

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Percobaan Uji Kekerasan Logam**

Percobaan uji kekerasan (*Hardness Test*) yang akan dilakukan adalah percobaan kekerasan dengan cara mekanis statis (bukan mekanis dinamis) dan itu meliputi cara-cara *Rockwell*, *Brinell* dan *Vickers*. Ketiga cara tersebut diatas berdasarkan pada cara penekanannya (*indentation*) suatu benda yang tidak terdeformasi kedalam permukaan logam yang diuji (*specimen*) kekerasannya, sehingga terjadi suatu bekas penekanan (lekukan) yang kemudian dijadikan dasar untuk penilaian kekerasannya. Penekanan dilakukan sampai lekukan yang bersifat tetap. Logam yang diuji akan lebih keras bila bekas yang terjadi lebih kecil.

##### **2.1.1. Uji Kekerasan *Rockwell***

Uji kekerasan *rockwell* ini juga didasarkan kepada penekanan sebuah *indenter* dengan suatu gaya tekan tertentu kepermukaan yang rata dan bersih dari suatu logam yang diuji kekerasannya. Setelah gaya tekan dikembalikan ke gaya *minor* maka yang dijadikan dasar perhitungan nilai kekerasan *rockwell* bukanlah hasil pengukuran diameter ataupun diagonal bekas lekukan tetapi justru dalamnya bekas lekukan yang terjadi itu. Inilah kelainan cara *rockwell* dibandingkan dengan cara pengujian kekerasan lainnya.

Pengujian *rockwell* yang umumnya biasa dipakai ada ke jenis yaitu  $HR_A$ ,  $HR_B$ , dan  $HR_C$ .  $HR$  itu sendiri merupakan suatu singkatan dari kekerasan *rockwell* atau *rockwell hardness number* dan kadang-kadang disingkat dengan huruf R saja. Pengujian kekerasan dengan metode *rockwell* ini diatur berdasarkan standar DIN 50103. Tingkat skala kekerasan menurut metode *rockwell* adalah berdasarkan pada jenis *indenter* yang digunakan pada masing-masing skala. Dalam metode *rockwell* ini terdapat dua macam *indenter* yang ukurannya bervariasi, kedua jenis *indenter* itu adalah:

- a. Kerucut intan dengan besar sudut  $120^{\circ}$ , dikenal pula dengan “*Rockwell cone*”.
- b. Bola baja dengan berbagai ukuran, dikenal pula dengan “*Rockwell*”.

Untuk cara pemakaian skala ini, lebih dahulu ditentukan dan dipilih ketentuan angka kekerasan maksimum yang boleh digunakan oleh skala tertentu. Jika pada skala tertentu tidak tercapai angka kekerasan yang akurat, maka kita tentukan skala lain yang dapat menunjukkan angka kekerasan yang jelas. Sebagaimana rumus tertentu, maka skala memiliki standar atau acuan.

Untuk mendapatkan nilai  $HR_B$  harus menggunakan sebuah *indentor* berupa bola baja yang disepuh dengan ukuran  $\varnothing 1/16''$  dan ini digunakan untuk jenis logam yang tidak mendapatkan perlakuan pengerasan sebelumnya (sepuh) dan untuk semua jenis *non-ferrous* dalam kondisi padat. Sedangkan untuk mendapatkan nilai  $HR_c$  digunakan sebuah indentor kerucut *diamond* yang memiliki sudut puncak  $120^{\circ}$  yang ujungnya dibundarkan dengan jari-jari 0,2 mm dan dipakai untuk menentukan kekerasan baja-baja yang telah dikeraskan. Kerucut *diamond* biasa disebut juga “*brale*”. Bahan-bahan atau perlengkapan yang dipakai untuk pengujian kekerasan *rockwell* adalah sebagai berikut:

