan kemungkinan energi ultrasonik terjadi secara teratur atau terus-menerus. Benda percobaan dievaluasi dengan perbedaan amplitudo diantara transmisi dan signal penerima. Metoda ini adalah digunakan untuk memeriksa bahan-bahan yang amat kasar seperti benda beton.

#### d. Sinar Katoda

Jenis-jenis sinar katoda dapat dilihat pada gambar 1-29 yang dapat dijelaskan sebagai berikut :

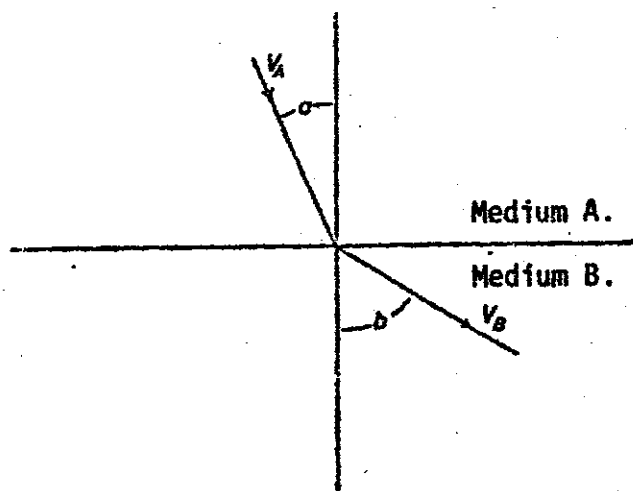
- 1). Pada pengamatan gambar 1 - 29 (a) bahwa mempunyai garis dasar horizontal (sb-x) diatas sinar katoda yang ditandai dengan waktu perpindahan dari kiri kekanan. Signal amplitudo ditandai dengan defleksi (penurunan) kearah vertikal (garis sb-y) yang sesuai dengan intensitas pemantulan energi ultrasonik. Pada kebanyakan peralatan menunjukkan baik keseluruhannya pada garis sb-x. Pengamatan ini adalah biasanya digunakan untuk instrumen tangan.
- 2). Pada pengamatan gambar 1-29 (b) bahwa digunakan untuk instalasi otomatis yang didistribusikan pada kerusakan bahan percobaan dalam arah potongan maling. Pada arah sb-y menggambarkan waktu perpindahan dan sb-x sinkronisasi dengan gerakan jarum penduga (pemeriksa). Sinyal amplitudo ditandai dengan intensitas yang berbekas pada tabung sinar katoda. Suatu penetapan dari jenis tabung yang digunakan menggambarkan signal dalam beberapa detik.
- 3). Pada pengamatan gambar 1-29 (c) bahwa diperlihatkan suatu gambaran yang menggambarkan rencana area pemeriksaan. Tabung adalah sinkron dengan gerakan pengamatan jarum pemeriksa sepanjang dua koordinat. Lagi pula ditetapkan digunakan sepanjang tabung dan signal amplitudo yang memberikan intensitas pada bekas pengamatan. Pengamatan ini adalah selalu digunakan semata-mata pada peralatan dengan sistem otomatis.

Spesial instrumen yang dibuat yang output diberikan kedalam meter atau kounter digital, dimana setelah dikaliberasi kemungkinan tebalnya bahan secara langsung dibaca dalam setiap unit dari panjang yang dibutuhkan. Jenis yang le



Gambar 1 - 29.

PENGAMATAN SINAR KATODA



Gambar 1 - 30. PANTULAN CAHAYA DAN SUARA DIANTARA 2 MEDIA PADAT

bih efektif dari instrumen adalah diutamakan yang otomatis karena mengun- tungkang sirkuit kontrol. Hal ini kemungkinan digunakan memeriksa bagian- lebar, kondisi permukaan dan susunan bahan dari pada tebalnya.

c. Transmisi Gelombang Suara Dalam Batas Melintang.

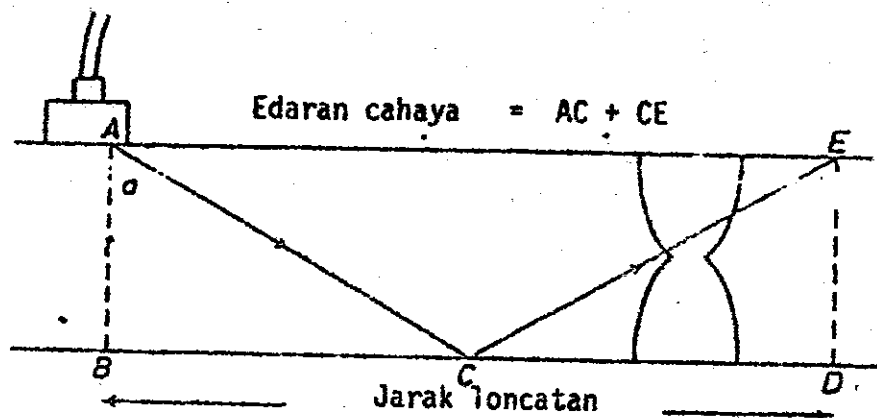
Sifat dari gelombang ultrasonik adalah sama dengan gelombang caha- ya dan menuruti beberapa hukum cahaya. Sewaktu pancaran suara berpindah - pada suatu sudut (pada normal) dari benda padat medium A ke benda padat - medium B suatu kecepatan  $v_A$  dan membias pada suatu sudut  $b$  dengan kecep- atan  $v_B$ . (lihat gambar 1-30) dan berdasarkan hukum Snell diperoleh rumus :

$$\frac{\sin a}{\sin b} = \frac{v_A}{v_B}$$

Juga sehubungan dengan ini dipakai ketika konversi mode terjadi pada ba- tas adalah :

$$\frac{\sin a(L)}{\sin b(T)} = \frac{v_L}{v_T}$$

Suatu hubungan yang terpenting adalah satu diantara plastik dan baja kare- na sudut dari sebagian besar sudut benda percobaan yang ditetapkan dengan



Gbr. 1-31. DIAGRAM JARAK LONCATAN PANTULAN DAN GELOMBANG

hubungan ini.

Pada gambar 1-31 menunjukkan jarak loncatan dan penggunaan edaran gelombang perpotongan pada batang untuk pengamatan penjelasan plat. Untuk menghitung jarak loncatan dan edaran cahaya dapat di hitung dengan rumus :

$$\text{Jarak loncatan} = 2t \cdot \tan a.$$

$$\text{Edaran cahaya} = \frac{2t}{\cos a}$$

Sudut (a) antara  $0^{\circ}$  -  $29^{\circ}$ , seterusnya berpindah ke arah memanjang dan gelombang dipantulkan. dan sewaktu sudut a sekitar  $30^{\circ}$  -  $60^{\circ}$  bahwa hanya gelombang perpotongan yang memantul, seterusnya diatas  $61^{\circ}$  hanya gelombang permukaan yang merembet. Pada baja adalah sudut gelombangnya dihuat pada sudut normal yaitu :  $35^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ ,  $70^{\circ}$  dan  $80^{\circ}$ . Juga benda percobaan dapat digunakan bahan lain, tetapi sudut pemantulan adalah berubah berdasarkan hukum Snell (lihat tabel 1-8).

Tabel 1-8. Sudut Pantulan, Jarak Loncatan Dan Sudut Benda Kerja Berbagai Logam.

BESAR SUDUT DALAM PLASTIK	SUDUT PANTULAN	JARAK LONCATAN	GARIS EDAR CAHAYA
	Baja - Cu - Al	Fe - Cu - Al	Fe - Cu - Al
29,0	35 - 23,6 - 33,1	1,4 - 0,9 - 1,3	2,4 - 2,2 - 2,4
36,7	45 - 29,7 - 42,4	2,0 - 1,1 - 1,8	2,8 - 2,3 - 2,7
46,9	60 - 37,2 - 55,5	3,5 - 1,5 - 2,9	4,0 - 2,5 - 3,5
52,6	70 - 41,1 - 63,7	5,5 - 1,7 - 4,0	5,8 - 2,7 - 4,5
56,4	80 - 43,6 - 69,9	11,3 - 1,9 - 5,5	11,5 - 2,8 - 5,8
57,7	90 - 44,4 - -	- - 2,0 - -	- - 2,8 - -

#### f. Penentuan Posisi Dan Ukuran Kerusakan

Sebelum detektor (alat menyelidiki kerusakan) digunakan terlebih dahulu di kalibrasi melalui penyetelan yang sesuai dengan menggunakan blok kalibrasi. Posisi tempat kerusakan diketahui langsung dengan membaca kotak pemeriksa gelombang kompresi, seterusnya dengan trigonometri yang sederhana atau jangka sorong (insut) digunakan untuk menghitung gelombang perpotongan. Pengukuran kerusakan yang terjadi dapat diperhitungkan dengan menggunakan satu atau beberapa cara dibawah ini :

- 1). Teknik Amplitudo maksimum yang mengamati kerusakan pada setiap sudut. Pembacaan titik maksimum dari amplitudo dengan peredaran dan jarak permukaan adalah dicatat dan digambar. Penggambaran akan membuat grafik atau garis-reproduksi dari pada kerusakan.
- 2). Teknik yang lainnya adalah dengan menggambarkan setiap pengamatan dari pada setiap sisi garis tengah profil balok. Seterusnya balok ini ditempatkan pada peluncur plastik yang transparan. Penampang melintang atau detail benda percobaan yang dilas adalah digambar dengan ukuran penuh pada sepotong plastik lainnya. Peluncur dilapisi pada bagian ujungnya dan posisi cahaya diatur pada bahan yang diselidiki. Setiap indikasi yang original adalah ditandai dan kerusakan diukur dengan memperhatikan letak dari pada cahaya serta pemantulan.

Pemantulan maksimum amplitudo diturunkan pada kerusakan sisi yang lainnya dalam salah satu pengamatan tegak lurus, seterusnya posisi ini di sket (digambar) pada arah penampang melintang.

- 3). Diagram jarak ukuran amplitudo (AVG) berhubungan dengan jarak amplitudo dan ukuran atau kerusakan dasar yang yang paralel disekitar kecacatan untuk pemeriksaan permukaan. AVG dapat dipergunakan untuk batang yang normal dan bersudut.

Amplitudo pada peralatan suara adalah diatur di titik nol (zero) pada layar dan diukur kerusakan setelah pembetulan pengaturan amplitudo untuk pemakaian daerah yang luas atau kecil. Amplitudo dan jarak kerusakan adalah digunakan untuk membaca (membandingkan) yang sama dengan pengukuran daerah yang macat pada bagian kerusakan.

### 3.5. Pemeriksaan Maknetografis

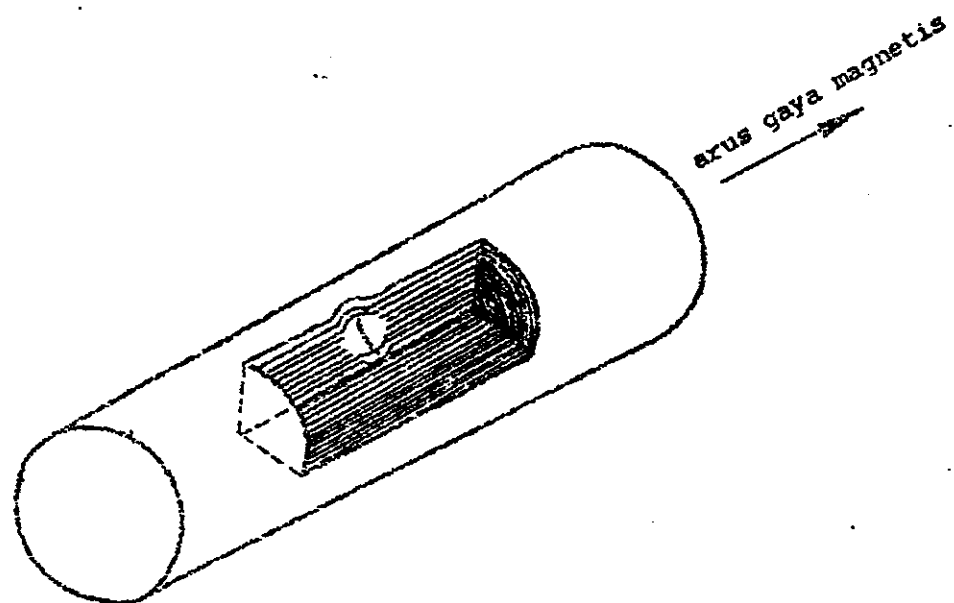
Pemeriksaan maknetografis adalah suatu teknik pemeriksaan yang digunakan untuk menyelidiki permukaan, goresan pada logam maupun non logam, percobaan - (khusus bahan logam ferro) terlebih dahulu dijadikan logam maknit. Menjadi logam percobaan mengalirkan listrik arus searah atau arus bolak balik. Pengaliran arus searah dipergunakan untuk mengetahui cacat, keropos-keropos pada bagian dalam logam (lihat gambar 1-32).

Suatu daerah maknetis dalam keadaan tersambung akan dapat diketemukan garis sambungan yang menyimpang dengan menggunakan oksid besi maknit ( $Fe_3O_4$ ) dalam bentuk kering (berupa bentuk) atau bentuk basah dari kerosin (minyak tanah murni). Garis yang menyimpang akan menarik (mengumpulkan) partikel yang akan tampak dalam garis besar berupa kerusakan. Prinsip-prinsip dalam menggunakan daerah maknit adalah :

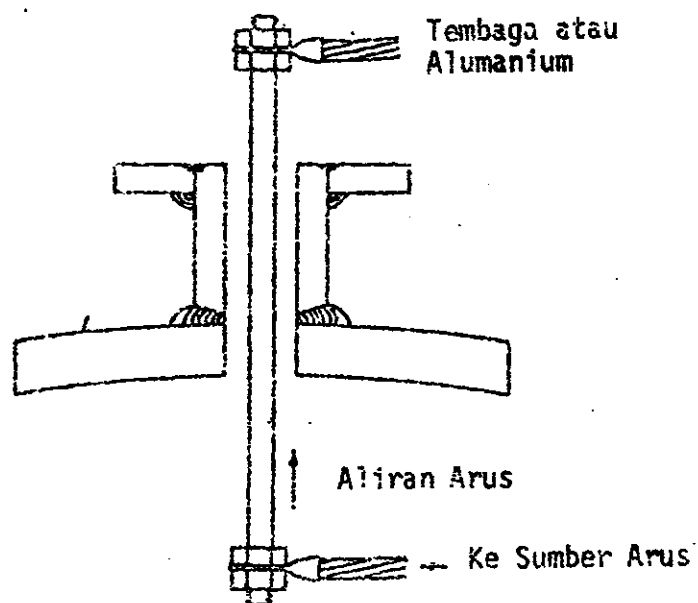
- 1). Permanen Maknit
- 2). Maknit listrik (Elektro Magnit), kumparan solenoid atau beban maknit.
- 3). Pengaliran arus yang menggunakan dorongan atau kontak.
- 4). Menggunakan batang derad (lihat gambar 1-33).
- 5). Menggunakan induksi atau induksi aliran arus.

Kebanyakan cara pemeriksaan maknetisasi tergantung atas ukuran dan bentuk benda percobaan serta pengamatan kerusakan. Teknik ini penting digunakan untuk menyelidiki yang lebih satu arah atau menggunakan lebih dari pada satu cara dalam mencapai pemeriksaan yang hasilnya memuaskan.

Percobaan batas kekuatan medan adalah sansitif, sehingga pemakaian yang dapat diterima untuk kekuatan medan antara 3-6 KA/M. Kekuatan medan adalah diukur dengan meter tangensial.



Gambar 1-32. PENGERIKSAAN MAGNET ARUS SEARAH



Gbr. 1-33 TEKNIK BATANG ULIR  
DALAM PENGELASAN.

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam penggunaan teknik pemeriksaan magnetis adalah :

- 1). Alat pemeriksaan ini tidak dapat di stel kecuali dengan merubah jarak dari kutub (pole) nya.
- 2). Aliran arus yang dipergunakan adalah bervariasi, tetapi mempunyai batas ketahanan.
- 3). Aliran arus yang harus diambil adalah 500 Amper (AC) dan 700 Amper (DC) untuk setiap diameter batang percobaan 25 mm.
- 4). Aliran arus yang harus diambil adalah 500 Amper (AC) untuk diameter silinder atau lobang sekitar 25 mm.
- 5). Aliran arus dan jumlah putaran (peredaran) dapat diperhitungkan dengan rumus :

$$AT = \frac{40.000.D}{L}$$

Catatan : Rumus ini dapat dipergunakan apabila perbandingan  $\frac{L}{D}$  5

dimana A = Arus dalam amper  
 D = Diameter benda percobaan dalam mm  
 L = Panjang benda percobaan dalam mm  
 T = Jumlah putaran (edaran)

#### a. Partikel Maknit

Partikel yang berwarna hitam, merah atau kuning, kemungkinan fluoresensi agar dicapai maksimum kontras atau berlawanan (berbeda) dari warna latar belakang benda percobaan, maka yang baik dipergunakan adalah cat putih

#### b. Proses Pemeriksaan

Pada pemeriksaan ini pertama sekali benda logam dijadikan magnet dengan jalan mengalirkan arus listrik, setelah itu logam percobaan ditaburi sejenis bubuk atau disiram dengan minyak pelikan yang mengandung oksid-oksida besi yang telah dihaluskan. Selanjutnya oksid-oksida besi atau bubuk pada logam percobaan akan berkumpul didekat atau sebelah cavat-cacat yang terdapat pada logam percobaan, sehingga dapat diketahui bentuk cacat yang terdapat pada logam percobaan. Untuk mengetahui (mendapatkan) retakan-retakan yang terjadi pada bagian dalam logam misalnya ; pahat-pahat potong, dapat dipergunakan sebuah pesawat yang terdiri dari sebuah transformator yang diperlengkapi dengan kabel-kabel penghubung arus listrik. Pada bagian ujung dari pada kabel-kabel dipa-



sang peralatan yang runcing yang bentuknya hampir sama dengan alat yang di -  
pergunakan pesawat las titik, dimana ujung kabel-kabel tersebut dipasangkan  
(dilekatkan) pada ujung pahat potong. Selanjutnya dialiri arus listrik, se-  
hingga bubuk oksid besi akan berkumpul pada bahagian yang retak-retak yang  
terdapat pada pahat yang menunjukkan terdapatnya cacat-cacat pada pahat ter-  
sebut.

Sistem yang dipergunakan diatas hanya dapat dipergunakan untuk logam -  
logam yang dapat dijadikan magnet, tetapi untuk memeriksa retak-retak atau ke-  
ropos-ropos yang terdapat pada logam-logam yang tidak magnetis seperti ;  
baja austenite, logam non ferro, plastik, keramik dan sebagainya dipergunakan  
suatu sistem yang lain dari sistem diatas. Pada sistem ini logam yang dipe-  
riksa diinduksi dengan sejenis zat cair yang mengandung bubuk-bubuk (flour),  
Setelah itu logam yang telah dilumasi tadi dikeringkan dan seterusnya dicuci  
dengan air yang bersih dan seterusnya dikeringkan kembali dengan udara panas.  
Selanjutnya logam percobaan tersebut ditaburi sejenis bubuk yang akan diserap  
bahan yang mengandung flour tadi, sehingga apabila disinari oleh cahaya ultra-  
violet akan nampak bagian-bagian yang cacat misalnya : retak-retak, pecah -  
pecah dan sebagainya, yang terdapat pada logam percobaan.

#### c. Pelepasan Maknit

Kebanyakan komponen engineering adalah perlu dilepaskan (dikeluarkan)  
magnetnya setelah dilakukan pemeriksaan. Pelepasan maknit ini dapat dilakukan  
dengan melepaskan komponen 2 sampai 3 kali melalui kumparan yang membawa arus  
bolak balik.

#### d. Menginterpretasi Dari pada Induksi

Pemeriksaan partikel magnetis adalah memerlukan ketrampilan dan keahlian  
dalam menaksirkan indikasi yang terjadi pada logam percobaan.

Suatu benda percobaan yang tidak bersambung maka perlu dijelaskan dengan  
jalan pemotongan, goresan permukaan dan batas dengan logam yang tidak sama.  
Kerusakan pada bagian permukaan yang ditandai dengan garisnya yang cukup ka-  
bur, sehingga apabila dicurigai terjadi keretakan pada logam percobaan maka  
perlu garis keretakannya diperjelas dengan jalan mengeluarkan lapisan kulit  
luar dari pada logam percobaan yang mempergunakan kertas ampelas atau kikir  
halus dan seterusnya dilakukan pemeriksaan kembali.

### 3.6. Pemeriksaan Thermis

Pemeriksaan thermis adalah pemeriksaan yang dilakukan pada logam atau lo

gam atau logam campur untuk mengetahui temperatur (titik cair) dari pada suatu logam dan pemeriksaan ini didasarkan atas pengukuran sifat-sifat fisis dari pada logam seperti ; perubahan tekanan, perubahan tahanan listrik, perubahan panas, sifat-sifat muai dan sebagainya.

Untuk mengukur suhu dari pada logam atau logam campur digunakan "Thermometer" atau "Pyrometer" yang sudah distandard yang disebut "Thermometer Standard" yang berisi gas nitrogen atau gas hidrogen.

Thermometer yang digunakan untuk pengukuran suhu terdapat beberapa jenis sebagai berikut :

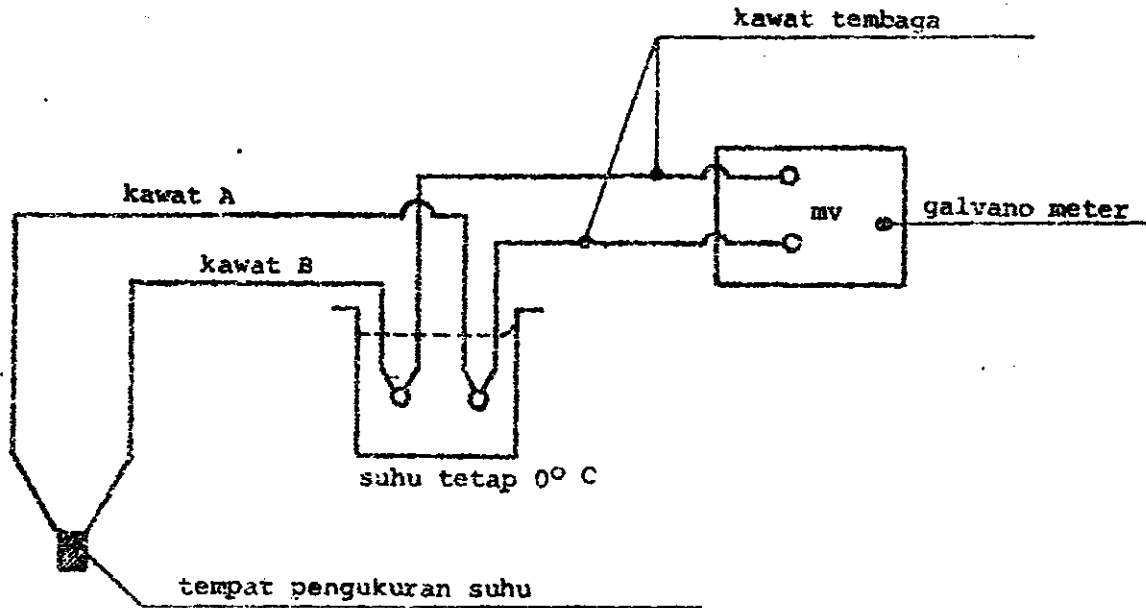
- a. Thermometer dari kaca yang berisi zat cair raksa (Hg) yang digunakan untuk mengukur suhu sampai  $400^{\circ}\text{C}$ .
- b. Thermometer dari kaca kwartsa yang berisikan Hg yang dapat digunakan untuk mengukur suhu sampai  $700^{\circ}\text{C}$ .
- c. Thermometer yang sama dengan diatas (a atau b) hanya isi zat air raksa diganti dengan galium yang dapat mencair pada temperatur  $30^{\circ}\text{C}$  dan mendidih pada temperatur  $1700^{\circ}\text{C}$  yang dapat digunakan untuk mengukur suhu sekitar  $1000^{\circ}\text{C}$ .
- d. Thermo koppel atau thermo elemen dapat digunakan untuk mengukur suhu sampai  $1400^{\circ}\text{C}$ .
- e. Pyrometer digunakan untuk mengukur suhu diatas  $1600^{\circ}\text{C}$ .