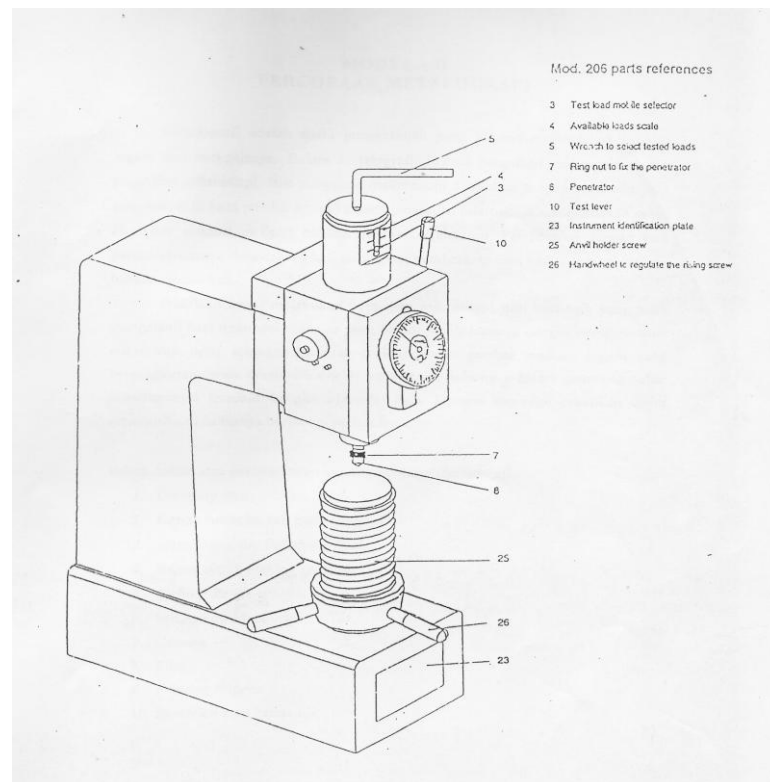
1. Mesin pengujian kekerasan *rockwell*
2. *Indentor (penetrator)* berupa bola baja yang disepuh dengan ukuran  $\varnothing 1/16''$  dan kerucut intan dengan besar sudut  $120^{\circ}$
3. Mesin gerinda
4. Amplas kasar dan halus
5. Benda uji (*test specimen*)

#### **2.1.1.1 Alat Uji Kekerasan *Rockwell***

Alat yang dipergunakan untuk melakukan uji kekerasan suatu logam yang dilakukan dengan menggunakan uji kekerasan *rockwell* digunakan alat yang bernama *Rockwell Hardness Test*. Berikut ini merupakan gambar beserta data dari mesin uji kekerasan *rockwell*:

Nama alat : *Rockwell Hardness Test*  
 Merk : AFFRI Seri 206.RT-206.RTS  
 Loading : *Maximum* 150 KP dan *Minimum* 60 KP

- Spesifikasi : HR C Load : 150 KP  
 Indentor : Kerucut Diamond 120<sup>0</sup>  
 HR B Load : 100 KP  
 Indentor : *Steel Ball* Ø 1/16"  
 HR A Load : 60 KP  
 Indentor : Kerucut Diamond 120<sup>0</sup>



**Gambar 2.1 Mesin Uji Kekerasan Rockwell**

### 2.1.1.2 Cara Penggunaan Mesin Rockwell

Mesin uji kekerasan *rockwell* (*rockwell hardness test*) harus dipelajari dulu secara seksama. Mesin yang ada merupakan mesin yang digunakan untuk uji *rockwell* HR<sub>A</sub>, HR<sub>B</sub>, HR<sub>C</sub>, HR<sub>D</sub>, HR<sub>F</sub>, HR<sub>G</sub> selanjutnya sebelum dimulai pengujian *indentor* harus dipasang terlebih dahulu sesuai dengan jenis pengujian yang diperlukan baik itu *indentor* bola baja maupun kerucut *diamond*. Setelah *indentor* terpasang, letakan *specimen* yang akan diuji kekerasannya ditempat yang tersedia dan menyatel beban yang akan digunakan untuk proses penekanan. Nilai

kekerasan dapat dilihat pada jarum yang terpasang pada alat ukur berupa *dial indicator pointer*.

### 2.1.2. Uji *Brinell*

Uji *brinell* dilakukan dengan penekanan sebuah bola baja yang terbuat dari baja *chrom* yang telah dikeraskan dengan diameter tertentu, oleh gaya tekan secara statis kedalam permukaan logam yang diuji harus rata dan bersih. Setelah gaya tekan ditiadakan dan bola baja dikeluarkan dari bekas lekukan, maka diameter paling atas dari lekukan tadi diukur secara teliti untuk kemudian dipakai untuk penentuan kekerasan logam yang diuji dengan menggunakan rumus:

$$\text{BHN} = \frac{2P}{\pi D [(D - \sqrt{D^2 - d^2})]}$$

Dimana : P = Beban yang diberikan (KP atau Kgf).

D = Diameter indenter yang digunakan.

d = Diameter bekas lekukan.

Kekerasan ini disebut kekerasan *brinell* yang biasa disingkat dengan HB atau BHN (*Brinell Hardness Number*). Bertambah keras logam yang diuji bertambah tinggi nilai HB. Bahan-bahan atau perlengkapan yang digunakan untuk uji kekerasan *brinell* adalah sebagai berikut:

1. Mesin uji kekerasan *brinell*
2. Bola baja untuk *brinell* (*brinell ball*)
3. Mikroskop pengukur
4. *Stop watch*
5. Mesin gerinda
6. Ampelas kasar dan halus
7. Benda uji (*test specimen*)

### 2.1.2.1 Mesin Percobaan Kekerasan *Brinell*

Mesin uji kekerasan *brinell* (*Brinell Hardness Test*) harus dipelajari dulu dan bila perlu mencatat hal-hal yang kiranya nanti diperlukan bagi pembuatan laporan, misalnya sebagai berikut:

1. Merek, *type*, nomor seri, tahun pembuatan, dan kemampuan mesin secara keseluruhan.
2. Bagian-bagian utama dari mesin.
3. Gambar sketsa mesin secara keseluruhan.
4. Cara-cara pemakaian mesin.

Bila memakai bola baja untuk uji *brinell*, biasanya yang terbuat dari baja *chrom* yang telah disepuh atau ada juga *cementite carbide*, bola *brinell* ini tidak boleh berdeformasi sama sekali disaat proses penekanan kepermukaan logam uji. Standar dari bola *brinell* yaitu mempunyai  $\varnothing$  10 mm atau 0,3937 in, dengan penyimpangan maksimal 0,005 mm atau 0,0002 in. Selain yang telah distandarkan seperti diatas terdapat juga bola-bola *brinell* dengan diameter lebih kecil ( $\varnothing$  5 mm,  $\varnothing$  2,5 mm,  $\varnothing$  2 mm,  $\varnothing$  1,25 mm,  $\varnothing$  1 mm,  $\varnothing$  0,65 mm) yang juga mempunyai toleransi-toleransi tersendiri. Misalnya untuk diameter 1 s/d 3 mm adalah lebih kurang 0,0035 mm, antara 3 s/d 6 adalah 0,004 mm dan antara 6 s/d 10 adalah 0,005 mm. Karena penggunaannya tergantung pada gaya tekan (P) dan jenis logam yang diuji, maka praktikan harus dapat memilih diameter bola yang paling sesuai. Langkah-langkah yang harus ditempuh dalam melakukan percobaan yaitu:

1. Periksa dan persiapkan specimen sehingga siap untuk diuji.
2. Periksa dan persiapkan mesin untuk dipakai.
3. Lakukan pemeriksaan pada pembebanan, diameterbola baja yang digunakan, dan alat pengukur waktu.
4. Bebaskan beban tekan dan keluarkan bola dari lekukan lalu pasang alat optis untuk melihat bekas yang kemudian diameter bekas tadi diukur secara teliti dengan mikrometer pada mikroskop. Pengukuran diameter ini untuk sebuah lekuk dilakukan dua kali secara bersilang, tegak lurus dan baru dari dua nilai

diameter yang diperoleh diambil rata-ratanya untuk kemudian dimasukkan kedalam rumus *brinell* untuk memperoleh hasil kekerasan *brinell* (HB).