Pada dasarnya tiap dua jenis kawat dapat digunakan sebagai thermo elemen, tetapi dalam praktek hanya kombinasi jenis-jenis kawat tertentu yang dapat dipergunakan untuk dapat memberi petunjuk temperatur yang tepat.

Adapun syarat yang harus dipenuhi dalam pemakaian kombinasi dari pada jenis-jenis kawat adalah sebagai berikut :

- a. Dapat dipergunakan untuk mengukur temperatur antara  $100^{\circ}\text{C}$  -  $1400^{\circ}\text{C}$ .
- b. Dapat menimbulkan arus thermo (panas) yang kuat dan peka.
- c. Tenaga motor listrik sebanding dengan perubahan temperatur
- d. Mudah dianalisa pengukuran suhunya
- e. Tidak terlampaui mahal dan tahan terhadap korosi (tahan karat).

Untuk mengukur suhu dalam metallurgi biasanya digunakan thermo elemen yang dapat mengukur suhu yang tinggi sampai  $1400^{\circ}\text{C}$  dan pengukuran suhu tersebut ber



Gambar 1-34. SISTEM THERMO ELEMEN

dasarkan pengukuran kekuatan motor listrik yang timbul karena adanya perbedaan temperatur pada kedua ujung kawat yang dipergunakan karena berlainan jenis. Pada kedua ujung kedua kawat tersebut, voltasenya akan menimbulkan temperatur yang akan diperbandingkan dengan temperatur kawat yang dingin, dimana apabila temperatur pada tempat yang dingin (lebih rendah) tetap dibuat misalnya  $0^{\circ}\text{C}$ , maka voltasenya dapat ditentukan pada temperatur yang tinggi (lihat Gambar 1-34).

Berdasarkan empiris (pengalaman) bahwa kombinasi jenis-jenis logam yang memenuhi syarat adalah kombinasi besi dengan konstante (Ni-Cu), kombinasi tembaga dengan konstante, kombinasi chromel (Cr-Ni) dengan konstante, kombinasi chromel dengan alumel (Al-Ni) dan kombinasi platina dengan logam campur platina-iridium (10%) dan sebagainya, sehingga pengukuran suhu dengan sistem thermo elemen yang mempergunakan kombinasi-kombinasi jenis kawat akan menghasilkan voltase dan batas-batas suhu maksimum (lihat Tabel 1-9).

Untuk memperoleh pengukuran suhu yang peka, maka kawat yang dipergunakan harus mempunyai diameter tidak lebih dari 0,6 mm dan untuk men-

dapatkan homogenitas dari pada jenis-jenis kawat yang dipergunakan, maka kawat-kawat baru harus terlebih dahulu dipanasi pada temperatur tertentu dan dalam waktu tertentu.

TABEL 1-9. KEKUATAN MOTOR LISTRIK DAN SUHU MAKSIMUM

KOMBINASI LOGAM	emf/100° C dalam .... mV	Temperatur maks dalam ..... °C.
Besi-- konstante	5,3	800°
Perunggu - konstante	4,2	350°
Perak - konstante	4,2	600°
Platina - platina rhodium	1,0	1600°
Iridium - rhutenium	0,5	2000°
Chrom - alumel	4,2	1000°
Nikel - chrom nikel	3,5	1100°

Pemeriksaan dengan thermo elemen diatas hanya digunakan untuk memeriksa suhu logam sampai 1400° C, sedangkan untuk memeriksa suhu logam diatas temperatur tersebut misalnya diatas 1600° C "Pyrometer". Pemeriksaan dengan cara Pyrometer dapat dilakukan dengan dua macam cara yaitu :

a. Pyrometer Pancaran (fery)

Sistem ini berdasarkan hukum Stefan-Boltzmann dengan rumus sebagai berikut :

$$E_h = c.T^4$$

Keterangan :  $E_h$  = Enersi pancaran benda hitam dalam ..... watt/m<sup>2</sup>

$c$  = Bilangan konstan =  $5.77.10^{-3}$

$T$  = Temperatur Kelvin

Benda hitam adalah suatu benda yang dapat menyerap seluruh pancaran-pancaran sinar, dimana pengukuran suhu dari sinar-sinar yang dipancarkan dapat dilakukan dengan berbagai jalan. Pancaran sinar-sinar dari benda yang akan diselidiki, dimasukkan kedalam tabung-tabung yang silindris yang mempunyai

IKIP - P-DANG

lapisan emas murni, kemudian pada kedua ujungnya dikenakan dengan suatu thermo elemen. Kekuatan motor listrik (emf) yang timbul diukur seperti biasa dilakukan dengan suatu voltmeter sehingga dapat juga dianalisa temperatur dari logam yang diselidiki.

Pyrometer pancaran selain jenis Stefan-Boltzmann adalah jenis Wanner dan Morse, dimana pengukuran temperatur dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut : Cahaya disamakan dengan cahaya yang dipancarkan oleh suatu logam yang diselidiki yang temperaturnya akan diukur setelah melalui sebuah polarisator, sehingga akan diperoleh intensitas yang sama pada medan penglihatan dan temperaturnya akan diketahui dari besarnya derajat pemutaran.

#### b. Pyrometer Tahanan

Sistem ini berdasarkan atas sifat-sifat logam terutama sifat-sifat tahanan listrik yang timbul karena pengaruh temperatur, sehingga dengan jalan mengukur tahanan listrik yang timbul dapat diketahui temperatur logam yang diselidiki berdasarkan hubungan tahanan listrik (R) dengan temperatur (t) yang diketahui dari persamaan rumus empersis dibawah ini :

$$R_t = R_0 ( 1 + at - bt^2 )$$

dimana :

$R_t$  = Tahanan pada temperatur  $t^{\circ} C$

$R_0$  = Tahanan pada temperatur  $0^{\circ} C$

$a$  =  $ca. 3.76.10^{-3}$

$b$  =  $ca. 5.80.10^{-7}$

### 3.7. Pemeriksaan Dengan Perembesan Cairan

Pemeriksaan dengan perembesan cairan adalah termasuk jenis pemeriksaan yang moderen yang dapat dipergunakan untuk memeriksa seluruh logam dan sejumlah bahan bukan logam. Pemeriksaan ini digunakan untuk menemukan cacat atau retak dibahagian dalam sampai permukaan dari pada bahan yang diperiksa.

#### a. Sistem Perembesan Cairan

Jenis cairan yang digunakan dalam Perembesan adalah terdiri dari :

- 1). Bahan celupan cair yang berwarna merah
- 2). Floresensi berwarna merah dan menunjukkan warna putih berkilat dan

71  
oranye dibawah sinar ultra violet.

- 3). Fluoresensi murni yang akan menunjukkan warna hijau, kuning dibawah sinar ultra violet.

Perembesan dilakukan dengan jalan menyemprotkan atau dirembeskan pada setiap permukaan bahan yang diperiksa. Kemudian bagian yang dirembesi dicuci dan direndam dalam tinta putih atau bubuk perendam, sehingga dengan jelas akan kelihatan kerusakan atau cacat bahan yang diselidiki.

#### b. Pembersihan Rembesan Cairan

Bahan-bahan yang digunakan untuk pencuci rembesan adalah :

- 1). Bahan pengering keras dengan pencucian cat yang mana bahan itu tidak akan dicuci atau dibersihkan.
- 2). Bahan pengering lunak dengan pencucian cat yang mana bahan itu mudah untuk dikeluarkan atau dicuci.
- 3). Bahan bubuk pengering yang mana bahan ini dapat dihembus atau dibersihkan.

Pembersihan rembesan dilakukan setelah bahan yang diselidiki diberi cairan sebagai bahan perembes dimana pembersihan rembesan dengan maksud :

- 1). Pembersihan larutan rembesan
- 2). Menetapkan waktu perembesan pada tempat emulsa dirembesi dengan menggunakan elmugator atas perembesan, seterusnya seluruh rembesan dibersihkan dengan air.
- 3). Pencucian rembesan dengan air.

#### c. Pemeriksaan Rembesan Cairan

Dalam pelaksanaan pemeriksaan rembesan cairan pada bahan yang diselidiki, maka dilakukan beberapa tingkat pemeriksaan rembesan dengan cara sebagai berikut :

- 1). Pembersihan pendahuluan dengan jalan digomoki, dimana tahap pembersihan ini sangat baik digunakan uap gomok.
- 2). Persiapan untuk inspeksi
- 3). Penggunaan bahan penetrasi
- 4). Merendam dengan cairan rembesan
- 5). Penyemprotan cairan-cairan rembesan dari elmugator
- 6). Pembersihan rembesan dengan kain lap dan seterusnya dibersihkan dengan bahan pelarut atau air.

- 7). Pengeringan dengan air panas, kecuali digunakan pencucian dengan bubuk pengering.
- 8). Direndam didalam bahan pembersih selama 10 menit sampai dengan 24 jam dan lamanya perendam tergantung atas besarnya ukuran keretakan.
- 9). Dilakukan inspeksi terakhir.

#### d. Keselamatan Kerja Dalam Penggunaan Bahan Rembesan

Larutan yang digunakan sebagai bahan penetrasi, kemungkinan mudah terbakar dan beracun, sehingga sewaktu dilakukan penetrasi cairan maka harus dilakukan didalam ruangan yang mempunyai ventilasi yang baik dan pencahayaan sewaktu digunakan cairan yang mudah terbakar. Pada umumnya kurang disadari bahwa penggunaan bahan-bahan penetrasi terutama dengan penyemprotan erosi harus mempunyai standard batas ruangan (batas minimum dan maksimum ruangan), kebersihan ruangan dari debu dan atmosfer didalam ruangan. Mengatasi hal-hal tersebut diatas maka penyemprotan erosi tidak dilakukan didalam ruangan yang terbatas, penyimpanan bahan pada ruangan yang terjamin dan pemeriksaan atmosfer ruangan sesuai dengan batas atmosfer yang dapat menggunakan bahan pelarut.

#### 3.7. Pemeriksaan Dengan Arus Eddy

Arus Eddy adalah diperoleh pada setiap bahan pengantar listrik yang dipengaruhi oleh suatu kumparan (coil) dengan arus bolak-balik. Pemeriksaan non destruktif dengan sistem ini adalah menggunakan 2 buah kumparan dimana arus bolak-balik yang kecil disalurkan melalui kumparan primer yang menyebabkan suatu daerah akan magnetis dalam benda percobaan. Seterusnya arus AC diganti dengan frekwensi yang sama dalam komponen penerima yang menyebabkan terjadi perlawanan magnetis dalam komponen.

Arus dalam kumparan penerima adalah mempengaruhi setiap perubahan sifat-sifat fisik atau kehomogenan benda percobaan dan juga digunakan untuk membandingkan kualitas dan standard komponen dari pabrik serta berguna untuk pemilihan bahan logam, memeriksa tabung-tabung dan batang-batang logam.

Dalam pemeriksaan bentuk yang kecil dapat dipergunakan 2 buah kumparan yang diikat dalam transduser, sehingga dapat digunakan untuk memeriksa ketebalan lapisan luar dari bagan yang dilapis dan memperbandingkan kekerasan setiap logam. Tabung yang terbuat dari logam non ferro yang gunanya menerima bahan yang dalam keadaan panas dapat diperiksa dengan menggunakan kumparan dalam.

Arus Eddy adalah tidak sama dengan pemeriksaan yang menggunakan perembesan ultrasonik atau radiografik, tetapi mempergunakan cara pemeriksaan ini mempunyai 3 keuntungan :

- 1). Tidak terjadi kontak fisik
- 2). Pemeriksaannya lebih cepat
- 3). Pengoperasiannya sederhana dan mudah.

### 3.8. Teknik Pemeriksaan Yang Moderen

Kemajuan teknologi dapat membuat teknik pemeriksaan non destruktif adalah makin maju dan berkembang. Penggunaan infra merah dapat membedakan perubahan yang kecil dari pada temperatur, juga digunakan untuk menemukan kesalahan kecil, yaitu cacat pada benda logam yang disebabkan pengantakan listrik dan tekanan panas dalam dapur.

Sumber Neutron berguna sebagai bahan untuk pemeriksaan neutron radiografik. Penyerapan neutron adalah berbeda dengan penyerapan sinar-X. Oleh karena itu, pemeriksaan ini banyak penggunaannya, apalagi pemeriksaan tidak dapat dilakukan dengan radiografik konvensional misalnya : neutron dengan mudah menembus bahan yang tebal, sedangkan pemeriksaan radiografik konvensional hanya pada bahan yang kurang tebal.

Juga pemeriksaan dalam daerah setengah tertutup mempergunakan cahaya radio aktif dalam pemeriksaan proses kimia, mendeteksi kebocoran dan memeriksa saluran pengeluaran yang kurang lancar.

Pemeriksaan dengan menggunakan pemancaran akustik adalah sedang dalam perkembangan yang menggunakan pemakaian transduser akustik, hanya penentuan tempat pemeriksaan harus secara hati-hati dimonitor, Penyebaran pemakaian dan interpretasi dalam memeriksa kerusakan dalam sistem pemancaran akustik belum sepenuhnya dipahami, dimana yang baru. melaksanakan sistem ini adalah negara-negara besar seperti Inggris (U.K.) dan Amerika (U.S.A.)



## B A B II

### PROSES PEMENTUKAN LOGAM

#### 1. Pendahuluan

Pada umumnya besi atau baja yang telah diproses didalam dapur-dapur baja atau dapur tuangan yang masih dalam keadaan cair adalah dituang ke dalam bak penuangan dan sebagian besar dibentuk menjadi batang batangan baja, sedangkan sebagian kecil langsung dicetak dalam bentuk benda benda tuangan.

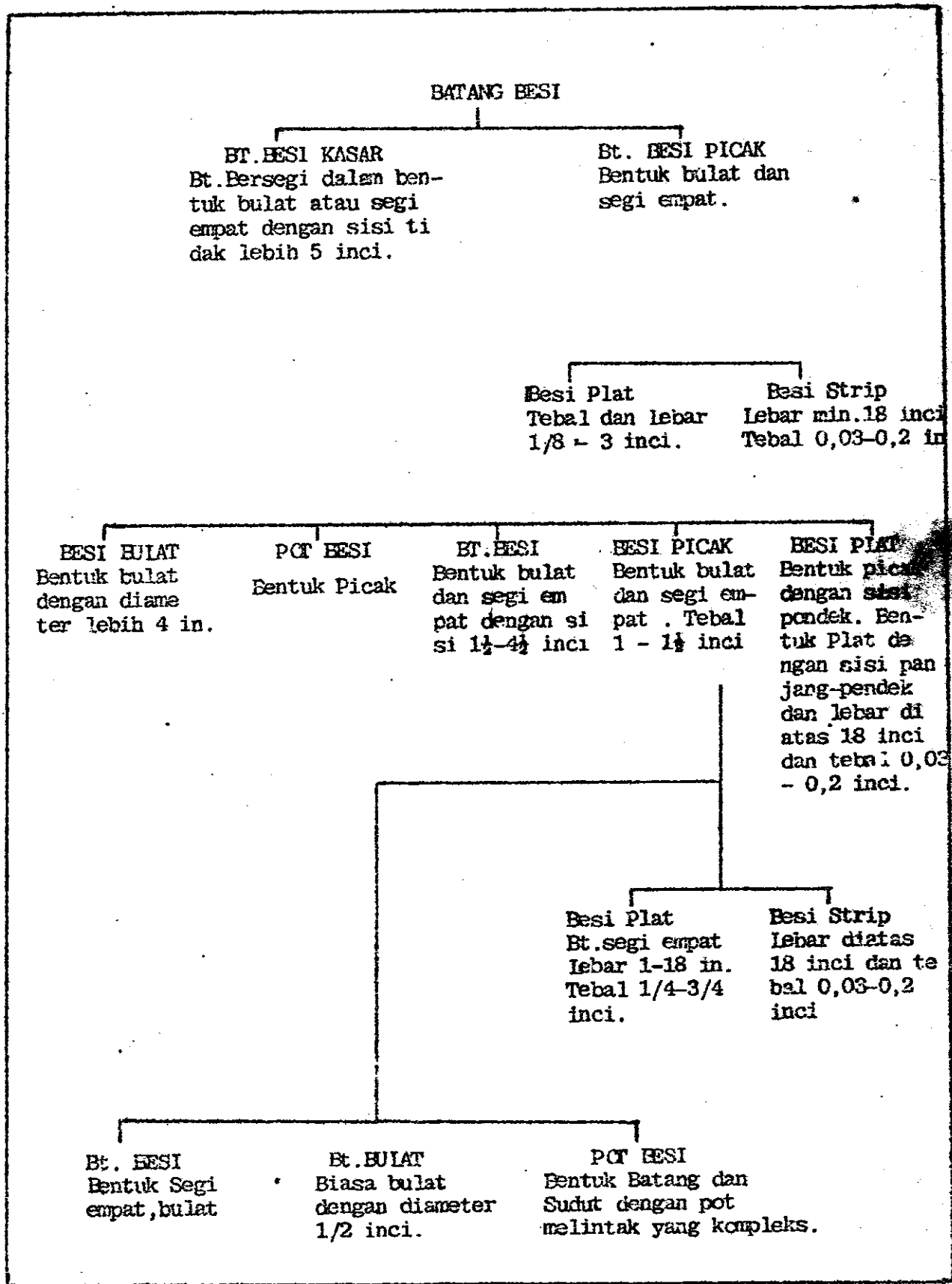
Selanjutnya besi yang dikeluarkan dari dalam bak penuangan dalam bentuk batang besi kasar dan batang besi segi empat yang berbentuk picak, seterusnya batang besi kasar digiling menjadi batang baja bulat, segi empat dan plat baja, sedangkan yang berbentuk segi empat (picak) digiling menjadi baja plat dan strip (lihat tabel 2-1).

Besi atau baja cair adalah dapat dituang kedalam penuangan cetak untuk dibentuk menjadi benda benda tuangan. Penuangan cetak dapat dilakukan didalam cetakan pasir, tekan, centrifugal, investasi, terus menerus dan sebagainya.

Pembentukan besi atau baja adalah perlu memperhatikan proses pemisahan unsur unsur sewaktu dilakukan proses pencairan, dimana terhimpun dengan baik proporsi pendistribusian dan kehomogenan unsur unsur sewaktu besi menjadi padat dari hasil proses pembekuan.

Proses pemisahan unsur unsur terdiri dari 2 jenis, yaitu :

- a. Pemisahan mikro, yaitu terjadinya peningkatan pemisahan unsur unsur melalui pembentukan kristal yang terjadi sewaktu proses pembekuan dari titik baja dalam keadaan tinggi. Unsur unsur pokok dalam cairan adalah besi yang terkandung dalam bagian tengah kristal, tetapi campuran besi



akan kaya dengan unsur karbon, mangan, fosfor dan sulfur sewaktu terjadi proses pemadatan atau pendinginan.

- b. Pemisahan makro, yaitu terjadi pembentukan kristal kristal logam dalam keadaan murni, tetapi akan terjadi penurunan kemurnian kristal sewaktu terjadi pencampuran unsur unsur dalam keadaan cair, Oleh karena itu, logam akan bercampur dalam keadaan murni sewaktu proses pemadatan (pendinginan).

Untuk mengetahui akibat akibat yang terjadi sewaktu dilakukan proses pemisahan unsur unsur adalah dengan tidak melakukan pengeluaran/pemisahan unsur unsur campuran selama berlangsung proses pembuatan batang baja. Jenis dan tingkat proses pemisahan unsur unsur adalah tergantung pada pelaksanaan proses deoksidasi, dimana tidak akan terjadi pengurangan oksigen selama berlangsung penambahan bahan deoksidasi, sehingga oksigen akan bereaksi terus dengan unsur karbon yang akan menghasilkan monoksida karbon disekeliling batang baja.

Reaksi antara karbon dan oksigen adalah menimbulkan reduksi unsur karbon pada bagian permukaan batang logam dan membuat sekeliling batang mengandung unsur karbon rendah. Pada tingkat awal pemadatan (pendinginan) akan diperoleh logam yang bersih dan cairan sisa yang mengandung besi murni akan bercampur dengan monoksida karbon sehingga menghasilkan suatu batang logam yang kurang murni, sehingga sekeliling permukaan sehingga batang logam akan mempunyai sifat yang keras, sedangkan pada bagian tengah batang mengandung unsur karbon, sulfur dan fosfor yang sangat rendah.

Juga pada awal pemadatan kemungkinan dapat terjadi kerusakan oleh gas pada bagian sisi-sisi batang yang berbentuk lobang-lobang halus didalam struktur batang baja sewaktu baja didalam cetakan. Lobang-lo

bang halus akan terbentuk pada permukaan batang baja sewaktu terjadi pengerasan.

Mikro struktur baja yang sederhana adalah terjadi dengan pengumpulan kristal-kristal besi dan karbit besi, dimana ukuran kristal kristal besi-dapat mempengaruhi sifat sifat mekaniknya dan kenaikan ukuran butir butiranya akan membuat kekenyalan batang baja menjadi turun dan kekerasannya menjadi lebih baik, tetapi batang baja akan lebih condong menjadi retak retak sewaktu dilakukan pengerjaan panas dan dingin (heat treatment). Pembentukan ukuran butir butiran baja adalah dihubungkan dengan temperatur kamar dan tinggi, dimana ukuran akhir butir butiranya akan cenderung berukuran halus dan tetap tidak berbutir kasar apabila dilakukan pengontrolan sewaktu pelaksanaan penggilingan pada temperatur tinggi. Juga baja akan berbutir-butir halus dengan penambahan unsur unsur aluminium dalam berlangsung proses deoksidasi.