5. Lakukanlah proses pengujian sebanyak lima kali sehingga diperoleh nilai rata-rata dari uji kekerasan *brinell* tersebut.
6. Yang perlu diperhatikan adalah jarak dari titik pusat lekukan baik dari tepi *specimen* maupun dari tepi lekukan lainnya harus paling kurang 2 dan 3/2 diameter lekukan.

### 2.1.3. Uji Kekerasan *Vickers*

Uji *vickers* ini didasarkan kepada penekanan oleh suatu gaya tekan tertentu oleh sebuah *indentor* berupa *pyramid diamond* terbalik yang memiliki sudut puncak  $136^{\circ}$  kepermukaan logam yang diuji kekerasannya, dimana permukaan logam yang diuji ini harus rata dan bersih.

Setelah gaya tekan secara statis ini kemudian ditiadakan dan *pyramid diamond* dikeluarkan dari bekas yang terjadi (permukaan bekas merupakan segi empat karena piramid merupakan piramid sama sisi), maka diagonal segi empat bekas teratas diukur secara teliti untuk kemudian digunakan sebagai kekerasan logam yang diuji. Nilai kekerasan yang diperoleh sedemikian itu disebut kekerasan *vickers* yang biasa disingkat dengan Hv atau HVN (*Vicker Hardness Number*). Untuk memperoleh nilai kekerasan *vickers* maka hasil penekanan yang diperoleh dimasukkan kedalam rumus:

$$H_v = \frac{2F \sin^{\theta} 2}{D^2} = \frac{1,8554 F}{D^2}$$

Bahan-bahan atau perlengkapan yang biasa digunakan untuk uji kekerasan *vickers* adalah sebagai berikut:

1. Mesin percobaan kekerasan *vickers*
2. *Indentor pyramid diamond*
3. Mikroskop pengukur diagonal bekas
4. *Stop watch*

5. Mesin gerinda
6. Ampelas kasar dan halus
7. Benda uji (*test specimen*)

#### **2.1.3.1 Mesin Percobaan Uji Kekerasan *Vickers***

Mesin percobaan kekerasan *vickers* (*vickers hardness test*) harus dipelajari dulu. Maka dari itu hal yang penting dipelajari adalah bagaimana menggunakan alat uji kekerasan *vickers* ini, dalam hal memasang *indenter pyramid diamond*, meletakkan *specimen* di tempatnya, menyetel beban yang akan dipakai, melihat dan mengukur diagonal persegi empat teratas dari bekas yang terjadi setelah selesainya.

### **2.2. Percobaan *Metalografi***

Ilmu logam dibagi menjadi dua bagian khusus, yaitu *metalurgi* dan *metalografi*. *Metalurgi* adalah ilmu yang menguraikan tentang cara pemisahan logam dari ikatan unsur-unsur lain. Atau cara pengolahan logam secara teknis untuk memperoleh jenis logam atau logam paduan yang memenuhi kebutuhan tertentu. Sedangkan *metalografi* adalah ilmu yang mempelajari tentang cara pemeriksaan logam untuk mengetahui sifat, struktur, temperatur dan prosentase campuran logam tersebut. *Metalografi* merupakan suatu pengetahuan yang khusus mempelajari struktur logam dan mekanismenya. Dalam *metalografi* dikenal pengujian *makro* (*makroscope test*) dan pengujian *mikro* (*mikroscope test*).

Pengujian *makro* (*makroscope test*) ialah proses pengujian bahan yang menggunakan mata terbuka dengan tujuan dapat memeriksa celah dan lubang dalam permukaan bahan. Angka kevalidan pengujian *makro* berkisar antara 0,5 sampai 50 kali. Pengujian cara demikian biasanya digunakan untuk bahan-bahan yang memiliki struktur kristal yang tergolong besar atau kasar. Misalnya, logam hasil coran (tuangan) dan bahan yang termasuk *non-metal* (bukan logam).

pengujian *mikro* (*mikroscope test*) ialah proses pengujian terhadap bahan logam yang bentuk kristal logamnya tergolong sangat halus. Mengingat demikian halusnya, sehingga pengujiannya menggunakan suatu alat yaitu mikroskop optis

bahkan mikroskop elektron yang memiliki kualitas pembesaran antara 50 hingga 3000 kali.

Pengujian *metalografi* dapat memberikan gambar-gambar dari struktur logam yang diuji sehingga adat diteliti lebih lanjut mengenai hubungan struktur pembentuk logam dengan sifat-sifat logam tersebut. Bahan-bahan dan perlengkapan untuk percobaan *metalografi* yaitu:

- |  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| a. <i>Grinding belt</i>                  | f. Mikroskop metalurgi            |
| b. Kertas amplas dan pemegangnya         | g. <i>Camera</i>                  |
| c. <i>Metallographic polishing table</i> | h. <i>Film</i>                    |
| d. Bejana untuk <i>etching reagents</i>  | i. <i>Printing paper</i>          |
| e. <i>Etching reagent</i>                | j. <i>Specimen</i> atau benda uji |

Penjelasan mengenai bahan-bahan dan perlengkapan untuk percobaan *metalografi* yaitu:

- a. *Grinding belt* dan kertas amplas

*Grinding belt* digunakan untuk penggosokkan kasar permukaan *specimen* yang dilanjutkan dengan kertas amplas no. 400, setelah itu penggosokkan halus dengan kertas amplas no. 600, no. 800, dan no. 1000 dan terakhir no. 1200.

- b. *Metallographic polishing table*

*Metallographic polishing table* yaitu sebuah mesin poles yang digunakan untuk lebih memperhalus permukaan yang telah mengalami pengosokan halus dengan berbagai macam no. amplas. Mesin ini mempunyai sebuah piringan yang mana di atasnya terdapat semacam kain beludru. Bila proses *polishing* dilakukan harus menggunakan obat asah (*polishing abrasive*) agar betul-betul diperoleh permukaan yang halus tanpa cacat.

- b. Bejana dan *etching reagents*

Bejana diperlukan untuk tempat *etching reagents* (*echant*) yang akan digunakan bagi pekerjaan "etsa" permukaan *specimen* yang telah mengalami *polishing*. Meng-etsa (*etching*) dengan *etching reagents* (bahan etsa) dilakukan sehingga diperoleh gambaran yang nyata dari permukaan *specimen*, sehingga dalam keadaan siap diletakkan dibawah mikroskop.



c. Mikroskop optis

Mikroskop optis digunakan untuk memperbesar gambaran yang nyata dari permukaan *specimen* yang telah mengalami *etching*, sehingga dapat dilihat secara jelas sekali struktur logam (*specimen*) yang pembesarannya bagi mikroskop optis ini lebih dari 50X sampai 400X. Jelas atau tidaknya gambar struktur yang diperoleh bergantung sekali baik kepala *index* pembesaran mikroskop dan *numerical apertu* lensa *objective* yang digunakan.

d. Camera

*Camera* digunakan untuk memotret gambar struktur yang sedang terlihat dibawah mikroskop, sehingga *camera* ini harus dapat dipasang pada mikroskop untuk dapat melakukan pemotretan *mikro* struktur dengan mudah dan cepat.

Langkah-langkah yang harus ditempuh untuk melakukan uji *metalografi* dari suatu *specimen* adalah sebagai berikut:

1. Pemotongan

Pemotongan *specimen* cukup dalam dimensi yang tidak terlalu besar (<10 x 10 x 10mm) dan tidak boleh terjadi panas berlebihan dalam proses pemotongan untuk menghindari rusaknya stuktur *specimen* tersebut akibat panas.

2. Penyalutan (*mounting*)

Karena benda kerja yang kecil sukar untuk dipegang pada proses penggerindaan dan pemolesan, maka perlu disalut lebih dahulu. Sebagai penyalut digunakan bahan *thermoplastik*, seperti *resin*. Bahan penyalut ini mencair pada temperature 150 °C.