Peralihan temperatur mempengaruhi sifat sifat kenyal dari pada baja, dimana pada temperatur rendah akan membuat penurunan yang cepat dalam sifat kenyalnya yang diukur dengan pemeriksaan pukul takik, tetapi baja pada waktu mempunyai sifat kenyal yang lebih baik pada waktu peralihan temperatur.

## 2. Pelaksanaan Pengerjaan Batang Baja

Pengerjaan batang baja adalah dilakukan dalam keadaan pada yang dapat menghasilkan sifat sifat mekanik lebih baik dari pada logam logam tuangan. Pelaksanaan pengerjaan batang logam ini dapat dilakukan dalam keadaan panas (hot working) dan dingin (cold working). Pengerjaan dalam keadaan panas dapat dilakukan dengan jalan menempa, menggiling dan ekstrusion, sedangkan pengerjaan dingin dapat dilakukan dengan jalan penggilingan dingin pembentukan pukulan, penekanan, penarikan, regangan dan sebagainya.

Batang baja yang agak baik untuk dikerjakan adalah yang mengandung unsur karbon rendah yang maksimumnya sekitar 0,25 % C, mengandung unsur mangan sekitar 0,60 %, sejumlah larutan oksigen dalam prosentase rendah dan unsur campuran unsur karbon dan mangan serta sejumlah besar gas yang sangat berguna dalam pelaksanaan penggilingan. Batang baja yang akan dikerjakan dengan jalan penggilingan adalah mengandung unsur silisium 0,01 % atau kurang.

Batang baja yang mengandung lebih dari 0,35 % C adalah tidak dapat dikerjakan dengan jalan penggilingan karena sukar dijadikan untuk mengandung karbon rendah dan pertimbangan dari segi ekonomis. Oleh karena itu, pengontrolan terakhir perlu didalam pabrik penggilingan baja dengan penambahan besi mangan (campuran besin karbon dan mangan) atau dapat juga ditambahkan bahan deoksidasi yang biasa dipergunakan aluminium. Struktur batang baja yang dapat dikerjakan lebih lanjut adalah yang bebas dari sifat merembes atay menyerap, dimana batang baja tidak mempunyai lobang lobang halus dan mencegah reaksi karbon dan oksigen yang menghasilkan monoksid karbon. Untuk mengatasi hal itu, perlu ditambahkan bahan deoksidasi seperti : mangan, silisium dan aluminium atau paling baik digunakan zirkonium atau titanium.

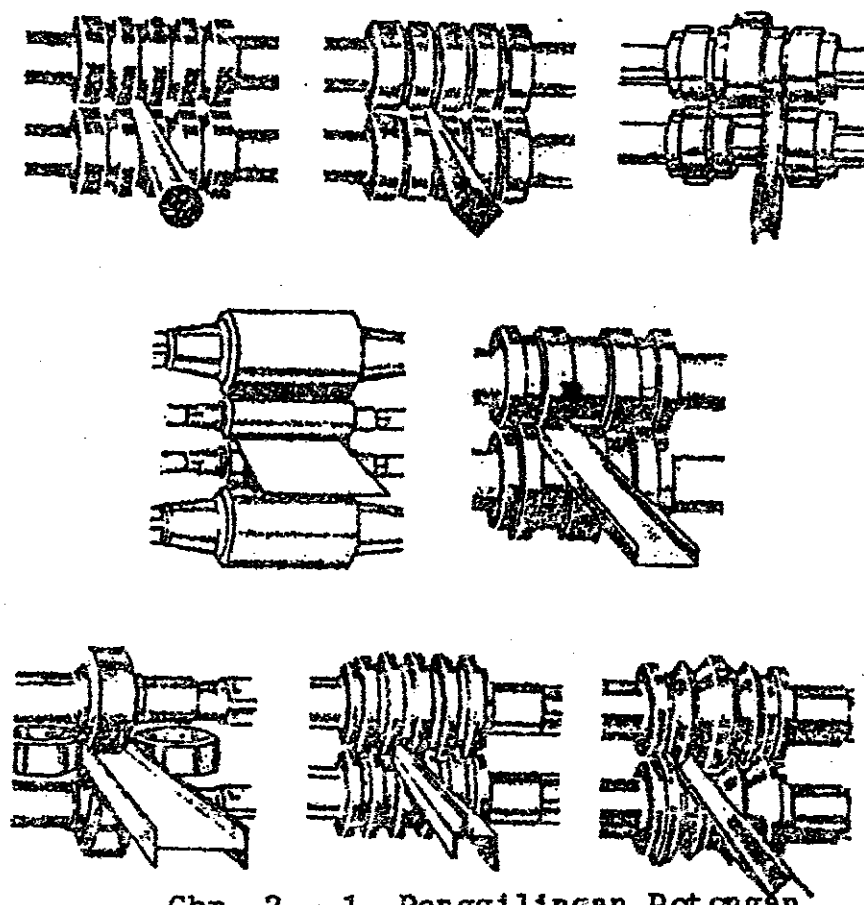
Sewaktu batang baja dikeluarkan dari dalam tuangan adalah masih dalam keadaan panas dengan temperatur tinggi yang mulai dari lapisan luar sampai kabagian tengah (pusat)nya, dimana biasanya bagian luar (permukaan) terkelupas sedangkan bagian tengah masih dalam keadaan lumer. Oleh karena itu, pengerjaan batang baja didalam proses penuangan harus selalu dikontrol karena kemungkinan dapat terjadi kerusakan pada bagian permukaannya selama proses berlangsung seperti : keropos, berlipat dan berkampuh.

Juga batang baja yang masih proses pendinginan adalah tidak dapat digiling karena masih dalam keadaan panas dengan temperatur tinggi dan berukuran besar, sehingga sewaktu berlangsung proses pendinginan maka perlu dilakukan pengontrolan sampai mencapai temperatur sekitar  $1260^{\circ}\text{C}$  (penentuan temperatur ini tergantung atas komposisi, ukuran dan proses penggilingan lebih lanjut). Batang baja yang dihasilkan terdiri dari 2 jenis yaitu :

- a. Batang besi kasar atau bengkah bengkahan besi, dimana pembentukan terakhir dilakukan dengan jalan penggilingan ke dalam bentuk berpenampang besar seperti : blok I, flens (pinggiran lingkaran roda), rel kereta api dan sebagainya.
- b. Batang besi picak, dimana pembentukan terakhir dilakukan dengan jalan penggilingan ke dalam bentuk plat besi, lembaran besi dan besi strip dan sebagainya, seterusnya lebih lanjut diproses dengan penggilingan dingin (lihat Gambar 2-1).

Penggilingan dingin hanya untuk memproduksi besi plat dalam bentuk lembaran besi atau besi strip, sedangkan penggilingan panas untuk memproduksi bentuk batang batangan, rel kereta api dan batang bersegi, seterusnya dilakukan pengerjaan penggilingan dingin. Pelaksanaan pengerjaan dingin tidak banyak mempengaruhi sifat sifat mekanik batang baja. Batang blok besi kasar yang digiling berukuran 6 x 6 inci atau 12 x 12 inci dan batang besi picak digiling dengan ukuran tebalnya sekitar 2 - 6 inci dengan ukuran lebar sekitar 24 inci.

REKAM  
M. K. I. - 1945



Gbr. 2 - 1 Penggilingan Potongan  
Baja

Dalam beberapa proses penggilingan balok batang baja langsung digiling untuk dijadikan produksi akhir dengan tidak mempertimbangkan kondisinya, tetapi pengerjaan batang baja lainnya adalah dimulai dengan penggilingan awal dan seterusnya digiling kembali untuk mendapatkan kondisi yang baik. Apabila telah dicapai temperatur yang rendah pada batang yang digiling lanjutan, maka batang baja didinginkan secara menyeluruh, seterusnya dipanaskan kembali untuk penggilingan akhir, sehingga dihasilkan kualitas permukaan yang baik dari pada batang baja.

Balok besi kasar yang mempunyai ukuran besar adalah tidak dapat langsung digiling untuk produksi akhir, tetapi terlebih

dahulu dikerjakan dalam potongan kecil, seterusnya dipanaskan kembali untuk digiling menjadi batang batangan baja dengan ukuran 2 x 2 inci sampai dengan ukuran 5 x 5 inci. Batang besi kasar yang dapat digiling secara langsung adalah menguntungkan karena hanya membutuhkan penggilingan minimal (langsung) dan tidak memerlukan pengontrolan yang teliti untuk menghasilkan permukaan batang yang berkualitas baik.

Dalam perdagangan lebih banyak dibutuhkan batang batang baja yang digiling dalam ukuran dengan sudut yang kecil dalam berpenampang bulat dan segi empat. Oleh karena itu, mengerjakan batang baja yang berukuran kecil lebih baik digunakan cetakan tuangan terus menerus karena dapat menghasilkan bentuk permukaan yang lebih baik dan mengurangi kerugian dalam kehilangan bahan besi. Pengerjaan batang baja yang berukuran kecil dengan jalan penggilingan banyak mengalami kerugian karena kehilangan bahan besi pada permukaannya sewaktu berlangsung proses penggilingan, sebagai contoh dapat diambil bahwa 20 ton besi cair yang dituang dan seterusnya digiling menjadi batang batang baja yang berukuran kecil adalah akan kehilangan bahan besi sekitar 2 ton setiap batang besi kasar, sedangkan melalui cetakan tuang terus menerus hanya mengalami penyusutan pada bagian bidang batang yang membuat kerugian dengan kehilangan bahan besi sekitar  $\frac{1}{2}$  kg setiap batang baja.

Batang baja paduan adalah lebih baik dari batang baja yang digiling karena mempunyai komposisi campuran pada bagian sebelah luar yang lebih baik dan penyusutan yang berhubungan dengan pengerjaan batang dan kerugian yang disebabkan penyusutan dapat ditutupi dengan melakukan pemanasan pada bagian



atas bak pengumpul (cetakan) cairan. Baja paduan sewaktu dalam keadaan cair adalah mengandung silisium sekitar 0,35 % dan oksigen dalam prosentase tinggi dengan unsur karbon rendah.

Baja setengah paduan adalah mengandung silisium sekitar 0,05 % sampai 0,15 % dan kurang spesifikasinya yang sesuai dengan kebutuhan, hanya diharapkan dapat mengandung unsur karbon sekitar 0,15 % sampai 0,35 % yang tersebar merata pada seluruh strukturnya. Pada umumnya baja setengah paduan dapat digunakan untuk bangunan dengan ditambahkan bahan bahan deoksidasi seperti : silisium atau alumanium yang gunanya untuk dapat memperkecil perbedaan karakteristik dengan baja yang digiling, tetapi dengan penambahan bahan bahan deoksidasi dapat memperbesar penyusutan. Oleh karena itu, karakteristik dari pada baja tergantung atas proses pengerjaannya yang menyangkut butir butiran, kerapuhan dan kekenyalannya yang disebabkan peralihan temperatur.

Pelaksanaan pengerjaan batang batang baja, baik pembentukannya secara sederhana maupun rumit (kompleks) adalah mempertimbangan faktor faktor sebagai berikut :

- a. Ukuran akhir produksi batang baja.
- b. Kapasitas alat/mesin yang digunakan.
- c. Sistem pengerjaan yang dipergunakan, dalam hal memperkecil/mengatasi kerusakan batang baja seperti : retak retak, berlipat, keropos dan sebagainya.

Dalam garis besar proses pengerjaan batang baja dapat digolongkan dalam dua jenis proses yaitu : proses pengerjaan pa

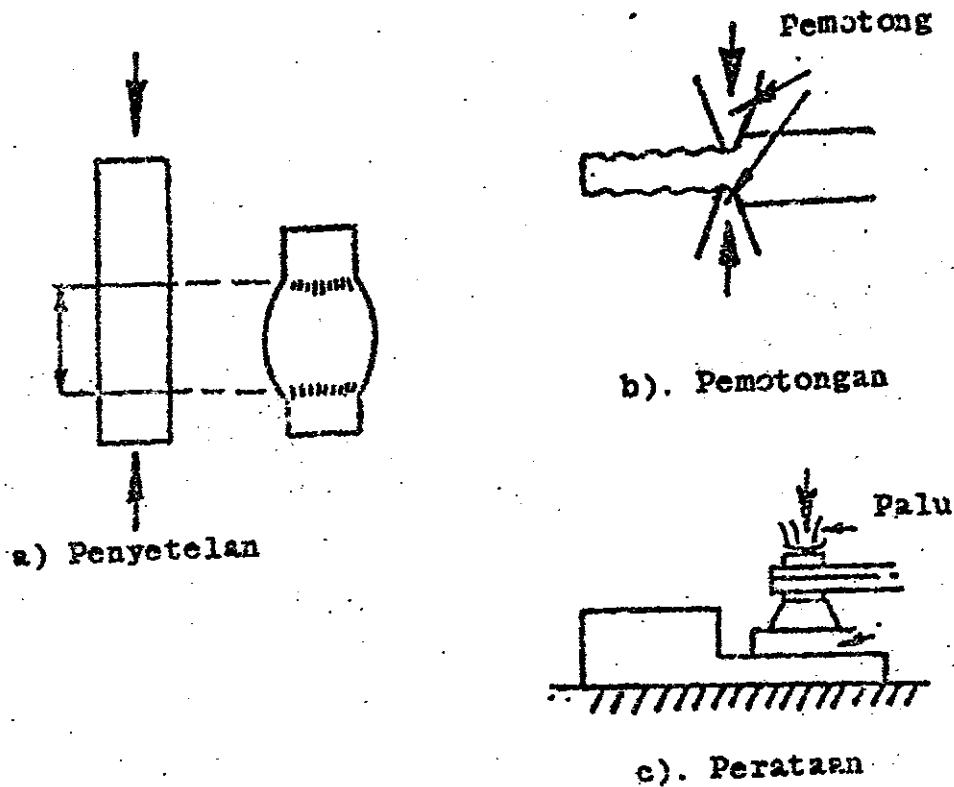
nas (hot working) dan pengerjaan dingin (cold working), Struktur-butir butiran yang dihasilkan dengan jalan pengerjaan batang - batangan adalah berbeda dengan struktur butir butiran yang dikerjakan dengan jalan penuangan, dimana proses pendinginan dengan cepat akan menghasilkan butir butiran yang berukuran kecil atau halus dan dibawah lapisan permukaan sampai keinti akan terjadi pertumbuhan butir butiran. Pada akhir pematangan dengan pendinginan yang amat perlahan lahan akan diperoleh butir butiran berbentuk kasar dan sama besar.

#### a. Proses Pengerjaan Panas

Proses pengerjaan panas adalah dilakukan pada temperatur yang lebih tinggi dari pada temperatur pengkristalan kembali dari benda kerja (logam) yang dikerjakan, sehingga dapat menghasilkan bentuk yang berukuran besar tanpa menyebabkan pengurangan tegangan logam. Proses pengerjaan panas dapat dilakukan dengan pengerjaan tempa, penggilingan dan penekanan (ekstrusi on).

1). Pengerjaan tempa, dimana pelaksanaannya terbagi atas 3 cara, yaitu :

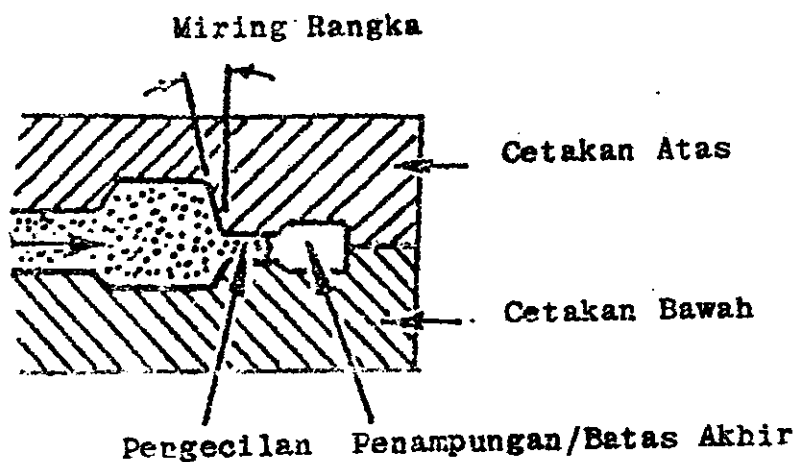
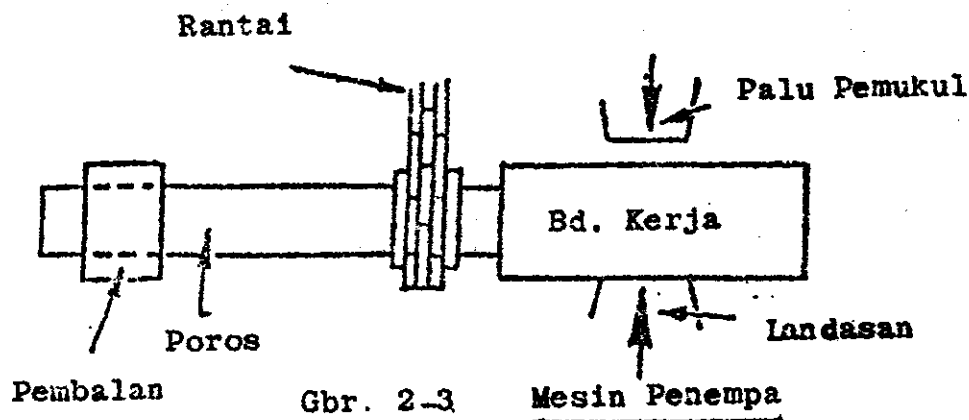
- a). Menempa dengan tangan, dimana dipergunakan alat alat yang sederhana dan dilakukan pemukulan pada logam yang telah dipanaskan dengan palu tangan. Penempaan dilakukan untuk menambah/menaikkan tebalnya dengan mengurangi panjangnya (lihat gambar 2-2 a,b,c) juga dapat menambah panjang dengan mengurangi ketebalan batang.
- b). Menempa dengan mesin, dimana pelaksanaannya hampir sama dengan menempa dengan tangan, kecuali dilakukan untuk sepotong logam yang berukuran besar dan digunakan



Gbr. 2-2. Menempa Dengan Tangan

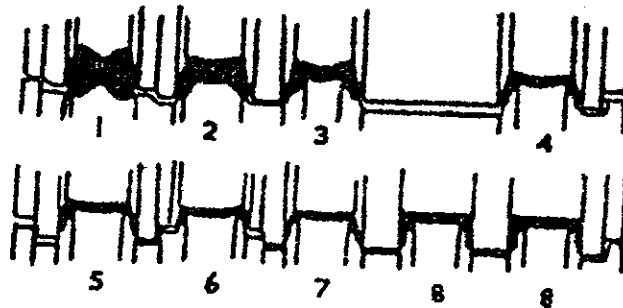
mesin palu atau tekan. Alat alat yang digunakan dalam versi skala yang lebih besar dari pada alat alat dalam penempaan tangan, hanya hampir sama dilakukan pelaksanaannya. Batang baja diatur posisinya dan diangkat serta diputar dengan rantai pengangkat selama dilakukan penempaan dan pada batang baja diberi alat bobot pengimbang (lihat gambar 2 - 3).

c) Menempa dengan acuan, dimana cara ini disebut juga menempa dengan cetakan dan sesuai untuk menempa batang batang baja dalam jumlah yang besar (banyak). Penempaan ini mempergunakan 2 buah cetakan yang terbuat dari baja keras, dimana biasanya cetakan bagian atas dijatuhkan keatas batang logam



Gbr. 2-4 Menempa Dengan Cetakan/  
Acuan.

yang telah dipanaskan dan terletak diatas cetakan bagian bawah, seterusnya penempaan dilakukan terus sampai kedua cetakan bertemu atau mengadakan kontak. Sejumlah logam yang diisikan kedalam cetakan yang diikuti dengan pengaliran kedalam saluran pembuang/pengeluar adalah tidak dapat dinilai dengan mudah akibat yang terjadi pada logam. Bentuk bentuk yang sederhana adalah dihasilkan dengan beberapa hembusan dan menggunakan sepasang cetakan, tetapi bentuk bentuk yang lebih rumit atau sulit



Gambar : 2-5. PENGGILINGAN PANAS  
MENGGUNAKAN SEPASANG ROL

membutuhkan beberapa cetakan.

Menempa dengan acuan adalah lebih sederhana dari pada penuangan dalam pembentukan logam dan sewaktu melakukan penempaan harus diperhatikan posisi dari pada pengembangan dan penekanan logam karena serat logam akan mengikuti profil tempa, sehingga bentuk penempaan harus diperoleh arah seratnya sesuai dengan yang dibutuhkan ) Lihat Gambar 2-4).

- 2). Penggilingan panas, dimana logam yang telah dipanaskan dapat digiling kedalam bentuk ukuran yang panjang dengan melakukannya diantara 2 rol (penggiling) yang berat. Batang logam sebelum dimasukkan diantara 2 rol, terlebih dahulu diatur jaraknya sesuai dengan tebal batang yang dikehendaki setelah selesai penggilingan.

Alur atau potongan batang dapat dibentuk dengan jalan digiling diantara rol rol dan secara berangsur angsur akan menghasilkan potongan yang dibutuhkan (Lihat Gambar 2 - 5).

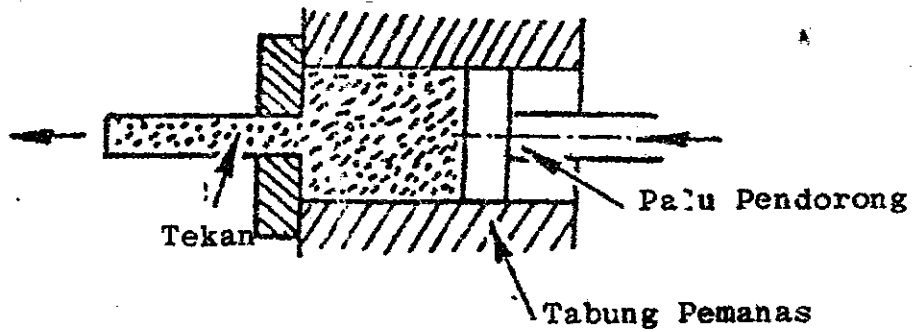
- 3). Cetakan Tekan (ekstrusion), dimana batang logam yang telah dipanaskan adalah ditempatkan atau dimasukkan kedalam tabung kempa hidrolis yang berukuran besar dan telah dipanaskan, seterusnya ditekan melalui cetakan untuk menghasilkan panjang batang yang terus menerus dengan potongan melintang yang tetap dengan ukuran dan bentuk yang sama setelah cetakan dibuka. Proses ini dapat menghasilkan batang logam yang berbentuk padat dan berlobang dan juga dapat digunakan untuk mengerjakan setiap bahan dimana dapat membuat plastik dibawah kondisi yang sesuai. Baja adalah sukar untuk dicetak tekan karena memerlukan tekanan dan pemanasan yang tinggi (Lihat Gambar 2-6 a, b, c).