**Tabel 2.1 Bahan *Mounting***

| No | <i>Plastic</i>                       | <i>Type</i>          | Catatan   |
|----|--------------------------------------|----------------------|---|
| 1  | <i>Phenolic</i> ( contohnya Bakelit) | <i>Thermosetting</i> | Memerlukan pengontrolan panas dan tekanan dengan secukupnya memberikan bahan pelarut dengan perlahan-lahan.                   |
| 2  | <i>Diall phthalate</i> (Prepolimer)  | <i>Thermosetting</i> | Memerlukan pengontrolan suhu panas antara 130°-140° tekanan, penyusutan rendah, dan karakteristik <i>polishing</i> yang baik. |

|   |  |                       |  |
|---|--|-----------------------|--|
| 3 | <i>Phenolic varnish</i>                            | <i>Thermosetting</i>  | Untuk pengisian <i>vakum oxide film</i> .  |
| 4 | <i>Epoxy Resin</i><br>(contohnya <i>araldite</i> ) | <i>Liquid various</i> | <i>Aratiide grade</i> ialah suatu cairan tuangan resin yang memberikan penyalutan yang baik tanpa panas dan tekanan, perlahan-lahan waktu proses <i>mounting</i> . |
| 5 | <i>Polyvinyl chloride</i>                          | <i>Thermosetting</i>  | Penyusutan rendah, lamban biasa pelarut tetapi penyelesaian, dengan <i>glacialacetic acai</i> .  |

### 3. Penggerindaan/pengamplasan

Proses ini menggunakan kertas amplas yang kasar sampai halus. Tingkat kehalusan kertas amplas ini ditentukan oleh ukuran serbuk *silicon carbida* yang menempel pada kertas tersebut. Misalnya ada amplas yang memiliki tingkat kehalusan hingga 220, angka 220 menunjukkan bahwa serbuk *silicon carbida* pada kertas amplas itu bisa lolos dari ayakan hingga mencapai 220 lubang pada luas 1 inchi<sup>2</sup> (sekitar 625 mm<sup>2</sup>).

Untuk langkah pertama penggosokkan menggunakan amplas no. 400 dalam satu arah pada permukaan *specimen* yang akan diteliti keadaan strukturnya. Setelah itu menggosok kasar lanjutan permukaan *specimen* tersebut dengan kertas amplas no. 600 dengan arah lurus arah penggosokkan pertama (arah kedua), dilanjutkan penggosokkan halus permukaan tersebut dengan amplas no. 800 dengan arah sama dengan arah pertama. Penggosokkan halus permukaan dengan amplas no. 1000 dan dilanjutkan no. 1200 dengan arah sama dengan arah penggosokkan kasar lanjut.

### 4. Pemolesan

Benda uji yang telah melewati proses penggerindaan diteruskan ke proses pemolesan. Mesin yang digunakan adalah mesin poles *metalografi*. Mesin ini terdiri dari piringan yang berputar di atasnya diberi kain poles terbaik. Kain ini dikenal dengan kain *selvyt* (beludru). Cara pemolesannya, benda uji diletakkan di atas piringan yang berputar, kain poles diberi sedikit pasta oles. Pasta oles yang biasa digunakan adalah alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Dalam istilah perdagangan

diberi nama *autosol* atau *gama alumina*. Bila garis-garis bekas amplasan masih terlihat, pemolesan diteruskan. Dan bila tampak sudah rata, *specimen* dibersihkan dan dilanjutkan dengan pengetsaan.

#### 5. Pengetsaan

Hasil pemolesan yang terakhir akan menghasilkan suatu lapisan yang menutupi permukaan struktur logam. Agar struktur mikro dapat terlihat dengan jelas dibawah mikroskop, lapisan tersebut harus dilarutkan (dihilangkan) dengan cara mengetsai.

Mengetsai dalam kamus dapat diartikan sebagai proses pembuatan gambar atau ukiran pada pelat tembaga yang dilapisi lilin dengan benda tajam, kemudian membiarkan garis-garis yang diperoleh itu terkena korosi cairan asam. Hasil pemrosesan ini ialah etsa, yaitu untuk pemeriksaan *makro* dan *mikro* yang biasa dipakai dalam *metalografi*.