#### b. Proses Pengerjaan Dingin.

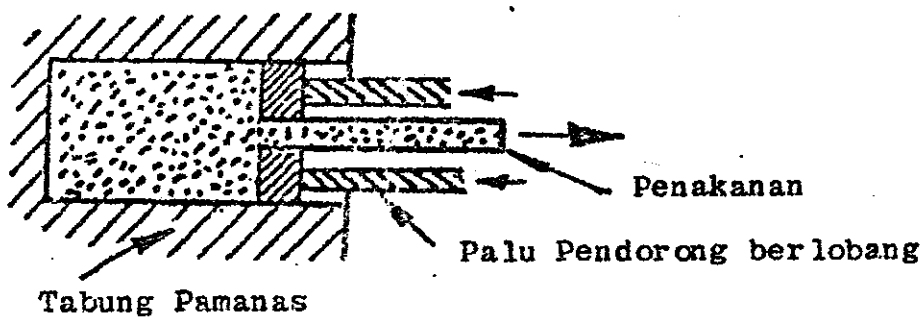
Proses pengerjaan dingin adalah dilakukan pada temperatur dibawah temperatur pengkristalan kembali dari pada logam dan tidak dibenarkan perubahan yang besar tanpa sering kali melakukan proses heat treatment untuk melunakkan logam. Pengerjaan dingin menyebabkan terdapat sisa tegangan dan juga menaikkan kekerasan dan kekuatan dari pada logam.

##### 1). Penggilingan Dingin.

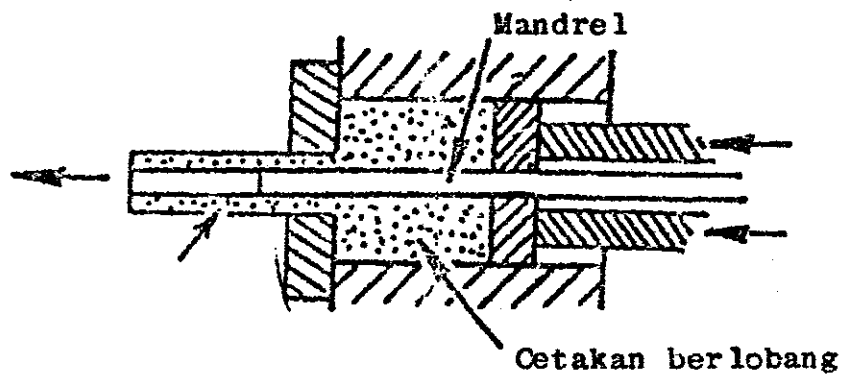
Logam yang akan digiling dingin adalah terlebih dahulu diawetkan didalam asam belerang untuk dibersihkan per-



a). CETAKAN TEKAN LANGSUNG.



b). CETAKAN TEKAN TIDAK LANGSUNG



c). CETAKAN TEKAN BERLOBANG.

Gambar : 2-6 PEINSIP CETAKAN TEKAN

mukaannya, setelah itu dilakukan penggilingan dingin untuk mengurangi ketebalannya dan menaikkan

sifat kenyal dan tegangan patah dari pada logam (Lihat Tabel 2-2).

Tabel 2-2. AKIBAT PENGGILINGAN DINGIN ATAS BAJA KARBON RENDAH.

PENGURANGAN Pengerjaan DINGIN DALAM %	0,1% TEGANGAN IUMER DALAM $10^3$ psi	TAGANGAN PATAH DALAM $10^3$ psi	PERPANJANGAN DALAM % SETIAP 2 INCI.
0	30	50	35
20	45	70	15
40	60	85	10
60	70	100	8

Penggilingan dingin adalah menghasilkan permukaan yang halus dengan ukuran yang mempunyai batas kelonggaran dibawah atau mendekati baja yang digiling panas. Disamping itu, penggilingan panas tidak dapat menghasilkan potongan potongan yang berukuran tipis, sesuai dengan kebutuhan beberapa pemakaian, misalnya pembuatan plat (kaleng) timah. Oleh karena itu, batang logam yang akan dijadikan berukuran kecil adalah dikerjakan dingin.

Hasil penggilingan dingin adalah selanjutnya dipijarkan dingin (annealing) yang gunanya untuk melunakkan logam, seterusnya kadang kadang dilakukan penggilingan lunak atau penggilingan dingin yang mengakibatkan pengurangan 1% - 2%.

Pelaksanaan pemijaran dingin dan penggilingan lunak adalah bertujuan untuk menghasilkan spesifikasi ukuran, permukaan yang baik dan juga dilakukan pengontrolan final atas sifat



sifat mekaniknya.

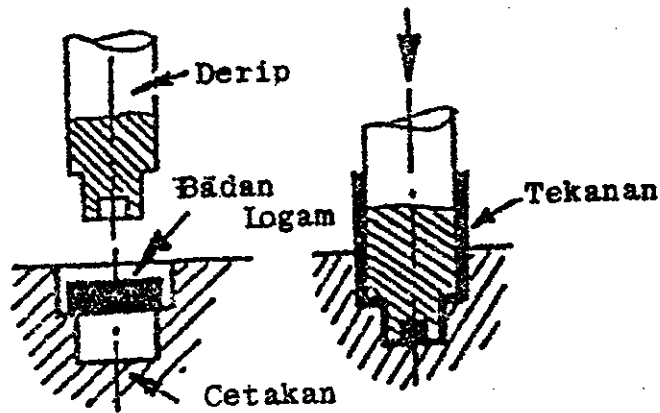
Proses pemijaran dingin adalah dilakukan sebelum dilaksanakan penggilingan lunak yang gunanya untuk pengontrolan atmosfer (udara) pada permukaan baja (kulit besi) yang tidak cukup besar dioksidasi. Logam yang digiling lunak adalah secara umum digunakan untuk memproduksi pelat (kaleng) timah, seterusnya dilapisi, (dicelup panas atau elektrolisa) dengan lapisan tipis bahan timah. Setiap baja adalah memerlukan lapisan tipis dengan cara dicelup panas atau elektrolisa yang gunanya untuk mendekati ukuran toleransi.

Penggilingan panas yang dilakukan pada batang bulat atau batang picak adalah untuk dijadikan besi pelat, strip dan lembaran, seterusnya diikuti dengan penggilingan dingin, pemijaran dingin dan penggilingan lunak. Potongan logam yang digiling panas dan dingin untuk menghasilkan pelat yang berbentuk picak atau datar, seterusnya dilaksanakan pengerjaan pabrik untuk menghasilkan baja primer, tetapi yang lebih seksama dilakukan pengerjaan untuk menghasilkan baja sekunder yang terutama dilakukan untuk pembuatan kawat, paku, kawat elektroda, besi pagar, kawat kasa dan sebagainya.

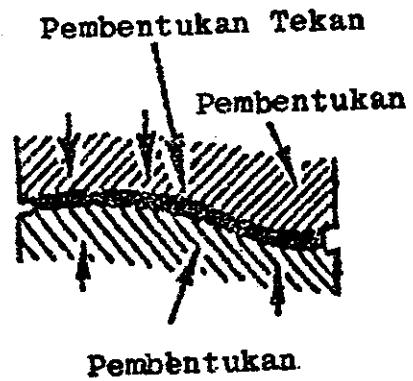
Batang bulat adalah biasanya dibentuk menjadi kawat, besi segi empat, oval, segi tiga dan sebagainya. Kawat yang dibuat dari batang baja dengan jalan digiling terlebih dahulu dibersihkan dengan jalan mengawetkan dengan asam, seterusnya dilakukan proses penarikan yang diperlengkapi dengan pemberian minyak pelumas dan selanjutnya dilapisi untuk mencegah kawat menjadi karatan.

Proses penarikan adalah dengan jalan menarik ujung batang dan menekannya melalui beberapa seri cetakan, seterusnya dilakukan proses pemijaran dingin (anneal) untuk melunakkan kawat. Sifat sifat akhir dari kawat tergantung atas komposisi dan pengurangan penarikan akhir serta proses tambahan yang dihubungkan dengan perlakuan panas dan dingin (heat treatment). Penyelesaian pengerjaan kawat setelah pencetakan terakhir dan sebelum digulung adalah dilakukan pengontrolan dengan pengerjaan panas dan dingin untuk memberikan sifat sifat maksimum (terbaik) dalam kekuatan dan kekenyalannya.

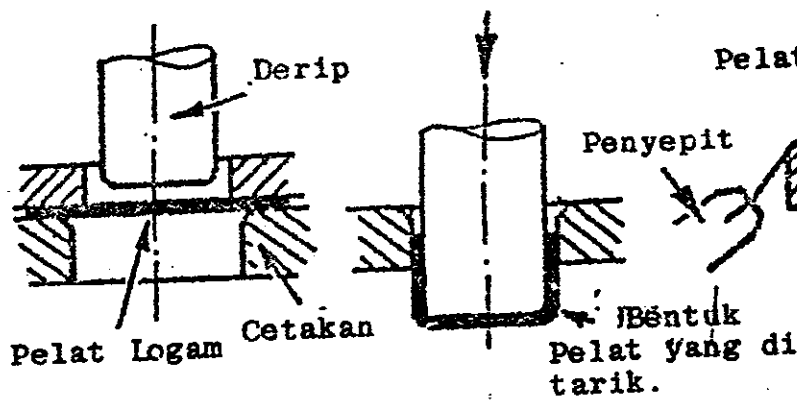
- 2). Pukulan Tekan, bahwa dalam proses ini suatu gumpalan logam kasar ditempatkan didalam cetakan dan seterusnya dipukul dengan alat pemukul, sehingga logam dapat ditarik (berkembang memanjang) sesuai dengan kebutuhan dalam 2 arah yaitu kedepan dan kebelakang (lihat gambar 2 - 7).
- 3). Penekanan (pressing), bahwa lembaran lembaran logam dapat dibentuk dengan jalan ditekan diantara alat pembentuk (lihat gambar 2 - 8). Proses pengerjaan dengan cara ini dapat membuat pelat pelat untuk bodi motor.
- 4). Penarikan Dalam bahwa logam logam yang amat kenyal yang berbentuk lembaran lembaran dapat ditarik dan diregang ke dalam bentuk seperti sungkup (mangkuk) dengan menggunakan cetakan dan pemukulan (lihat gambar 2 - 9).
- 5). Pembentukan Regangan (stretch forming), bahwa lembaran lembaran logam dapat dibentuk dengan jalan mengikat kedua ujungnya melalui alat pembentuk (lihat gambar 2 - 10). Pembentukan cara ini digunakan untuk industri pesawat ter



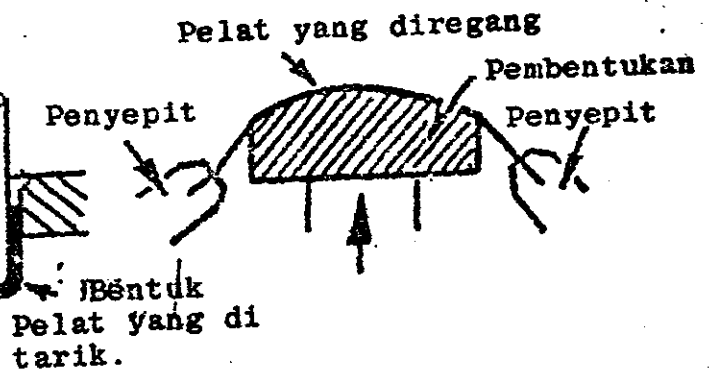
Gambar : 2-7. PUKULIAN TEKAN



Gambar : 2-8. TEKANAN



Gambar : 2-9. PENARIKAN DALAM



Gambar : 2-10. PEMBENTUKAN REGANG

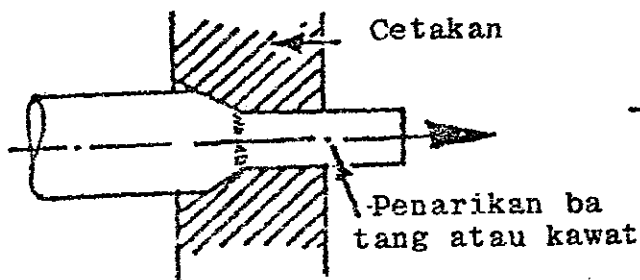
...bang.

- 6). Penarikan (drawing), bahwa logam dapat dibuat menjadi kawat dengan jalan menariknya melalui lobang tirus di dalam cetakan melalui gabungan aksi tarikan dan tekanan (aksi tekanan terjadi didalam lobang tirus) membuat logam menjadi panjang dan mengecil yang berhubungan dengan perubahan sifat sifat mekaniknya (lihat gambar 2 - 11).

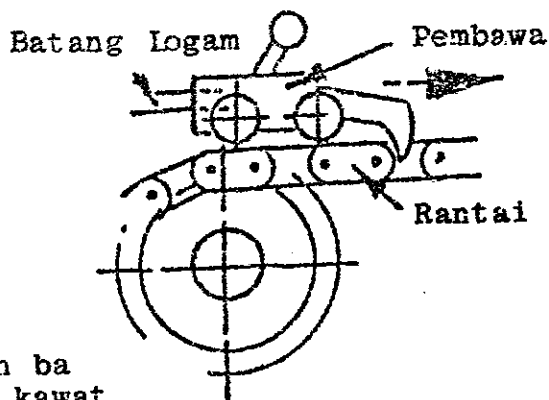
Apabila batang baja yang berkilat atau potongan yang hampir sama adalah dihasilkan dengan jalan penarikan yang menggunakan bangku penarik. Prinsipnya adalah sama seperti penarikan kawat, tetapi bangku tarik digabungkan dengan suatu rantai melingkar yang digunakan untuk menarik batang logam melalui cetakan (lihat gambar 2 - 12).

- 7). Pencetakan timbul bagian luar dan dalam, bahwa pencetakan ini dilakukan pada bagian luar dan dalam logam dan pelaksanaannya hampir sama dengan menggunakan cetakan dan derip. Pencetakan timbul bagian luar adalah digunakan pembentukan pada pelat tipis yang mempunyai sedikit akibat atas ketebalan pelat dan proses ini dapat dihubungkan dengan proses pembentukan dan pembengkokan lokal (lihat gambar 2 - 13). Pencetakan timbul bagian dalam adalah menyebabkan bahan bahan tipis akan terbentuk dan tercetak menurut rongga cetakan yang sesuai dengan bentuk dan lekuknya (lihat gambar 2 - 13b).

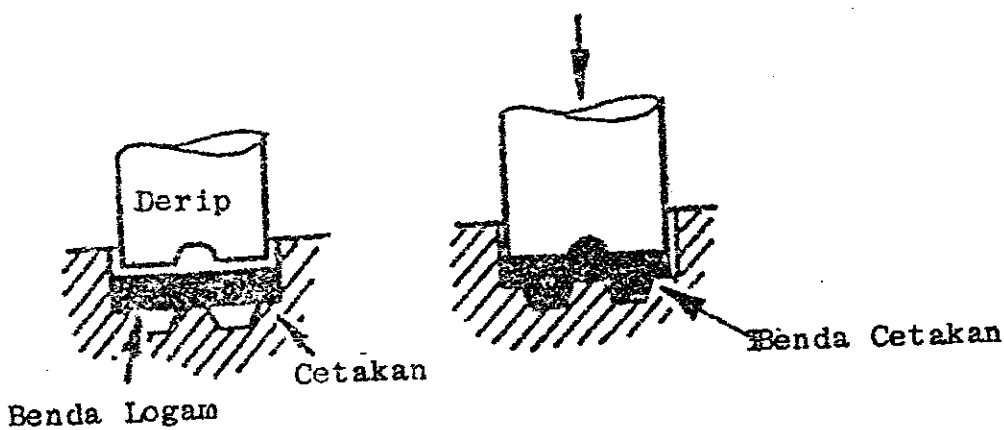
...dalam bengkel mesin. Dalam proses ini bahwa pe



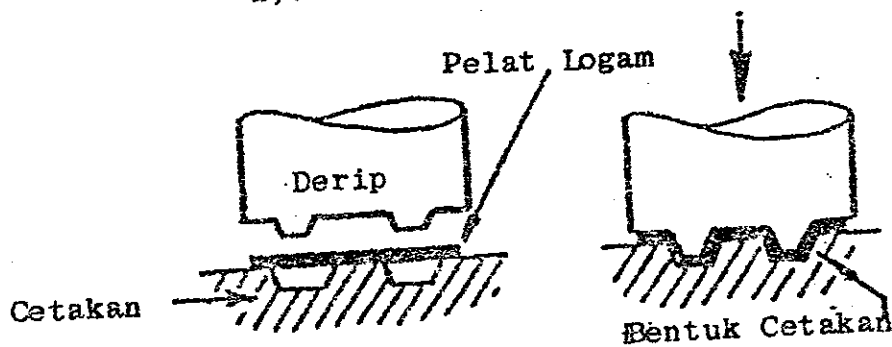
Gambar : 2-11. PENARIKAN



Gambar 2-12. BANGKU / MESIN  
TARIK

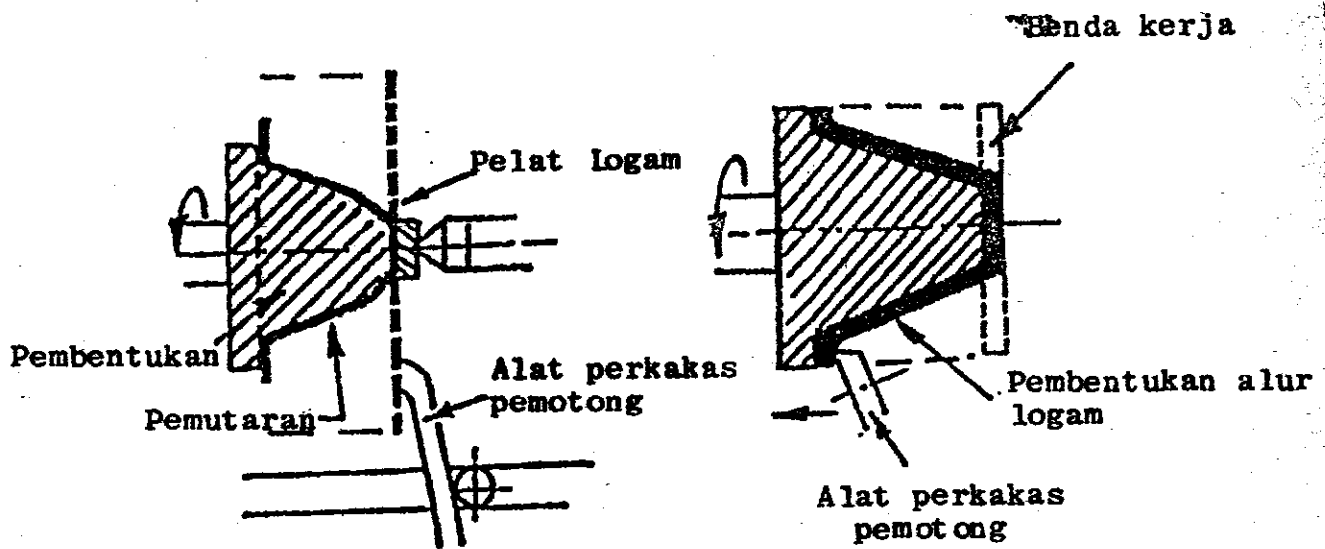


a). PENCETAKAN TIMBUL LUAR



d). PENCETAKAN TIMBUL LUAR

Gambar 2-13. PENCETAKAN TIMBUL

Gambar 2-14. PEMUTARANGambar : 2-15. PEMBENTUKAN ALUR

8). Pemutaran bahwa biasanya proses pengerjaannya dilakukan didalam bengkel mesin.

Dalam proses ini bahwa pelat yang cukup lunak dan kenyal adalah dibentuk dengan tenaga putar untuk menghasilkan lobang yang padat dari perputaran.

Proses yang orisinil dilakukan dengan proses tangan dengan menggunakan mesin bubut yang sederhana dan proses iut dikembangkan dengan proses tenaga putaran yang dasarnya hampir sama dengan proses putaran tangan hanya logam dikerjakan dengan menggunakan rol (lihat gambar 2 - 14).

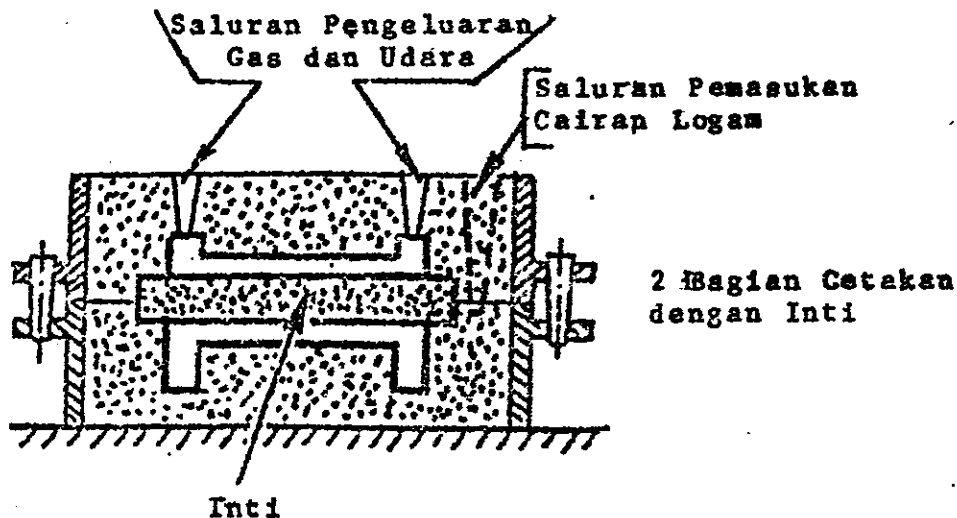
9). Pembentukan alur bahwa proses ini hampir sama dengan proses putaran, hanya penempatan logam paralel dengan

sumbu putar dan diameter benda kerja adalah selalu sama dengan diameter benda/komponen yang selesai hanya bertambah tebalnya. Pembentukan alur adalah dilakukan dengan menggunakan mesin yang lebih berat dari pada mesin yang digunakan tenaga putar dan telah digunakan untuk membuat alat perlatan seperti poros turbin dan diafragma (pelat getar). dimana sebelum itu perlu dikerjakan dengan penempaan berat (lihat gambar 2 - 15).

### 3). Pelaksanaan Pengerjaan Penuangan

Penuangan terdiri dari pemanasan logam untuk membuatnya cair, seterusnya dituang kedalam cetakan dan setelah logam cair membeku maka benda tuangan dikeluarkan dari dalam cetakan. Bahan bahan tuangan harus dicairkan pada temperatur rendah yang layak dan melewati batas pembekuan selama pendinginan. Jadi logam cair dialirkan kedalam cetakan sebelum batas pembekuan yang komplet yang menghasilkan suara penuangan dan batas pembekuan harus tidak diperpanjang melalui pembesaran batas temperatur, lainnya bahan akan menjadi struktur yang terbatas (inti).

Bentuk dan teknik penuangan harus dipilih untuk penuangan bahan yang sesuai dan sebagai contoh penuangan besi : dimana besi dapat dibuat amat cair dan dituang kedalam bentuk yang sedikit sukar (rumit) dengan menggunakan cetakan pasir. Baja tuang mempunyai kandungan karbon yang sedikit lebih rendah, titik cair yang tinggi dan tidak amat cair, sehingga dibutuhkan cetakan dan teknik pe



Gbr 2 - 16 PENUANGAN PASIR

nuangan yang spesial dan tidak dapat dituang kedalam bentuk yang sukar (rumit).

a. Penuangan pasir.

Penuangan dengan cara ini membutuhkan model yang terbuat dari kayu atau logam yang digunakan untuk membuat cetakan didalam pasir kedalam mana logam dituangkan. Bentuk cetakan terdiri dari 2 bagian, sehingga dapat dengan mudah mengeluarkan model dari dalam cetakan dan setelah logam tuang membeku maka dapat dikeluarkan dengan jalan memecah membongkar pasir cetakan. Bentuk bentuk benda tuangan yang berlobang dapat dihasilkan dengan jalan memakai inti yang terbuat dari pasir yang sesuai/cocok dan inti berlaku sebagai pembatas ruangan didalam cetakan kedalam mana logam cair dialirkan atau dituangkan. Pasir inti dapat dikeluarkan dari dalam lobang cetakan melalui lobang lobang inti (lihat gambar

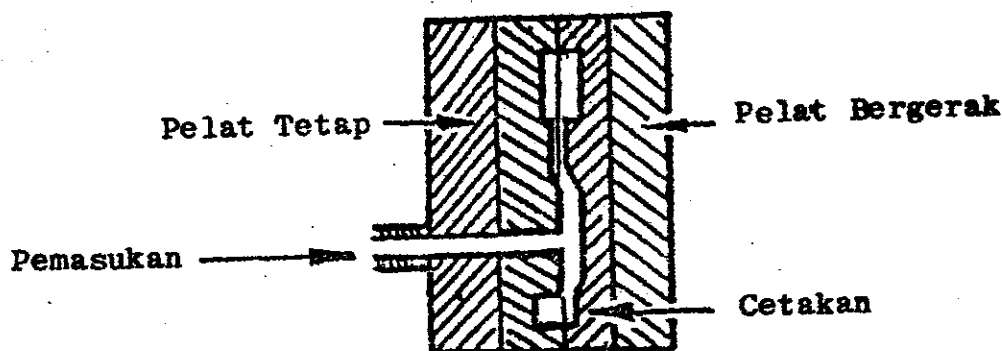


Penuangan pasir dapat digunakan untuk kebanyakan logam tuangan, tetapi tidak dapat melakukan penuangan yang amat teliti dan kurang sesuai untuk penuangan yang berdinding tipis. Penuangan pasir adalah termasuk yang kurang teliti karena pasir cetak tidak dapat menjadi amat kaku (kuat) dan hasil cetakan ukurannya sedikit diperbesar, juga memerlukan cetakan terbagi dalam 2 bagian untuk memudahkan mengeluarkan model.

Penuangan pasir adalah tidak termasuk cara penuangan yang amat cepat karena cetakan harus dibuat untuk setiap penuangan, tetapi cara penuangan dapat dipercepat dengan menggunakan cetakan (penuangan) mesin yang lebih ekonomis untuk penuangan dalam jumlah yang kecil dan tidak membutuhkan peralatan yang rumit (seksama).

Penuangan cetak dapat digunakan untuk penuangan logam dan hasil penuangan lebih teliti dari pada penuangan pasir. Kerugian beberapa ketelitian dalam penuangan pasir adalah membutuhkan pembuatan tuangan yang terbagi dalam 2 bagian (sekarang disebut cetakan) untuk memungkinkan pengeluaran/pencabutan benda tuangan dari dalam cetakan. Penuangan cetak adalah mahal dari pada penuangan pasir untuk penuangan dalam jumlah yang kecil karena memerlukan biaya yang tinggi dalam pembuatan cetakan dengan mesin, tetapi menjadi lebih ekonomis untuk penuangan dalam jumlah yang besar. Penuangan cetak terdiri dari 2 jenis, yaitu :

- 1). Penuangan cetak tekan, bahwa cara ini menggunakan peralatan mesin untuk membuka dan menutup cetakan, dan



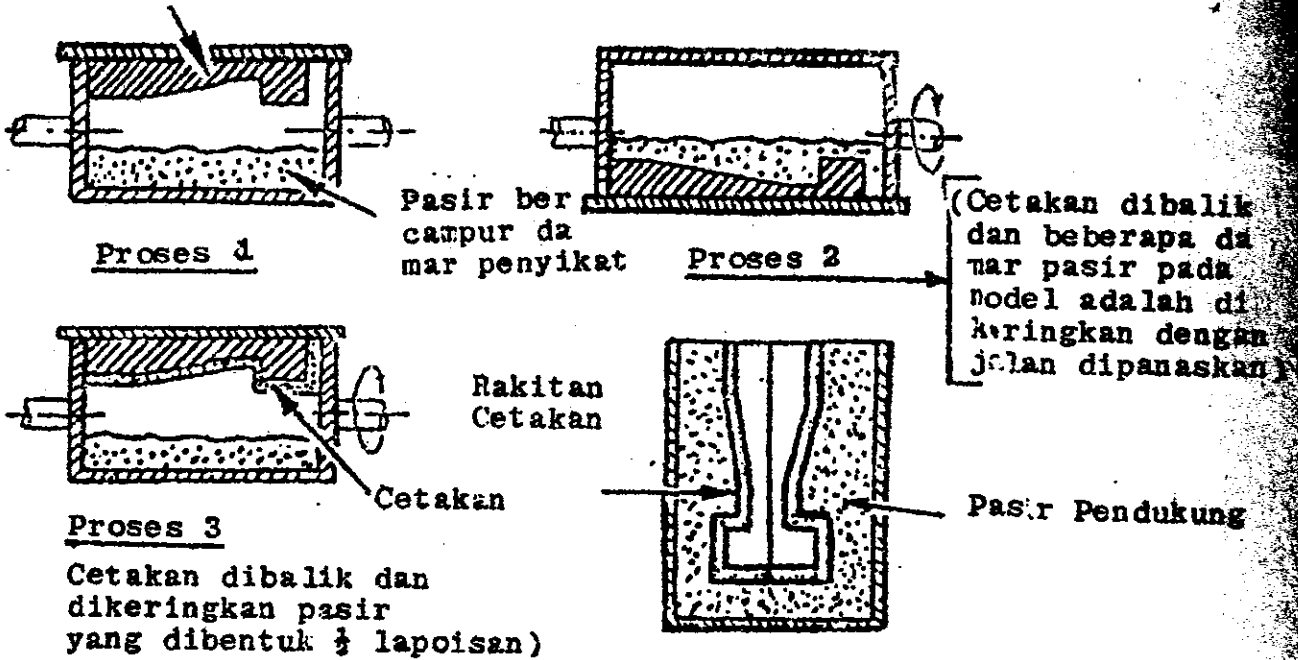
Gbr. 2 - 17 CETAKAN TEKAN

pemasukan logam cair kedalam cetakan dapat lebih cepat serta dapat menghasilkan benda tuangan yang lebih teliti. Cara penuangan ini hanya sesuai untuk penuangan benda yang berukuran kecil karena terbatas kapasitas mesin dalam pembuatan cetakan dan juga tidak dapat digunakan penuangan seluruh logam, tetapi hanya spesial sesuai untuk paduan dasar seng (lihat gambar 2 - 17).

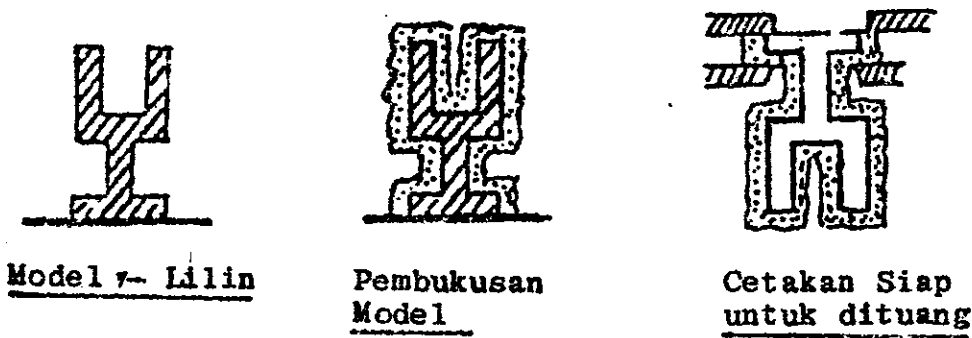
Suksesnya pemakaian cara ini tergantung atas besarnya rencana penuangan, dimana harus dapat memasukkan logam cair dan penyelesaian penuangan dengan cepat. Inti pasir tidak dapat digunakan untuk membuat lobang dalam benda tuangan, tetapi dapat digunakan inti logam yang dapat digerakkan dan penggunaan inti yang amat sering digunakan dapat dihindarkan dengan perencanaan penuangan yang hati-hati atau menghindari penuangan yang berlobang. Penuangan cetak tekan akan menghasilkan penuangan yang teliti apabila penuangan berukuran kecil atau tidak dibutuhkan pengerjaan mesin.

- 2). Penuangan cetak berbobot (bergaya berat), bahwa penuangan ini adalah hampir sama dengan penuangan pasir, kecuali cetakan dibuat dari logam dan tidak dapat menghasilkan penuangan yang teliti. Penuangan dengan cara ini adalah kurang cepat dan hasilnya lebih nyaring dari pada penuangan cetak tekan. Juga penuangan ini dapat menuang lebih besar karena tidak membutuhkan peralatan yang spesial dan dapat digunakan inti pasir apabila dibutuhkan untuk menghasilkan benda tuangan yang berlobang.
- b. Penuangan cetakan berlapis, bahwa cetakan ini terdiri dari 2 bagian yang terbuat dari bahan yang mempunyai titik cair rendah. Cetakan menggunakan model yang dihasilkan dengan jalan pemanasan dan pemanasan untuk mengeringkan perekat damar, sehingga dihasilkan suatu cetakan yang teliti dan tipis. Penuangan yang amat teliti dapat diperoleh untuk sebagian besar logam dengan menggunakan cara penuangan ini dan walaupun pembuatan model memerlukan biaya yang tinggi, tetapi pekerja yang kurang trampil dapat dipakai untuk membuat cetakan (lihat gambar 2 - 18).
- c. Penuangan lilin, bahwa dalam cara ini, model dibuat dari bahan bahan yang mempunyai titik cair rendah seperti lilin yang dibuat dan dipergunakan untuk setiap penuangan. Model lilin adalah dilapisi dengan bahan tahan api untuk menghasilkan sebagian cetakan, seterusnya dipanaskan untuk mengerasakan cetakan dan mencairkan model lilin. Selanjutnya logam cair ditu

Setengah model (dipanaskan)



Gbr. 2 - 18 TINGKAT PERAKITAN CETAKAN



Gbr. 2 - 19 TINGKAT PENUANGAN LILIN INVESTASI

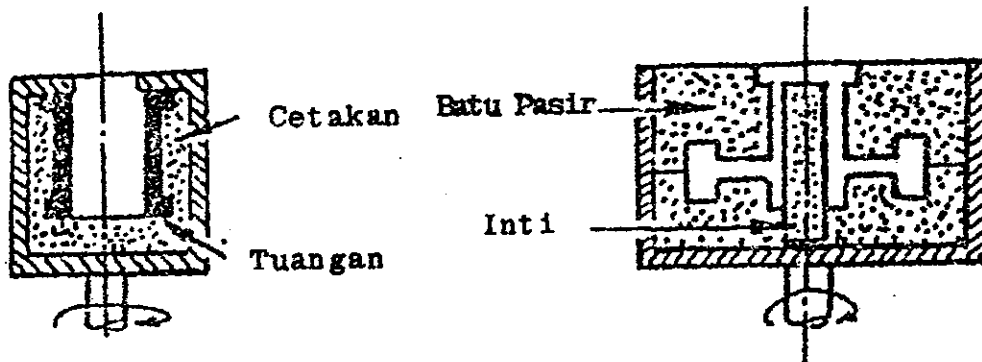
angka kedalam cetakan yang telah dipanaskan dan cetakan dibongkar (dirusak) untuk mengeluarkan logam tuangan setelah terjadi pembekuan (lihat gambar 2 - 19).

Cara penuangan ini adalah amat teliti karena cetakannya kuat (kaku) dan bentuknya memungkinkan untuk menjadi peralatan tuang, dimana cara ini memungkinkan akan mudah untuk mengeluarkan model (seperti dalam tuangan pasir) dan mengeluarkan benda tuangan yang telah selesai (seperti dalam penuangan cetak).

Cara penuangan ini adalah mahal, tetapi seringkali hal itu caranya untuk menghasilkan peralatan tertentu karena bahannya sukar dibentuk dan sukar atau tidak mungkin dikerjakan mesin.

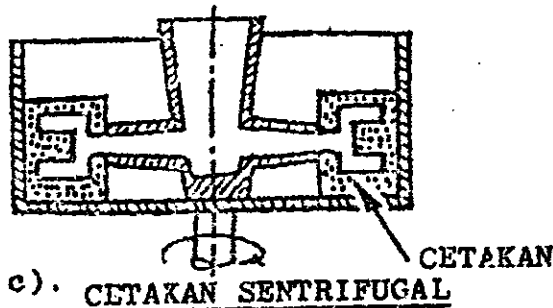
d). Penuangan sentrifugal, bahwa penuangan ini dapat menghasilkan bentuk dan bunyi struktur benda tuangan yang lebih teliti yang dilaksanakan dengan jalan cetakan berputar selama penuangan. Sistem ini dapat digunakan penuangan silinder yang berlobang dan tuangan simetris terhadap sumbunya. Jenis proses dalam penuangan ini disebut cara penuangan berputar, dimana digunakan panci/bak tuangan dengan gelang sorong yang bergerak radial dan cetakan diikatkan (disematkan) pada ujung salah satu gelang sorong. Cetakan berputar sekitar sumbu panci tuangan selama penuangan dan dapat dihasilkan benda tuangan yang rumit dan berbunyi baik (lihat gambar 2 - 20 a,b,c). Penuangan ini adalah sering digunakan yang berhubungan dengan penuangan lilin.

e). Penuangan terus menerus, bahwa terbaik penuangan ini



a). PENUANGAN SENTRIFUGAL TANPA - INTI

b). PENUANGAN SEMI SENTRIFUGAL

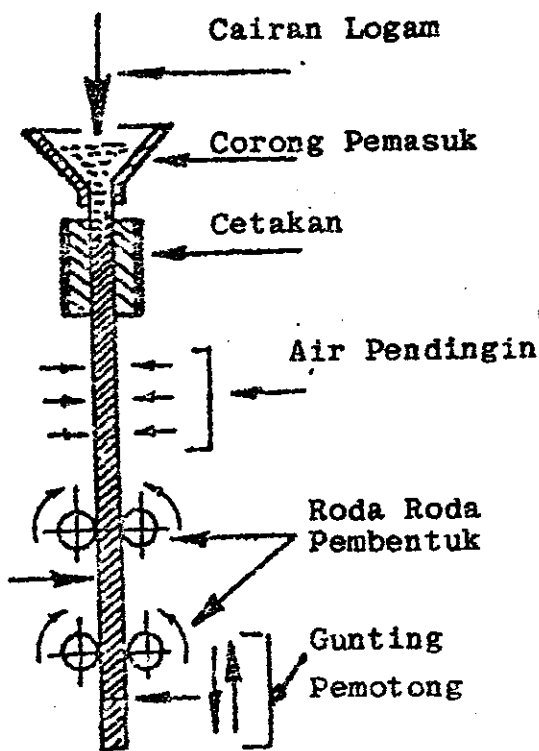


c). CETAKAN SENTRIFUGAL

Gbr. 2 - 20 PENUANGAN SENTRIFUGAL

adalah lebih konvensional yang pelaksanaannya terdiri dari penuangan logam ke dalam cetakan untuk menghasilkan batang tuangan, seterusnya batang tuangan ini dipanaskan kembali dan digiling untuk menghasilkan ukuran batang yang lebih sesuai atau batang tuangan seterusnya dipanaskan dan dikerjakan panas dengan jalan digiling, ditempa dan sebagainya. Penuangan terus menerus adalah termasuk penuangan cepat untuk batang logam yang berukuran panjang, dimana

batang pada panjang yang sesuai dapat dipotong untuk dikerjakan lebih lanjut. Mesin penuangan terus menerus terdiri dari corong pengisi yang dilapisi batu tahan api kedalam mana logam cair dituangkan dan melalui pipa pancar yang terdapat pada bagian bawah co



Gbr. 2 - 21. PENUANGAN TERUS MENERUS.

rong pemasuk, dialirkan secara langsung logam cair kedalam tabung cetak yang kedudukannya vertikal. Cetakan ini terbuat dari tembaga dengan panjang sekitar 1 meter dan bagian dalam cetakan sesuai dengan bahan yang dibutuhkan yang biasanya terbuat dari pelat chrom, disamping itu cetakan diberi pendinginan air. Benda tuangan didinginkan dengan air setelah meninggalkan cetakan dengan di

kontrol oleh roda roda spesial. Kecepatan mesin cetak adalah dikontrol pada batas konstan (tetap) selama logam masih didalam cetakan dan benda tuangan dilakukan pemotongan pada panjang yang dikehendaki dengan pesawat pemotong (lihat gambar 2 - 21).

Penuangan terus menerus dapat dipakai untuk penuangan benda logam yang berpotongan amat kecil dan menghasilkan kualitas benda tuangan yang amat baik. Prosesnya dapat dibuat secara otomatis dan hasilnya mendekati cukup panas untuk seterusnya dikerjakan dengan pengerjaan panas (hot working).

#### 4. Pelaksanaan Pengerjaan Pipa.

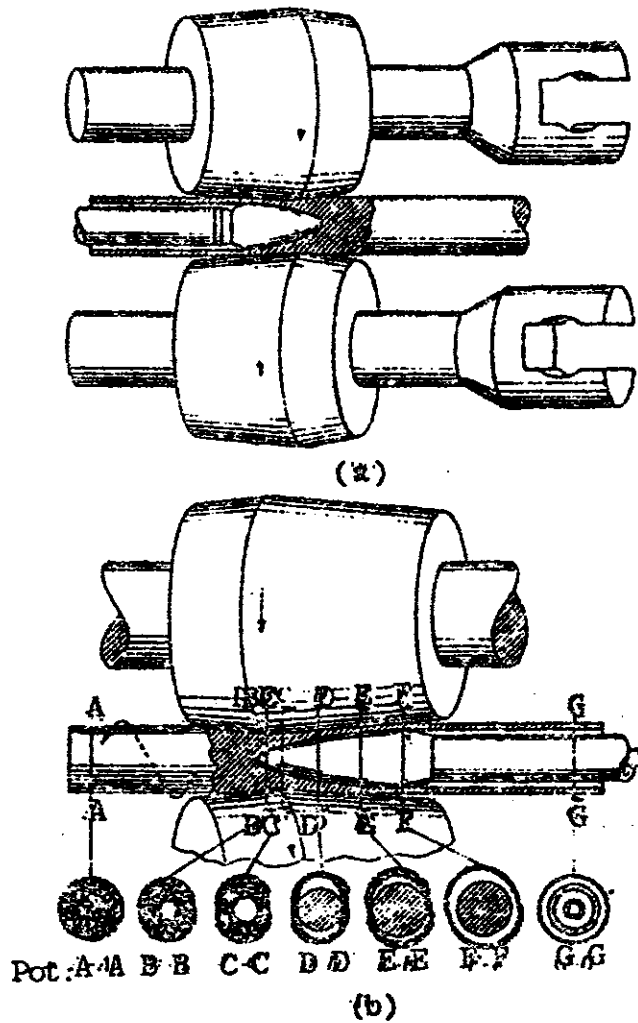
Pipa adalah dihasilkan dengan jalan penggilingan di pabrik seperti pembuatan batang atau pelat baja yang dilaksanakan dengan jalan digiling. Pada umumnya pipa telah menjadi benda struktur yang terpenting yang berguna sebagai bantalan pendukung, pipa pipa gas dalam produksi minyak dan transmisi.

Pipa baja adalah dibuat dengan satu atau dua cara pembentukan yaitu pengerjaan tanpa kampuh atau dilas. Perbedaan cara pembentukan yang dilakukan bukan didasarkan pada sifat sifat dari 2 jenis bahan pokok yang berbeda, tetapi didasarkan pada klasifikasi hasil pembuatan pabrik

##### a. Pembuatan pipa tanpa kampuh

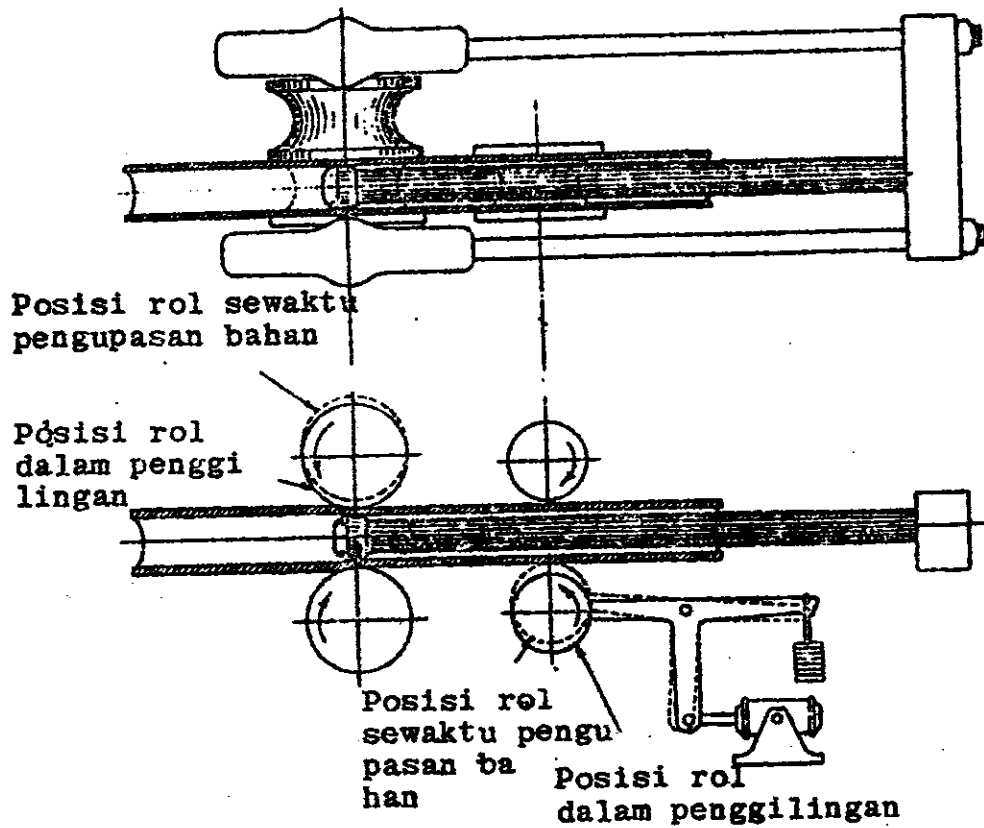
Pembuatan pipa tanpa kampuh adalah biasanya dilakukan dengan jalan satu dari tiga proses, dimana dua diantara proses, dimana dua diantara proses ini tergantung atas produksi awal dari batang baja yang dibuat dengan jalan penggilingan. Dalam proses Mannesman (tanpa kampuh) bahwa batang baja dipanaskan kembali, seterusnya dimasukkan diantara roda roda penggiling melalui ujung runcing dari pada mand rell (pahat pelobang), sehingga terjadi pelobangan tembus dari pada batang baja. Proses ini tidak akan berar





Gbr. 2 - 22. PROSES PENGGILINGAN  
TANPA KAMPUH

arti tanpa mempergunakan pelobang tembus karena batang logam yang digiling akan terjadi pengurangan dan bentuknya akan cekung pada bagian tengah batang, disamping itu batang penembus amat membantu pelaksanaannya dengan menempatkan batang penembus dibagian ujung (kepala) di



Gbr. 2 - 23. PENGGILINGAN DENGAN PENUSUKAN

bagian mana sering terjadi bentuk cekung dan menghasilkan lobang pada ukuran bagian dalam batang (lihat gambar 2 - 22).