Bahan larutan yang digunakan untuk etsa *makro* adalah :

- a. *Hidrochloric*, komposisinya 50% asam *hydrochloric* dalam air dengan suhu antara 70<sup>o</sup>-80<sup>o</sup>C dan waktu yang dibutuhkan 1 jam. Pemakaiannya untuk bahan baja dan besi.
- b. *Sulphuric*, komposisinya 20% asam *sulphuric* dalam air dengan suhu 80<sup>o</sup>C dan waktu yang diperlukan antara 10 hingga 20 detik. Pemakaiannya untuk bahan besi dan baja.
- c. *Nitric*, komposisinya 20% asam *nitric* dalam air, hanya saja *nitric* boleh dingin jika cocok. Pemakaiannya untuk bahan besi dan baja.
- d. *Alcoholic feric chloride*, komposisinya 96 cm<sup>3</sup> *ethyl alcohol*, 59 gram *feric chloride*, dan 2 cm<sup>3</sup> asam *hydrochloric*.
- e. Bahan etsa, komposisinya *copper ammonium chloride* 9 gram dan air 91 ml, *specimen* untuk baja. Waktu etsa lebih lama daripada etsa *mikro* struktur.
- f. Untuk mengetsai baja agar didapat hasil etsa yang dalam dan tebal lapisannya digunakan bahan etsa yang baik, yaitu *hydrochloric acid* (HCl) 140 ml, *sulphuric acid* (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 3 ml, dan air 50 ml dengan waktu etsa antara 15 hingga 20 menit.

- g. *Specimen* alumunium atau campuran alumunium bahan etsa adalah *hydroflorideacid* (HF) 10 ml, *nitrid acid* (HNO<sub>3</sub>) 1 ml, dan air 200 ml, waktu pengetsannya sangat singkat dan karena itu, jika terjadi lapisan hitam yang tebal dapat dihilangkan dengan cara merendam pada asam nitrat (HNO<sub>3</sub>). Waktu pengetsaan ini lebih lama daripada etsa untuk *mikro* struktur.

Setelah melakukan pengetsaan, dapat dilihat bagian mana yang bengkok atau mengambang dari serat (alur) benda kerja tersebut. *Macro test* ini biasanya dilakukan pada benda yang pembuatannya ditempa, dituang dan hasil pengerolan.

Bahan larutan yang digunakan untuk etsa *mikro* adalah:

- a. Asam *nitrat*, komposisinya asam nitrat 2 ml dan alkohol 95% atau 98 ml. Pemakaiannya untuk bahan karbon, baja paduan rendah, dan baja paduan sedang. Waktu yang diperlukan beberapa detik sampai menit.
- b. Asam *pikrat*, komposisinya *pikrat* 4 gram, alkohol 95% atau 98 ml. Pemakaiannya untuk baja karbon dalam keadaan normal, dilunakan, dikeraskan (*hardening*) dan ditemper (*tempering*). Waktu pengetsannya sampai sampai beberapa detik sampai 1 menit.
- c. NH<sub>4</sub>OH H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, komposisinya NH<sub>4</sub>OH sebagai dasar dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> beberapa tetes. Pemakaiannya untuk bahan tembaga dan paduannya. Waktu pengetsannya sampai sampai bahan uji berwarna biru.
- d. Bahan etsa adalah *natal* 2%, yaitu 2 ml asam *nitrat* (HNO<sub>3</sub>) dan 98 ml *methyl* alkohol dalam waktu 10-30 detik.
- e. Bahan etsa menggunakan asam yang terdiri dari 10% *ammonium ferisulfat*, 25% *ammonium acrocide* NH<sub>4</sub>(OH), dan 65% larutan asam *chroom* dalam waktui 10-30 detik. Pemakaiannya untuk tembaga dan campurannya.

Cara mengetsai:

Setelah bahan uji melalui beberapa tahapan, maka benda uji dapat langsung dietsa, caranya tempatkan asam yang akan digunakan untuk mengetsai pada sebuah cawan, kemudian celupkan permukaan benda uji pada asam tersebut

dengan waktu yang telah ditetapkan , lalu cuci dengan air hangat (alkohol) untuk menghentikan reaksi. Lalu keringkan dengan udara (kompresor).