Proses lainnya dalam pembuatan pipa adalah dapat dilakukan dengan pengerjaan canai (penggilangan) tusuk, di mana batang logam yang akan dilobang tembus terlebih dahulu dipanaskan kembali dan seterusnya dimasukkan ke dalam roda roda penggiling melalui batang penusuk yang

mengakibatkan terjadi sedikit pengurangan dalam ukuran tebal dinding dan diameter luar batang (lihat gambar 2 - 23).

Disamping itu, pipa dapat dibulatkan didalam mesin penggulung yang terjadi dari aksi roda roda selinder pada bagian luar pipa dan pembentukan atau pemeliharaan diameter bagian dalam dilaksanakan dengan menggunakan pipa penusuk. Pelaksanaan jenis ini dilakukan dalam 2 kali pelaksanaan penembusan (beberapa seri) yang diikuti dengan melalui 2 atau lebih penggilingan tusuk, mesin penggulung dan pembesaran batang pipa.

Cara lain yang termasuk kurang populer dalam menghasilkan pipa tanpa kampuh (kelim) adalah dengan jalan penembusan batang batang baja dengan cara sebagian sebagian dimana batang baja ditembus atau ditekan dengan mandrell melalui beberapa seri (rangkai) secara berturut turut dalam mengurangi diameter dalam batang, seterusnya diikuti dengan pelaksanaan pembesaran dan penarikan lurus.

Pelaksanaan pembuatan pipa tanpa kampuh dari pelat baja dapat dilakukan dengan melekukkan pelat baja dalam bentuk bulat, dimana terlebih dahulu pelat baja dipanaskan pada temperatur tempa, seterusnya dibentuk cawan dengan pencetakan berbentuk bulat (mempertemukan kedua ujung bagian lebar pelat), kemudian ditekan melalui cetakan dengan menggunakan mandrell.

Pada umumnya proses pembuatan pipa tanpa kampuh adalah dapat menghasilkan pipa dengan diameter 26 inci atau kurang dan panjangnya terbatas dengan panjangnya mandrell yang biasa

sanya 40 kaki (480 inci) atau kurang. Pembuatan pipa dengan proses yang bebas dari sambungan memanjang (tanpa kampuh) adalah biasanya menghasilkan pipa yang berdinding tipis dan kurang mampu atau kuat dari pada pembuatan pipa dengan proses pengelasan yang dapat menghasilkan pipa yg berdinding tebal secara konsisten.

b. Pembuatan pipa dengan pengelasan.

Proses pembuatan pipa dengan jalan pengelasan menyangkut banyak variasi, hanya yang terpenting dalam hal ini yang perlu memperhatikan salah satu variasi yang akan dipergunakan. Pipa yang berukuran besar adalah pada umumnya dibuat dari pelat, dimana pertama sekali dibentuk kedalam bentuk " U " , seterusnya dengan mempergunakan batang poros dijadikan berbentuk selinder dan ujung yang berbatasan dilas dengan pemasangan busur nyala yang diteruskan dengan pengelasan elektroda. Teknik pembuatan pipa seperti yang dijelaskan tersebut, hanya dipergunakan untuk membuat pipa yang berukuran diameter 16 inci dan dilakukan pembentukannya dengan pembentukan roda secara terus menerus yang diikuti dengan teknik pengelasan frekuensi tinggi.

Produksi pipa dengan mempergunakan sinar las, dimana pelat dibentuk kedalam bentuk bulat ujung permukaan yang berbatasan dipanaskan dengan penyinaran arus busur nyala sampai mencapai temperatur pencairan dan sebelum arus busur nyala dimatikan dilakukan pendorongan dan penarikan ujung pipa dari daerah pengelasan.

Pipa yang berukuran diameter kurang dari 16 inci adalah dibuat dari besi strip melalui proses pengelasan. pipa

yang berdiameter  $\frac{1}{4}$  - 4 inci dapat dihasilkan dengan bahan besi strip melalui roda roda pembentuk kedalam bentuk penampang bulat, seterusnya dibentuk kampuh las untuk daerah pengelasan dan kemudian diratakan dan diluruskan melalui roda roda pembentuk.

Dalam pembuatan pipa dengan mempergunakan kampuh las dimana potongan pipa dibentuk sepanjang besi strip, seterusnya dipanaskan terus menerus pada temperatur pengelasan dengan menggunakan busur nyala las (gas campur udara dan oksigen) dan dilas pada bagian kampuh las dengan busur nyala elektroda, kemudian dibentuk sesuai dengan alur roda roda pembentuk.

Dalam pembuatan pipa dengan proses tahanan listrik dilaksanakan pembentukannya dengan mempergunakan beberapa seri roda roda pembentuk, tetapi bahan bahan dibentuk dalam keadaan dingin oleh roda roda pembentuk kedalam potongan yang berbentuk bulat. Seterusnya pipa pipa yang telah terbentuk dilas melalui lobang laluan dari arus listrik. Dalam cara lama dipergunakan salah satu arus DC atau Ac hingga beberapa ratus priode melalui lingkaran elektroda yang berputar dilakukan penekanan keatas pipa yang bergerak dibawah elektroda. Pengembangan cara yang baru adalah mempergunakan radio arus frekuensi dengan pengontakan salah satu elektroda secara induksi. Setelah terjadi pembentukan, maka batang logam ditetapkan keluar dan dipotong dengan sinar las sehingga terpisah dengan pipa yang telah terbentuk dan selanjutnya dilakukan proses lain pada pipa dengan membesarkan dan meluruskannya.

Seluruh pipa yang telah diproses, seterusnya dimuai kan dengan jalan pendinginan, dimana pipa dialiri air pada bagian dalamnya dan bagian luarnya dipegang oleh alat pengikat/penjepit untuk dapat digerak gerakan dan dikendalikan. Proses pendinginan tersebut dapat memuat pipa memuai sekitar 2 %, dapat mencapai pengontrolan diameter luar dan dapat memberikan kenaikan kekuatan batas lumer pipa.

Pipa yang berdiameter kecil adalah juga dapat dihasilkan dengan cara memproduksi pipa yang berdiameter besar yang secara umum dibuat dengan cara tanpa kampuh atau las tumpu dan dipergunakan suatu seri dari rol rol pembentuk yang menyebabkan terjadinya regangan dan pengurangan didalam pipa, seterusnya dipotong sampai batas ukuran yang dikehendaki.

Pipa yang dibuat dengan cara mengelas kampuh memanjang adalah mampu menghasilkan pengontrolan pada ketebalan dindingnya dan dapat dijamin bebas dari kerusakan permukaan pada dinding bagian dalam, sehingga dapat dibandingkan dengan pipa yang telah diinspeksi. Juga pengelasan kampuh memanjang untuk mengetahui kelemahannya dapat dilakukan pemeriksaan pada bagian intinya dengan suatu teknik pemeriksaan yang sesuai yang gunanya untuk meyakinkan kualitas pengelasan dalam pembuatan dan pembentukan pipa.

Pembuatan pipa yang berukuran panjang dan besar adalah dibuat terbatas karena menyangkut masalah pengangkutan dan mengatasi masalah pengangkutan telah dilakukan beberapa usaha dalam pembuatan dan pembentukan pipa dengan penge-

lasan terus menerus dengan membuat ulir/derad pada kedua ujung pipa untuk penyambungan sehingga dapat dibuat ukuran panjang dan besarnya diameter pipa sesuai dengan alat pengangkutannya.

## PENGERJAAN DAN PEMAKAIAN LOGAM

## 1. Pengerjaan Bahan Logam

Pengerjaan bahan logam adalah proses pengerjaan bahan logam yang ditujukan pada cara-cara penyambungan logam yang mengalami retak, koroosi, patah dan sebagainya yang dilakukan dengan penyambungan tetap dan lepas (tidak tetap). Pengerjaan lainnya adalah ditujukan untuk melapisi permukaan logam dengan bahan-bahan pelapis yang gunanya untuk mencegah terjadinya proses pengkaratan pada permukaan logam. Pengerjaan bahan-bahan logam ini ditujukan pada proses penyambungan dan proses pengerjaan permukaan.

## 1.1. Pengerjaan Sambungan Logam

Penyambungan bahan-bahan logam mempunyai sejumlah besar cara-cara penyambungan yang dapat dipergunakan, tetapi dalam fasal ini hanya menjelaskan secara ringkas tentang sifat-sifat yang prinsip dari cara-cara penyambungan dan tidak bermaksud menjelaskan secara mendetail cara-cara penyambungan logam. Faktor-faktor yang mempengaruhi dalam pemilihan cara-cara penyambungan bahan yang disambung adalah :

- a. Komposisi, sifat-sifat mekanik dan fisik.
- b. Bentuk kondisi, yaitu batas kondisi dari pada panas misalnya: dalam pekerjaan listrik bahwa sekitar sambungan dari komponen yang lunak adalah mempunyai batas temperatur yang diizinkan.
- c. Bentuk dari pada peralatan.
- d. Kekuatan sambungan yang dibutuhkan.
- e. Derajat permanen dari pada sambungan.
- f. Ukuran dari pada komponen.
- g. Biaya yang diizinkan untuk pelaksanaan penyambungan.



Sejumlah cara-cara penyambungan dapat diklasifikasikan dalam 3 cara yaitu : cara penyambungan mekanik, cara penyambungan metalurgi dan cara adhesi (pelekatan).

a. Penyambungan mekanik

Cara penyambungan mekanik adalah kadang-kadang diklasifikasikan se-  
bagai penyambungan dengan beban tambahan dan penyambungan ini da-  
pat dibagi dalam 2 bagian, yaitu cara-cara pengikatan dan paku ke  
ling.

1). Cara-cara pengikatan, bahwa cara ini pelaksanaannya terdiri  
dari :

a). Pengikatan baut, dimana 2 buah alat yang akan disambung  
adalah dibor pada ukuran kelonggaran yang sesuai, dan cara  
ini membutuhkan ruangan yang cukup sekitar peralatan yang  
disambung, sehingga baut dapat dipasang kedalam lobang pe-  
ralatan dan juga mempunyai ruangan untuk kunci-kunci pas.  
(kunci-kunci baut) yang digunakan untuk mengikat kencang  
kencang dan melepaskan atau membuka peralatan.

b). Pengikatan ulir sekerup, dimana dalam pengikatan cara ini  
bahwa satu peralatan dibor pada ukuran kelonggaran yang se-  
suai, peralatan lainnya diberi ulir untuk menerima ulir se-  
kerup yang digunakan untuk menyambung kedua peralatan dan  
sebuah kunci pas diperlukan untuk menguatkan atau melepas-  
kan sambungan. Cara ini adalah berguna untuk penyambungan  
peralatan yang tidak mempunyai ruangan untuk mur atau apabi-  
la akan janggal atau tidak mungkin digunakan 2 buah kunci  
pas.

c). Pengikatan baut dan mur, bahwa baut dapat diulirkan kedalam  
komponen yang berukuran besar atau diikatkan pada komponen

selama penuangan atau pencetakan. Komponen yang berukuran kecil adalah diikat pada komponen yang berukuran besar dengan menggunakan baut pada bagian ujung dari pada baut. Dalam cara ini, hanya sebuah kunci pas yang dibutuhkan untuk melepaskan atau membuka sambungan, tetapi penjagaan harus dilakukan untuk tidak terjadi kerusakan ulir dalam bagian ulir sekerup. Dalam cara ini, digunakan untuk keran air dan peralatan pengunci seperti : pegas keran air, lebel, pelat-pelat pengunci dan mur penjamin/pengikat.

- d). Penyesuaian pipa, dalam cara ini bahwa nipple diikat pada pipa dan dikuatkan dengan penyetelan dalam kopeling pipa dengan mempergunakan mur wartel. Cara ini dipergunakan untuk pipa-pipa air, minyak bensin dan pipa minyak.

Selanjutnya cara pengikatan adalah untuk alat peralatan yang dengan mudah dipisah-pisahkan (dibuka dan dipasang) yang digunakan dalam pemeliharaan atau reperasi, tapi merusak alat peralatan atau pengikatan komponen, kecuali pengikatan pipa air dan pelat pengikat yang mana biasanya dilepaskan atau menggantinya sewaktu pengerjaan kembali.

- 2). Penyambungan paku keling, dalam cara ini bahwa pelat yang akan disambung adalah dibor untuk tempat (menerima) paku keling sebelum dikeling dan lobang bor pada pelat yang akan disambung lebih besar dari pada batang paku keling. Penyambungan dilakukan dengan membentuk kepala paku keling dengan alat spesial dan tangkai paku keling mengisi lobang pelat, sehingga terjadi pemampatan pelat-pelat yang disambung diantara kepala paku keling. Ukuran paku keling dan ruangan pengelingan adalah direncanakan dengan berbagai cara untuk membuat sambungan tidak akan

patah (rusak) dan secara umum paku keling direncanakan akan patah pada tegangan yang sedikit rendah dari pada pelat yang akan disambung karena paku keling dapat lebih mudah diganti dengan biaya yang rendah.

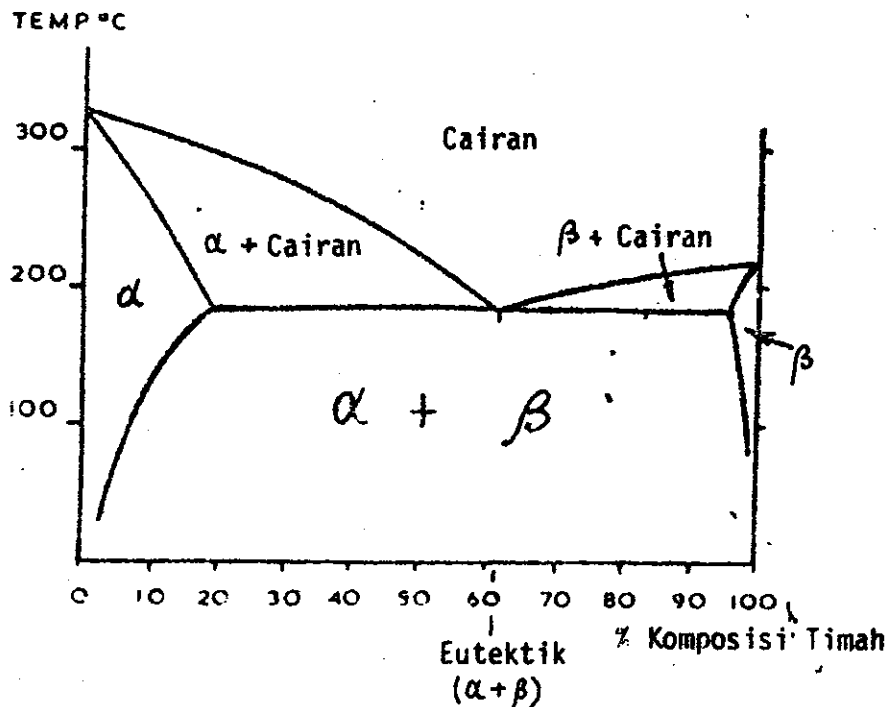
Bermacam-macam kombinasi dari pada posisi pelat dan paku keling yang dibuat untuk kondisi yang baik, kemungkinan pelat disambung berimpit (berimpit dan dikeling pelat bersama-sama) atau kampuh berimpit (bidang yang sama) dan pelat-pelat diikat bersama-sama dengan paku keling, dimana pelat-pelat terikat bersama-sama dengan pelapis pelat. Pelapis pelat adalah pelat yang diregangkan sepanjang sambungan. Pelapis dan pelat disambung adalah mempunyai lebar tergantung atas jumlah deret paku keling yang direncanakan.

Dalam penyambungan peralatan yang berat dipakai paku keling baja yang digunakan dalam keadaan panas, sehingga dalam keadaan yang dapat dibentuk dan tegangan konstruksi membuat penarikan diantara pelat bersama-sama. Dalam penyambungan peralatan yang ringan dipakai paku keling yang terbuat dari paduan aluminium dan dilakukan pekerjaan pelarutan untuk membuatnya dalam keadaan lunak, dimana akan menjadi keras dan kuat dalam pengemudian setelah dilakukan penyambungan.

#### b. Penyambungan metalurgi

Cara ini adalah kadang-kadang diklasifikasikan sebagai "penyambungan tanpa tegangan sisa" dan penyambungan jenis ini terdiri dari 3 jenis, yaitu :

1. Sambungan solder, bahwa dalam cara penyambungan ini digunakan bahan-bahan yang berbeda dengan komponen yang akan disambung, dan sejumlah penyolderan berguna untuk menyambung komponen dengan bahan dan kondisi yang baik. Bahan-bahan yang



Gbr. 3-1. DIAGRAM KESEIMBANGAN TIMBEL-TIMAH.  
(LARUTAN PADAT DALAM TIMBEL  
URUTAN PADAT DALAM TIMBAH)

han dan kondisi yang baik. Bahan-bahan yang digunakan dalam sambungan solder adalah :

- Solder Timman yang mengandung timah sekitar 62% dan timbel sekitar 38 % dan struktur timah-timbel adalah eutektik yang akan membeku pada tempratur 183°C (lihat gambar 3-1).
- Solder lunak yang mengandung timah sekitar 33 % dan timbel sekitar 67 % dan solder akan membeku diatas tempratur sekitar 260°C sampai 183°C, dan sambungan solder lunak dapat dihilangkan (lihat gambar 3-1).
- Solder untuk sambungan paduan tembaga yang mengandung perak sekitar 2,5% dan timbel sekitar 97,5 %. Perak lebih cenderung digunakan dari pada timah karena campuran timah dan tembaga akan menghasilkan suatu campuran yang rapuh yang mana akan membuat sambungan menjadi lunak.

Peralatan yang akan disambung harus bersih dan permukaannya bebas dari oksid-oksida dan pelelehan digunakan untuk mengeluarkan terak dari oksid-oksidnya. Kebanyakan bahan pelelehan digunakan asam garam, tetapi bahan pelelehan ini tertinggal dibelakang residu bahan perusak. Apabila sambungan tidak dapat menghilangkan bahan dasar pelelehan maka selalu dilengkapi atau menggunakan bahan bukan perusak, tetapi hal ini hanya efektif berguna untuk pelat dari bahan perak dan timah.

2). Solder keras, bahwa penyolderan bentuk ini adalah dilakukan pada temperatur tinggi dengan menggunakan bahan perunggu sebagai bahan penyambungannya. Penyolderan yang keras menghasilkan sambungan yang lebih kuat dari pada cara penyolderan lainnya, dan biasanya digunakan untuk pelelehan jenis boraks, tetapi bahan pelelehan jenis fluotid yang digunakan untuk menyolder perak yang berkualitas tinggi. Pada pekerjaan secara umum digunakan solder keras yang mengandung tembaga sekitar 50 % dan seng sekitar 50% dengan titik cair sekitar  $870^{\circ}\text{C}$ . Solder perak mengandung perak sekitar 10 % - 80 % dengan tembaga dan seng yang sesuai dengan kebutuhan dengan titik cair dari  $625^{\circ}$  sampai  $870^{\circ}\text{C}$  yang sesuai dengan komposisinya. Seluruh solder keras mempunyai batas pembekuhan.

c. Penyambungan las, bahwa proses ini dapat digolongkan sebagai pengeelasan luner dan pengeelasan tekan.

1). Pengeelasan luner, bahwa hampir sama penggunaannya dengan penyambungan solder dan solder keras, tetapi dalam proses ini digunakan batang las (elektroda) yang sama dengan bahan komponen yang dilas. Dalam pengeelasan luner mempunyai 3 jenis cara pelumeran yaitu :

- a). Las otogen, dimana gas digunakan sebagai busur nyala untuk mencairkan batang pengisi (kawat las) dan komponen yang akan disambung. Gas dapat terdiri dari oksihidrogen (gas letus) yang digunakan untuk pekerjaan las pada temperatur rendah, otogen (gas oksigen dan asetilin) yang dapat menghasilkan temperatur diatas sekitar  $3000^{\circ}\text{C}$  dan konsentrasi panas yang baik dan otomik hidrogen yang dapat menghasilkan temperatur diatas sekitar  $4000^{\circ}\text{C}$ .
  - b). Las busur nyala, dimana dalam proses busur nyala karbon bahwa busur nyala memanaskan (membakar) diantara elektroda karbon dengan benda kerja dan digunakan batang pengisi yg terpisah. Dalam proses pengeluaran logam dengan busur nyala digunakan elektroda sebagai batang pengisi dan cairakan selama berlangsung pengelasan untuk mengisi kampuh dari pada sambungan. Proses ini hanya digunakan untuk pengelasan baja.
  - c). Las termit, dimana proses ini digunakan untuk mengelas besi baja tuang. Suatu cetakan dibuat disekitar daerah logam yang diperbaiki dan bubuk biji besi dicampur dengan bubuk alumanium ditempatkan didalam bak yang berada didekat cetakan, seterusnya cetakan dipanaskan dan bubuk dibakar sebagai hasilnya adalah terjadi pembakaran oksigen dalam oksid besi yang bercampur dengan alumanium dan pembakaran besi yang menjalar kedalam cetakan untuk mengelas komponen yang diperbaiki.
- 2). Pengelasan tekan, bahwa proses pengelasan ini terdiri dari pengelasan api dan tahanan.
- a). Pengelasan api, dimana dalam cara ini bahwa pukulan-puku-

lan palu dan pemanasan digabungkan untuk menghasilkan pertumbuhan kristal yang melintang garis sambungan.

b). Pengelasan tahanan, dimana dalam cara ini, dilakukan pemanasan setempat yang akan menghasilkan tahanan pada logam yang disambung untuk pengaliran arus listrik. Dalam las tahanan terdiri dari beberapa jenis, yaitu :

- Las titik, dimana digunakan untuk menghasilkan sambungan berimpit dengan jalan menjepit pelat yang disambung diantara 2 elektroda yang berdiameter kecil dan tahanan yang terjadi menyebabkan pelumeran setempat diantara pelat-pelat yang disambung. Las titik hampir sama dengan las kampuh kecuali pada las kampuh digunakan 1 atau 2 rol yang digunakan sebagai elektroda untuk menghasilkan garis sambungan yang terus-menerus.
- Las tumpu, dimana biasanya digunakan untuk menyambung kawat dan batang logam yang panjang dengan jalan ditekan (dipres) pada bagian ujungnya bersama-sama dan arus listrik dialirkan yang menyebabkan panas merambat pada permukaan benda yang disambung, Las tumpu hampir sama dengan las cahaya kecuali panas digunakan sebelum benda yang disambung ditekan bersama-sama.
- Las proyeksi, dimana dalam cara ini bahwa sejumlah pukulan diproyeksikan dalam pelat-pelat tipis yang akan disambung dengan las titik. Proses pengelasan hampir sama dengan pengelasan titik kecuali penempatan sambungan diperoleh dengan jalan memproyeksikannya dari pada menggunakan elektroda yang berdiameter kecil. Proyeksi dipindahkan dengan jalan pengelasan, tetapi tinggi dari pada proyeksi harus se-

dalam 0,01 mm pada lainnya apabila proses diinginkan berhasil.

- d. Penyambungan adhesi (gaya lekat), bahwa perekat adhesi sintetis adalah dari jenis yang kuat dan perekat dari jenis termoplastik memerlukan pengeringan yang dikombinasikan antara tekanan dan pemanasan yang digunakan untuk menyambung logam dan bukan logam. Proses ini digunakan untuk peralatan pabtik pesawat terbang.

### 1.2. Pengerjaan Permukaan Logam

Pengerjaan permukaan logam dilakukan untuk mencegah pengkaratan atau korosi dan memperbaiki permukaan logam atau menghasilkan sifat-sifat permukaan logam yang spesial seperti pengerasan.

Alasan yang paling penting dari pengerjaan permukaan untuk memberikan penjagaan terhadap karatan atmosfer yang terjadi karena kelembaban dan oksigen. Peralatan mekanik dapat dijaga dari pengkaratan kelembaban dan udara dengan jalan memberinya cat dan apabila dibutuhkan penjagaan yang lebih efisien dapat dilakukan dengan pengerjaan galvanis tetapi lebih mahal biaya pengerjaan galvanis. Sejumlah faktor harus diperhatikan sewaktu memilih cara pengerjaan permukaan, dimana faktor-faktor tersebut, yaitu:

- a. Alasan untuk mengerjakan misalnya pencegahan karatan, memperbaiki permukaan atau memberikan sifat-sifat permukaan yang spesial.
- b. Logam yang dikerjakan.
- c. Ukuran dan bentuk peralatan yang dikerjakan.
- d. Ketelitian ukuran dari peralatan yang dikerjakan.
- e. Biaya yang dibutuhkan dalam pengerjaan.

Cara pengerjaan permukaan terdiri dari pelapisan dengan logam dan oksid, pengerjaan kimia dan pengecatan.



a. Pelapisan cat.

Penjagaan peralatan mekanik dari pengkaratan kelembaban dan udara dapat dilakukan dengan jalan membersihkan permukaan, seterusnya mengecatnya. Hal yang terpenting dalam hal pengerjaan ini adalah pembersihan atau pengeluaran seluruh bekas pengkaratan sebelum dilakukan pengecatan, dengan kata lain karatan akan terjadi terus dibawah lapisan cat apabila seluruh bekas pengkaratan tidak dihilangkan sebelum pengecatan. Karatan dapat dihalangi dengan jalan pembersihan dan pemberian cat dasar dengan oksid seng dan timbel pada permukaan logam.

b. Pelapisan dengan logam

Penjagaan logam dapat dilakukan dengan jalan pembungkusan logam yang dapat dilakukan secara langsung atau pengorbanan. Penjagaan langsung diperoleh dengan menggunakan pembungkus logam mulia secara relatif, penjagaan yang komplit hanya diperoleh dengan pembungkusan lapisan permukaan secara komplit. Penjagaan pengorbanan adalah diperoleh dengan menggunakan pembungkusan logam, dimana bahan logam mulia dikurangi dalam bahan pelapis karena adakalanya dapat merusaknya. Penjagaan dengan cara ini adalah tidak tergantung atas pelapisan permukaan secara menyeluruh, dan menjadi patah jika pelapisan diteruskan.

1). Pelapisan secara galvanis, dimana cara ini dilakukan didalam rendaman galvanis, dimana peralatan yang akan dilapisi (galvanis) menjadi elektrolit atau menjadi reaktif anoda sebagai konsumen selama berlangsung proses.

a. Lapisan nikel-chromium, bahwa secara luas digunakan bahan paduan perunggu (tembaga kuning), baja dan seng untuk memberikan ketahanan karat dan memperbaiki permuka

an logam yang dilapis. Tebalnya pengendapan lapisan nikel sekitar 0,01 - 0,03 mm dan pengendapan lapisan chrom sekitar 0,0002 mm. Sewaktu baja dilapisi nikel bahwa pertama digunakan lapisan tipis dari tembaga dan setiap lapisan dipoles sebelum dilakukan pengerjaan lapisan berikutnya, tetapi lapisan nikel yang berkilat tidak membutuhkan pemolesan dan lapisan nikel yang berkilat diperoleh dengan penambahan bahan pelapis untuk perendaman galvanis.

- b. Lapisan chromium yang keras, bahwa tebalnya pengendapan lapisan chrom sekitar 0,002 mm, seterusnya dipoles dan pelapisan bahan ini memberikan lapisan non ferro yang amat keras.
- c. Lapisan cadmium (logam putih biru), bahwa bahan ini adalah kenyal dan dapat digunakan sebagai bahan pelapis untuk peralatan yang akan dibentuk setelah dilakukan pelapisan. Bahan ini mempunyai koefisien gesekan yang rendah dan menguntungkan sewaktu dipergunakan karena dapat memberikan ketahanan karat hanya bahan ini kurang tahan terhadap asam sehingga harus tidak dibolehkan bersinggungan dengan bahan makanan karena dapat menjadi beracun.
- d. Lapisan seng, bahwa bahan ini lebih murah dari pada bahan pelapis cadmium dan memberikan pengendapan lapisan lebih tebal dari pada cara galvanis dan lebih baik dari pada penjagaan untuk ulir sekerup karena kurang berpengaruh ketelitiannya. Belapisan seng digunakan secara luas untuk kunci-kunci mekanik dan ro

da gigi jendela mobil.

Pelapisan seng dan cadmium adalah cara penjagaan pengorbanan dan jaga pembungkusan permukaan secara komplit adalah kurang berpengaruh dari pada sewaktu dilapisi dengan lebih banyak logam mulia (misalnya chrom dan nickel).

2). Pencelupan panas, dimana dalam cara ini bahwa logam dibungkus melalui rendaman cairan logam.

a). Pencelupan timah panas, dalam cara ini bahwa baja dibersihkan dengan asam untuk mengelupas kulit luarnya, seterusnya dilapisi dengan tebal sekitar 0,25 mm melalui perendam aliran cairan dan timah, selanjutnya tebal lapisan adalah dikontrol dengan sistem kempa. Pelat dengan lapisan timah digunakan untuk tempat makan dan peralatan memasak karena timah tidak menimbulkan racun. Pelat ini dapat dengan mudah disambung dengan solder.

b). Pencelupan panas galvanis, bahwa sebelum dilakukan galvanis terlebih dahulu baja dibersihkan dengan memolesnya atau hembusan yang keras dan seterusnya dicuci. Selanjutnya baja direndam didalam bahan cairan yang akan membentuk lapisan cairan diatas permukaan baja, kemudian baja dikeringkan didalam dapur pemanas untuk menjaga permukaan baja dari oksidasi selanjutnya selama pencelupan didalam rendaman seng, dimana dapat terjadi pengelupasan lapisan permukaan. Pencelupan galvanis digunakan untuk rangka jendela, ember dan besi berombak.

3). Elektro galvanis dan elektro timah, dimana proses ini adalah hampir sama, dalam mana baja melewati penyelesaian pembersihan dan sel-sel pelat secara terus-menerus dan seng atau timah dimasukkan kedalam sel pelat sebagai anoda reaktif. Elektro galvanis dihasilkan dengan pembungkaman (melapisi) bahan seng dengan lapisan tipis (tebalnya sekitar 0,002 mm), dan setelah dilapisi, kemudian dapat dibentuk, disamping dengan las titik atau disolder yang selanjutnya dicat atau diemail. Baja yang dihasilkan dari jenis elektro galvanis adalah digunakan untuk lemari dapur, perabot kantor, peralatan lemari es dan komponen mobil seperti tangki minyak.

Elektro timah adalah suatu cara cepat dalam menghasilkan pelat-pelat timah dan cara ini, sangat berguna karena dapat menghasilkan pengendapan lapisan pelat yang lebih tebal pada salah satu sisi dari pada sisi lainnya.

4). Lapisan non ferro dimana pelat tipis dari logam yang tahan terhadap karat adalah dapat digiling pada salah satu sisi dari logam yang dijaga terhadap karatan. Lapisan pelat logam dapat dibuat dari bahan aluminium murni untuk melapisi paduan aluminium dan bahan nikel untuk melapisi baja.

5). Pelapisan sementasi, dimana proses ini hampir sama dengan proses karburasi (persenyawaan dengan zat arang) yang digunakan untuk pengerasan permukaan baja. Logam yang dikerjakan adalah dilindungi (dijaga) sekelilingnya dengan logam berbentuk tepung, seterusnya dipanaskan pada temperatur yang lebih rendah dari pada titik cair logam yang ber

sangkutan. Logam pelindung (tepung) masuk kedalam permukaan logam yang dilindungi yang berfungsi sebagai logam pembungkus (pelapis). Jenis proses sementasi adalah proses pengerjaan lapisan dengan seng, chromium dan aluminium.

- 6). Pelapisan semprot, dimana logam yang dilapisi adalah dilakukan dengan jalan penyemprotan seng dan aluminium. Logam yang digunakan sebagai pembungkus adalah berbentuk bubuk atau kawat dan dicairkan, seterusnya disemprotkan keatas permukaan logam yang akan dilindungi. Proses penyemprotan seng menggunakan alat penyemprot (pistol) dengan pemanasan listrik untuk menyemprotkan cairan seng kepermukaan logam yang dilindungi.

c. Pengerjaan kimia.

Pengerjaan lapisan dengan proses kimia adalah terdiri dari :

- 1). Lapisan fosfat, dimana proses ini digunakan untuk baja dan paduan seng, yang meliputi pemanasan logam dalam larutan fosfat asam untuk menghasilkan lapisan diatas permukaan logam dan diikuti dengan pengerjaan pengecatan, pernis, pelumasan atau pengerjaan lak. Proses pelapisan fosfat adalah digunakan untuk melapisi besi dan baja yang meliputi pemanasan peralatan dalam larutan asam fosfat dan ditambahkan besi.
- 2) Lapisan chromium, dimana bahan ini digunakan secara luas untuk melapisi paduan magnesium dan juga paduan seng. Dalam proses ini, peralatan dicelupkan kedalam perendaman yang mengandung bichromat kalium dan bahan tambahan.

3). Lapisan karbonat natrium dan chromium, dimana proses ini bertujuan menebalkan lapisan oksid yang berbentuk murni pada permukaan aluminium dan peralatan dicelupkan kedalam larutan natrium karbonat dan natrium chrom atau kalium chrom selama sekitar 5 menit. Lapisan dihasilkan dengan jalan pen- selupan dalam larutan natrium selama lebih kurang 45 menit adalah dapat membuat lapisan permukaan logam menjadi keras dan lebih tahan terhadap karat. Lapisan dapat menjadi ber- warna dengan jalan penambahan bahan tambahan didalam bak rendaman.

#### d. Pelapisan oksid .

Pelapisan anoda digunakan untuk melapisi aluminium dan padu- annya dan penebalan lapisan oksid yang berbentuk murni adalah bertujuan untuk melapisi permukaan logam. Proses ini dilakukan dalam sel-sel selama 30 menit dimana aluminium berfungsi seba- gai anoda dan sebagai katoda dipergunakan timbel atau baja ta- han karat (stainless steel). Apabila dibutuhkan lapisan oksid yang dihasilkan dapat dilakukan dengan jalan pencelupan.

## 2. Pemakaian bahan logam.

Pemakaian bahan logam yang dimaksud dalam fasal ini adalah yang berhubungan dengan pemakaian logam dalam keadaan tercampur dan sifat- sifat mekanik logam sesuai dengan kebutuhan pemakaiannya. Oleh karena itu, dalam fasal ini hanya menjelaskan tentang pemakaian bahan-bahan logam untuk logam bantalan dan alat-alat potong.

### 2.1. Bahan-bahan logam bantalan

Logam-logam yang dipergunakan sebagai logam bantalan adalah membutuhkan sifat-sifat sebagai berikut :

- a. Tahan pakai, dimana bantalan harus tidak dibuang atau tidak di pakai ketika sewaktu perbaikan, sehingga logam bantalan harus relatif lebih keras dari pada logam poros karena supaya logam bantalan tidak menjadi aus dan tergores atau tertarik.
- b. Kuat, dimana bahan bantalan harus mempunyai batas elastis yang cukup tinggi dalam menahan tekanan untuk mendukung beban pada temperatur kerja, tetapi cukup kenyal dan liat untuk menerima beban guncangan.
- c. Titik cair yang tinggi, dimana bahan bantalan harus tidak lunak dalam pemakaian, sehingga harus titik cairnya tinggi untuk tahan terhadap kelunakan.
- d. Daya antar panas, dimana diperlukan daya antar panas dalam logam yang gunanya untuk membuang atau menghilangkan panas dari permukaan logam. Oleh karena itu, sewaktu bantalan dipergunakan atau sedang bekerja adalah perlu diberikan minyak pelumas dan apabila tanpa diberikan minyak pelumas maka logam bantalan harus mempunyai keefisien gesekan yang rendah.

Logam yang dijadikan bahan-bahan bantalan dapat diklasifikasikan sebagai logam putih (dasarnya paduan timah dan timbel) dasar paduan tembaga, besi tuang, dasar paduan aluminium, logam sinter dan bahan plastik.

a. Logam-logam putih.

Paduan logam ini mempunyai sifat-sifat gabungan yang keras dengan kenyal dan kuat karena mempunyai struktur mikro yaitu gabungan antar logam yang keras yang terdiri dari timah dan antimon dalam endapan larutan padat yang lunak. Selama awal pemakaian (kerja), bahwa larutan padat bantalan adalah sedikit tidak tahan, sehingga dibentuk sejumlah tem-

TABEL 3-1. BAHAN BANTALAN LOGAM PUTIH

Komposisi .....%				Pemakaian
Timah	Antimon	Tembaga	Timbel	
93	3,5	3,5	-	Logam bantalan besar untuk mesin motor mobil.
86	10,5	3,5	-	Logam bantalan yang utama untuk mobil dan mesin pesawat terbang
80	11	3,0	6	Logam bantalan yang dipergunakan untuk peralatan/mesin kerja berat.
60	10,0	1,5	28,5	Logam bantalan untuk motor pembakaran dalam dan mesin-mesin listrik.
40	10,0	1,5	48,5	Logam bantalan untuk peralatan/mesin kerja sedang.
20	15	1,5	63,5	Logam untuk bantalan peralatan/mesin kerja ringan.
5	15	-	80	Logam untuk bantalan yang berukuran panjang dengan beban sedang.

pat penyimpanan minyak pelumas untuk menolong dan memelihara lapisan permukaan dengan pelumasan.

Paduan dasar timah yang disebut logam putih adalah logam yang mempunyai kualitas yang lebih baik, dan paduan dasar timbel adalah kurang mahal tetapi sesuai untuk pekerjaan yang mempunyai beban rendah dan sedang. Bantalan dari logam putih adalah digunakan untuk kebutuhan paduan yang mempunyai titik cair rendah karena dapat dengan mudah dituang.

b. Paduan dasar tembaga atau perunggu.



Tabel 3 - 2. Bahan Bantalan Perunggu

Komposisi .....%					Pemakaian
Tembaga	Timah	Timbel	Seng	Fosfor	
89	Min.10	-	-	Min.0.5	Logam fosfor-perunggu, sesuai untuk beban berat.
88	12	-	-	0,1	Logam perunggu untuk pemakaian keras.
88	10	-	2	-	Logam senjata untuk maksud pemakaian umum, tahan karat dan sesuai untuk bantalan apabila pemberian minyak pelumas baik.
76	9	15	-	0,05	Sesuai apabila diberi minyak pelumas atau tidak cukup baik digunakan untuk logam senjata.
80	10	10	-	0,05	Mempunyai sifat anti gesekan yang baik, di gabungkan dengan plastik, dapat dipakai apabila diberi minyak pelumas.
85	5	5	5	-	Digunakan untuk logam tuangan, juga untuk bantalan gelang.
71	Maks.3	24	-	-	Mempunyai pengantar panas yang tinggi, dapat menahan beban pada kecepatan tinggi dari pada logam putih.

bantalan yang mempunyai struktur mikro yang terdiri dari partikel-partikel yang keras dari pencampuran antar logam tembaga dan timah dalam endapan larutan padat yang lunak yang menghasilkan struktur yang mempunyai sifat-sifat keras dengan kuat dan kenyal. Bantalan ini terdiri dari logam tuangan timah-perunggu yang mengandung timah sekitar 10 % - 18 % dan logam fosfor perunggu yang mengandung timah sekitar 10 % dan fosfor sekitar 0,05 %.

Timbel (tidak dapat larut didalam tembaga) adalah ditambahkan sekitar 1 % - 2 % kedalam timah-perunggu untuk memperbaiki sifat dapat dikerjakan mesin dan penambahan timbel sekitar 5 % atau lebih dapat mengurangi keefisien gesekan bantalan timah perunggu. Bantalan dari bahan timbel-perunggu yang mengandung timbel sekitar 12 % adalah amat plastis, tetapi kurang kuat dan kenyal dari pada bantalan perunggu lainnya.

#### c. Besi tuang

Besi tuang kelabu adalah logam tuangan yang baik dengan sifat-sifat yang amat baik untuk bantalan. Logam ini digunakan secara luas untuk meja-meja mesin perkakas.

#### d. Paduan dasar alumanium.

Suatu paduan dasar alumanium yang mengandung timah 6,5 %, tembaga 1 % dan nikel 1 % adalah amat berguna sebagai bahan bantalan. Juga bahan logam ini adalah digunakan untuk bantalan yang dicetak dengan penuangan pasir atau penuangan gaya berat dan dapat tersedia dalam bentuk batang-batangan dan tabung-tabung atau bentuk benda tuangan. Paduan ini mempunyai kekuatan yang rendah, tetapi mempunyai

ketahanan yang tinggi terhadap guncangan dan sesuai untuk pemakaian pada temperatur dibawah  $150^{\circ}\text{C}$ .

e. Logam-logam sinter

Bantalan-bantalan yang berpori untuk tempat menyimpan minyak pelumas adalah dihasilkan dengan jalan pengerjaan bubuk logam dan bantalan ini adalah amat berguna apabila minyak pelumas sukar atau tidak dapat dipercikan.

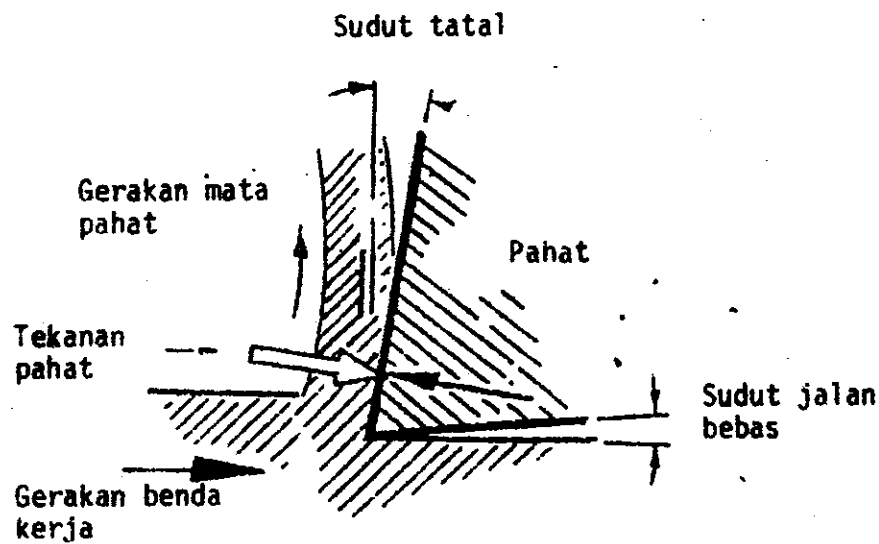
f. Bahan-bahan plastik

Plastik dari politetra fluortilen dan poli-amid (nilon) adalah amat berguna untuk bahan-bahan bantalan dan mempunyai koefisien gesekan yang amat rendah. Bahan-bahan ini adalah digunakan apabila tidak disetujui pemakaian minyak pelumas. Bahan plastik dari politetra fluortilen adalah amat mahal, tetapi bahan plastik nilon adalah tidak mahal dan bahan-bahan plastik digunakan untuk peralatan domestik (rumah tangga), alat-alat perlengkapan mobil dan pemakaian yang hampir sama.

## 2.2. Bahan-bahan pahat potong

Dalam gambar 3-2 adalah menunjukkan diagram yang sederhana tentang aksi (gerakan) pemotongan, dimana sudut tatal berhubungan dengan sifat-sifat mekanik dari pada bahan yang akan dipotong dan sudut jalan bebas dibentuk untuk mencegah ujung pahat potong dari gesekan benda kerja. Oleh karena itu, sudut-sudut pahat berhubungan dengan bentuk dari benda kerja dan pahat potong, dan pembentukan sudut-sudut tatal dan jalan bebas tergantung atas arah dari pemotongan.

Bahan-bahan logam untuk pahat potong mempunyai syarat-syarat sebagai berikut :



Gbr. 3-2. GERAKAN PEMOTONGAN

- a. Pengerasan merah, dimana kecepatan potong menimbulkan kenaikan panas dan tekanan karena gerakan pahat dengan perputaran benda kerja menyebabkan timbulnya kerusakan pada pahat atau benda kerja. Kecepatan potong menimbulkan kecepatan pemotongan yang tinggi, sehingga bahan ujung mata pahat harus mempunyai kekerasan yang baik karena gerakan pemotongan dan gesekan antara ujung mata pahat dengan benda kerja menimbulkan temperatur panas yang tinggi.

Kemampuan dalam menahan kekerasannya pada temperatur tinggi disebut sebagai kekerasan merah (red hardness). Kekerasan merah (ketahanan logam terhadap panas karena gesekan) dapat diperoleh dengan jalan menggunakan bahan pahat yang -

tidak menjadi lunak selama terjadi temperatur (panas) yang tinggi atau menggunakan bahan pahat yang mempunyai kekerasan yang amat tinggi yang dapat menahan perubahan kekerasan dan bahan pahat tetap dalam keadaan keras.

Bahan-bahan logam yang keras, biasanya amat rapuh, sehingga pahat potong dan benda kerja yang terbuat dibuat dari bahan-bahan logam harus dijaga kekuatannya (tidak mudah bengkok) dan mesin perkakas direncanakan harus mempunyai kecepatan poros (spindle) yang tinggi dan mesin sedikit mungkin mengalami getaran sewaktu sedang bekerja memotong benda kerja.

- b. Kekuatan dan ketahanan terhadap tekanan, dimana bahan pahat potong harus mempunyai kekuatan terhadap tekanan untuk mencegah perubahan bentuk dan ketahanan terhadap beban guncangan untuk mencegah bahan pahat menjadi retak-retak atau patah.
- c. Ketahanan terhadap perubahan bentuk ujung mata pahat, dimana perubahan bentuk ujung mata pahat selama pemotongan adalah disebabkan terjadinya gesekan (menimbulkan panas) dari benda kerja terhadap permukaan pahat potong. Hal itu, berhubungan dengan pemotongan dari bahan yang kenyal yang disebabkan mutu permukaan benda kerja yang lebih rendah dan pemakaian pahat yang berlebihan. Ketahanan bentuk ujung mata pahat harus dipergunakan bahan pahat potong dari bahan kimia (logam) yang murni.
- d. Koefisien gesekan yang rendah, dimana apabila koefisien gesekan berkurang disebabkan masalah pengurangan kelebihan panas atau kurangnya panas yang timbul karena gesekan yang timbul antara pahat dan benda kerja.

Bahan-bahan yang dipergunakan sebagai pahat potong terdiri dari logam-logam ferro, non ferro dan bahan-bahan bukan logam.\*

a. Baja karbon

Pahat dari baja karbon mengandung karbon lebih dari pada 0,7 % dan pengerasan dilakukan dengan pendinginan air secara cepat, tetapi apabila dibutuhkan pendinginan dengan minyak maka ditambahkan sejumlah kecil chromium. Baja ini mempunyai kekerasan dan kekuatan yang baik, tetapi akan lunak pada temperatur sekitar 250°C dan kurang sesuai untuk pemotongan pada kecepatan tinggi. Logam ini digunakan untuk tap yang berukuran besar, snei dan reamer dan juga digunakan secara luas untuk proto tipe bentuk pahat-pahat.

b. Baja kecepatan tinggi (H.S.S).

Baja ini mengandung wolfram sekitar 14 % - 22 % dan chromium sekitar 4 %. Baja ini tetap keras (tidak akan lunak) pada temperatur di atas 660°C, sehingga sesuai untuk pemotongan dengan kecepatan yang sedikit lebih tinggi dan apabila pahat potong digunakan untuk memotong bahan logam yang mempunyai karakteristik yang tinggi maka ditambahkan bahan kobalt sekitar 5 % pada bahan pahat potong.

Baja tuang kecepatan tinggi adalah mengandung karbid-karbid secara menyeluruh dan pekerjaan tempa harus dilakukan pada temperatur sekitar 1250°C untuk meyakinkan karbid-karbid tersebar secara menyeluruh didalam logam karena apabila tidak tersebar maka pahat akan retak-retak atau patah selama pengerasan atau sewaktu digunakan memotong benda kerja.

Prosedur pengerasan harus dilakukan dengan cara yang sama sehingga karbid-karbid terpecah (tersebar) membentuk austenit sebagai hasil pemanasan dan pendinginan secara cepat harus tidak menghasilkan tegangan-tegangan didalam logam pahat yang

memungkinkan mengalami patah sewaktu dalam kerja memotong.

Prosedur pengerasan dapat diikuti hal-hal sebagai berikut,

yaitu :

Tingkat I : Pemanasan perlahan-lahan pada temperatur sekitar  $870^{\circ}\text{C}$ , diikuti dengan jalan perendam panas, sehingga setiap karbid tidak akan berubah kedalam bentuk austenit yang akan tersebar secara merata disekitar austenit.

Tingkat II : Pemanasan cepat pada temperatur sekitar  $1250^{\circ}\text{C}$  (apabila mungkin tidak dalam atmosfer oksidasi) untuk melarutkan karbid-karbid sisa tanpa menghilangkan karbon pada permukaan pahat. Pahat harus dapat menahan goresan, sehingga permukaannya harus keras dan lapisan tidak harus menghilangkan karbon karena biasanya pahat akan dilakukan sedikit pengerjaan mesin setelah pengerasan untuk mendapatkan lapisan yang keras dibawah permukaannya.

Tingkat III : Pendinginan dalam minyak atau udara tergantung atas komposisi baja dan bentuk pahat. Perubahan pendinginan amat sering dilakukan pada pahat, yaitu pada awalnya didinginkan dalam rendaman garam pada temperatur  $600^{\circ}\text{C}$ , seterusnya didinginkan dengan cepat didalam minyak dan hal ini dilakukan untuk mengurangi perambatan temperatur dari permukaan ke inti logam.

Hasil dari suatu pengerjaan panas (heat treatment) akan membuat logam tidak berbentuk austenit dalam proporsi besar,





tetapi dapat berubah kedalam bentuk martensit dengan jalan pemanasan kembali pada temperatur sekitar  $600^{\circ}\text{C}$  atau panas yang merembet selama pemotongan. Penambahan kekerasan dengan jalan pemanasan kembali disebut "Pengerasan Kedua" dan baja kecepatan tinggi seringkali disebut "Baja Pengerasan sendiri" karena kekerasan bertambah selama pemotongan. Baja kecepatan tinggi dapat digunakan untuk alat-alat potong dan pisau frais atau dapat digunakan sebagai bahan batang pahat dan tangkai-tangkai baja karbon dengan jalan dilas tumpu.

c. Paduan berdasarkan kobalt

Logam stellite adalah jenis paduan dengan dasar kobalt, di mana mengandung kobalt, wolfram diatas sekitar 20 %, chromium sekitar 33 %, karbon sekitar 3 % dan sejumlah kecil besi, mangan dan silisium. Logam stellite dihasilkan dalam dapur listrik dan dibentuk dengan jalan dituang, tetapi tidak dapat dibentuk dengan jalan ditempa. Logam ini, walaupun mempunyai kekerasan merah yang amat baik, tetapi luar biasa rapuhnya logam ini dan hanya dapat digunakan sebagai ujung mata pahat yang disolder keras pada tangkai baja karbon atau sebagai mata pisau frais yang dilengketkan pada tangkai pisau frais yang terbuat dari besi tuang.

d. Semented karbid

Logam semented karbid adalah dihasilkan dengan jalan pengerjaan bubuk logam yang terdiri dari kandungan partikel-partikel karbid wolfram dalam kandungan logam dengan titik cair rendah yang biasanya kobalt. Logam wolfram adalah dicampur dengan karbon dan dipanaskan dengan temperatur sekitar  $1500^{\circ}\text{C}$ , sehingga secara kimia terjadi penggabungan wolfram dengan

karbon.

Kobalt wolfram adalah dicampur dengan logam bubuk kobalt dengan jalan penggilingan basah dan kuantitas dari kobalt tergantung atas kelas dari produksi semented karbid. Pada tingkat ini dimasukkan karbid titanium sewaktu dilaksanakan produksi karbid titanium-wolfram dan campuran dibentuk didalam cetakan yang memberikan pengejaan sinter pada tempratur sekitar  $900^{\circ}\text{C}$  sehingga dapat dipotong dalam bentuk yang sesuai dan pengerjaan akhir sinter pada tempratur sekitar  $1500^{\circ}\text{C}$  selama 2 jam, seterusnya didinginkan secara perlahan-lahan pada tempratur kamar. Karbid semented dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

- 1). Karbid wolfram, dimana logam ini amat keras dan dapat digunakan untuk bahan-bahan campuran besi dan perunggu yang relatif lunak, tetapi mempunyai karakteristik gesekan yang tinggi.
- 2). Karbid wolfram-titanium, dimana kurang keras dari pada karbid wolfram dan cenderung menolak ujung mata pahat dilaskan ke batang karbid, Pahat potong jenis ini digunakan untuk memotong bahan dari baja.

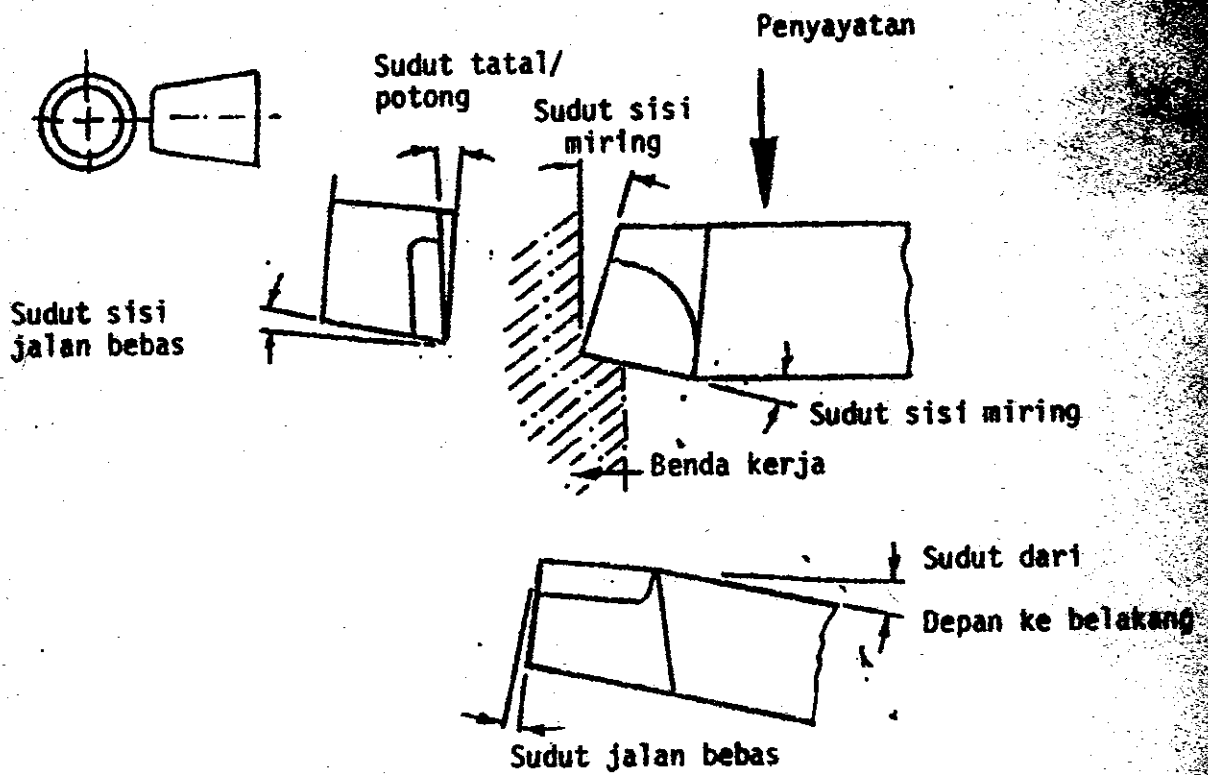
Karbid wolfram dan titanium-wolfram adalah disediakan dalam beberapa kelas untuk bahan-bahan yang baik sebagai benda kerja dan pahat potong. Karbid semented adalah amat rapuh, sehingga harus dipergunakan sebagai ujung mata pahat yang disolder keras terhadap tangkainya yang terbuat dari baja karbon. Pemasangan ujung mata pahat harus dikerjakan mesin dengan hati-hati, sehingga ujung mata pahat terdukung secara lengkap dan mata pahat harus dengan hati-hati di solder keras pada tangkainya.

Pada gambar 3-3, menunjukkan prinsip sudut-sudut potong dari jenis pahat bubut, dimana sudut dari belakang ke muka adalah negatif dan sudut negatif dari muka ke belakang secara langsung menjadi tekanan pemotongan melalui penampung yang berukuran besar dari pahat potong dan juga menyebabkan akibat pada ujung mata pahat untuk beberapa bagian dibelakang sisi pemotongan (lihat gambar 3-4).

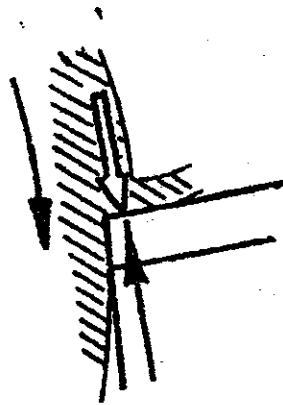
e. Intan

Intan adalah digunakan untuk penyelesaian pekerjaan dan membor logam-logam non ferro dan bahan bukan logam. Bahan ini dapat mengerjakan logam dengan menghasilkan penyelesaian permukaan yang amat baik dan dapat digunakan pada kecepatan potong yang amat tinggi dengan penyayatan (feed) yang amat halus (diatas 0,05 mm) dan dalamnya pemakanan atau penyayatan yang kecil (diatas 0,2 mm).

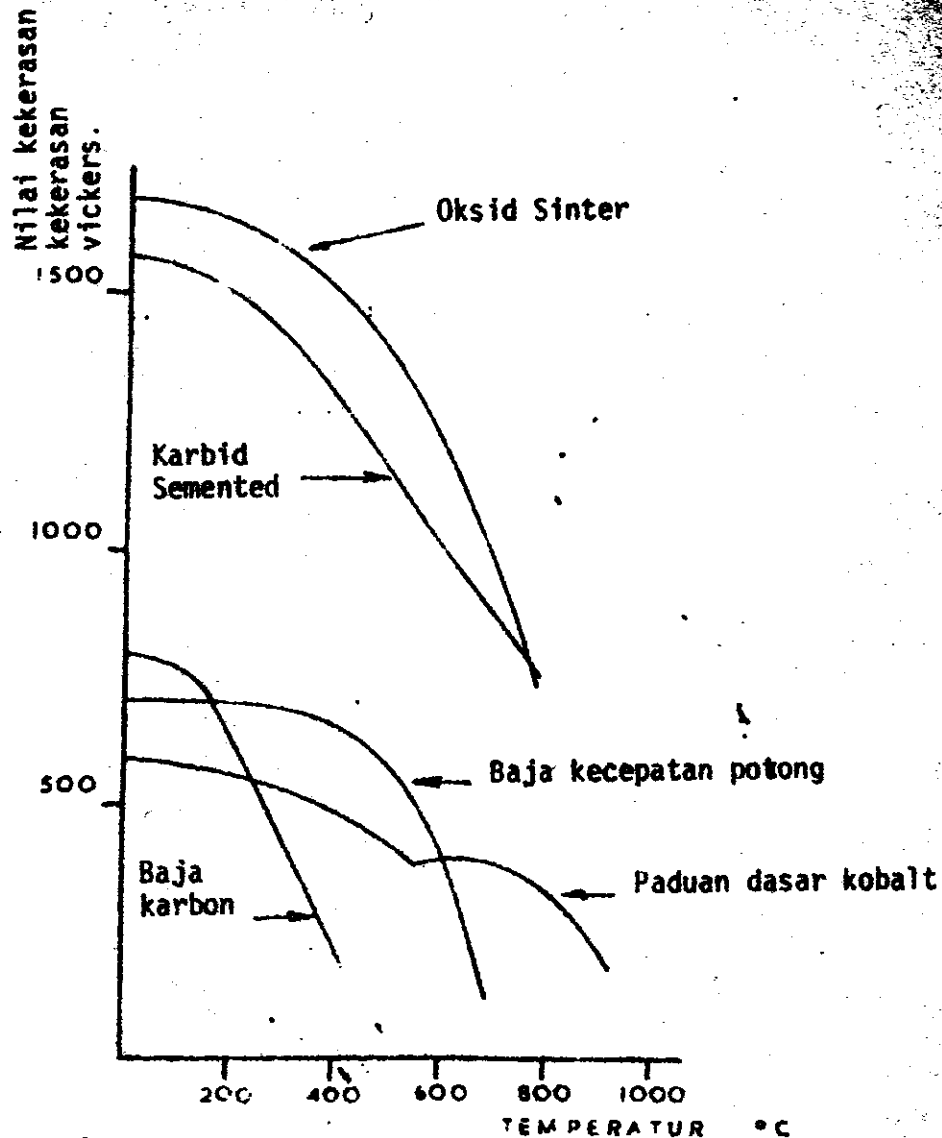
Ujung mata pahat dari intan adalah dibuat dalam bentuk potong-potongan mata pahat, dimana potongan mata pahat diikatkan pada batang pahat dan direncanakan agar supaya kedudukan pahat sesuai dengan kedudukan permukaan benda kerja. Pahat-pahat yg terbuat dari bahan intan adalah spesial digunakan untuk pahat pemotong dalam mesin perkakas yang tidak menghasilkan getaran sehingga poros mesin digerakkan oleh sabuk (ban) untuk menghindari getaran roda-roda gigi dan poros menggunakan bantalan yang dipasang pada mesin secara hati-hati untuk menghasilkan putaran poros yang halus, juga mesin dijauhkan dari pengaruh getaran mesin-mesin lainnya dengan jalan membangun spesial pembatas.



Gbr. 3 - 3. SUDUT-SUDUT PAHAT BUBUT



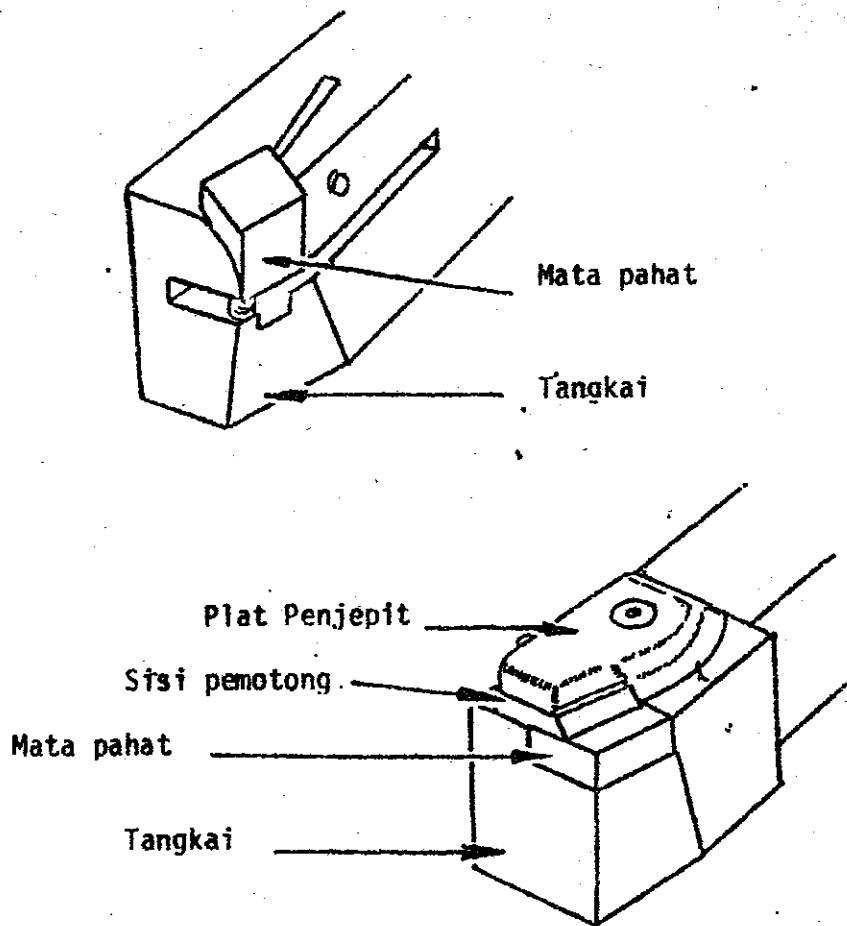
Gbr. 3-4. EFEK DARI TEKANAN SUDUT NEGATIF ARAH DEPAN KE BELAKANG PADA PAHAT



Gbr. 3-5. EFEK TEMPRATUR ATAS KEKERASAN BAHAN PAHAT

#### f. Oksid-oksida sinter

Bahan-bahan pahat potong yang terbuat dari keramik adalah mengandung oksida aluminium ( $Al_2O_3$ ) paling kurang 85% dan lainnya oksida-oksida, karbid-karbid atau nitrid-nitrid untuk memperbaiki kekuatannya dan dilakukan pengontrolan selama proses sinter. Oksida sinter dipelihara kekerasannya te



Gbr. 3-6. PASANGAN MATA PAHAT DAN TANGKAI

tap tinggi pada pemakaian dalam temperatur tinggi karena biasanya pemanasan bahan-bahan logam membawa akibat atas kekerasan bahan pahat (lihat gambar 3-5).

Oksid-oksida adalah digunakan sebagai ujung mata pahat yang dapat diletakkan pada tangkai pahat dengan jalan pekerjaan logam, penyolderan keras dan pengikatan dengan getah damar atau penjepit mekanik, dimana penjepit mekanik adalah dianggap cara yang terbaik. Oksid-oksida sinter yang dibentuk sebagai ujung mata pahat adalah diletakkan pada tangkai pahat dengan cara penjepit

mekanik yang menghasilkan sudut tatal negatif dimana setiap sisi dari ujung mata pahat digunakan dalam pemotongan dan apabila ujung mata telah menjadi aus (rusak) maka dapat dilepas dari tangkainya untuk digerinda kembali atau diganti dengan yang baru (lihat gambar 3-6).

Pahat yang terbuat dari bahan ini harus digunakan pada kecepatan potong yang amat tinggi dan spesial digunakan hanya untuk pemotongan yang amat halus dengan penyayatan 0,05 mm/putaran. Mesin-mesin perkakas yang sesuai untuk mempergunakan pahat-pahat potong dari bahan oksid sinter adalah harus kuat, bebas dari getaran dan mempunyai kecepatan perputaran poros yang tinggi, juga peralatan komponen yang dikerjakan harus diikat dengan kuat dan benda kerjanya harus kuat dan keras (tidak mudah bengkok).

DAFTAR BACAAN/KEPUSTAKAAN

1. Albert Hanson, Cs, 1965. The Engineering's Guide to Steel  
Addison Wesley Pub. Company, Inc, Philippines Copyright.
2. Chapman, WAJ, 1975. Workshop Technology, Part 1.  
Edwar Arnold Publisher Ltd, London.
3. Hancock, LH, 1959. Engineering Materials and Processes  
Pitman & Sons, Ltd, London.
4. Jhon, VB, 1976. Introduction to Engineering Materials  
The Mac Millan Press, Ltd, London.
5. Jain, RK, 1981. Engineering Metrology  
Khanna Pubshers, New Delhi
6. Kempster, MHA, 1975. Materials For Engineer's  
The English Universities, Ltd, England.
7. Parrish, A, MBE, 1973. Mechanical Engineer's Reference boak.  
Mennes. Butterworths, London.
8. Paul, HB, Prof, 1955. MACHINE DESIGN, Second Ed.  
MC Gran Hill Boak Company, Inc, New York.
9. Pritchard, RT, 1975. Work Shop Processes, Vol 1-2  
The English Universities Press, Ltd, Aylesbuty, England.
10. Shotbolt, CR, 1979. Workshop Processes & Materials  
Volume 1 & 2. Cassel, Ltd, London.