Pengaruh etsa:

Etsa larutan kimia sangat mempengaruhi bentuk permukaan benda uji. Dengan kata lain, baik tidaknya hasil pengetsaan sedikit banyak dipengaruhi oleh larutan kimia untuk pengetsaan. Setelah bahan uji dietsa, diatas seluruh permukaan benda uji akan tampak garis-garis yang tidak teratur. Garis-garis yang tampak itu menunjukkan adanya batas antar butir kristal logam tersebut.

Untuk memperjelas bentuk dan corak butir-butir kristal yang berbeda jenisnya itu, bisa diamati dengan menggunakan mikroskop. Dengan mikroskop ini kita bisa menunjukkan adanya perbedaan beberapa elemen yang terkandung dalam bahan uji tersebut meskipun begitu, tidak semua proses pengetsaan menghasilkan hasil etsaan yang memuaskan. Dengan kata lain, dalam satu proses pengetsaan terkadang kita tidak berhasil mengetsai benda yang kita uji. Terjadinya kegagalan ini bisa disebabkan oleh beberapa faktor, seperti:

- a. Benda kerja kotor karena terlalu lunak atau ada minyak.
- b. Pada waktu mencuci, benda kerja tidak bersih.
- c. Kurangnya waktu pengetsaan
- d. Terlalu lama waktu yang digunakan dalam pengetsaan.
- e. Salah memilih dan menggunakan cairan etsa (*etching reagent*).

## 6. Mikroskop

Pada dasarnya, mikroskop terdiri dari dua buah lensa *positif*. Lensa yang menerima sinar langsung dari bendanya atau lensa dekat dengan benda yang akan dilihat disebut lensa *objective*, sedangkan lensa yang dipasang dekat dengan mata disebut lensa *okuler*.

Pembesaran total oleh mikroskop ini didefinisikan sebagai perbandingan antara tangen "sudut buka bayangan akhir" dan sudut "buka tanpa menggunakan alat" pembesaran sebuah mikroskop biasanya berkisar 50, 100, 200, 400, dan 1000 kali dari besar benda uji.

Perhitungan pembesaran struktur *mikro*

Rumus dasar:

**LOK x LOB x FK x Ukuran Foto**

Keterangan :

LOK = Lensa *okuler* (nilai 2,5)

LKB = Lensa *objective*/Lensa yang dipakai mikroskop

FK = Faktor kamera (nilai 1)

Ukuran foto 3R nilai 4

Contoh:

- LOB = 10 maka perbesarannya?

$$\begin{aligned} \text{Perbesaran} &= \text{LOK} \times \text{LOB} \times \text{FK} \times \text{Ukuran Foto} \\ &= 2,5 \times 10 \times 1 \times 4 = 100 \text{ kali} \end{aligned}$$

- LOB = 40 maka perbesarannya?

$$\begin{aligned} \text{Perbesaran} &= \text{LOK} \times \text{LOB} \times \text{FK} \times \text{Ukuran Foto} \\ &= 2,5 \times 40 \times 1 \times 4 = 400 \text{ kali} \end{aligned}$$

### 2.2.1 Alat Uji Metalografi

Adapun spesifikasi alat yang digunakan untuk melakukan pengujian metalografi, adalah sebagai berikut:

*Tyepiece* : NWF 10 X

*Objective* : MSFX, MF 10 X, MF 20 X, MF 40 X.

*Viewing Head* : *Binocular body complete with interpupillary distance*

*Illuminator* : *Koehler-type illuminator complete with aperture and field diaphragms, filter slots and bulb cord. Uses EL-38 (8V, 15 W) tungsten filament bulb*

*Mechanical Stage* : *Graduated 150 x 160 mm in size 30 x 30 mm cross motion, reading to 0,1 by vernier. Provided with low position stage controls.*

*Focusing Control* : *Stage height is adjustable by the control knob and fixed by*

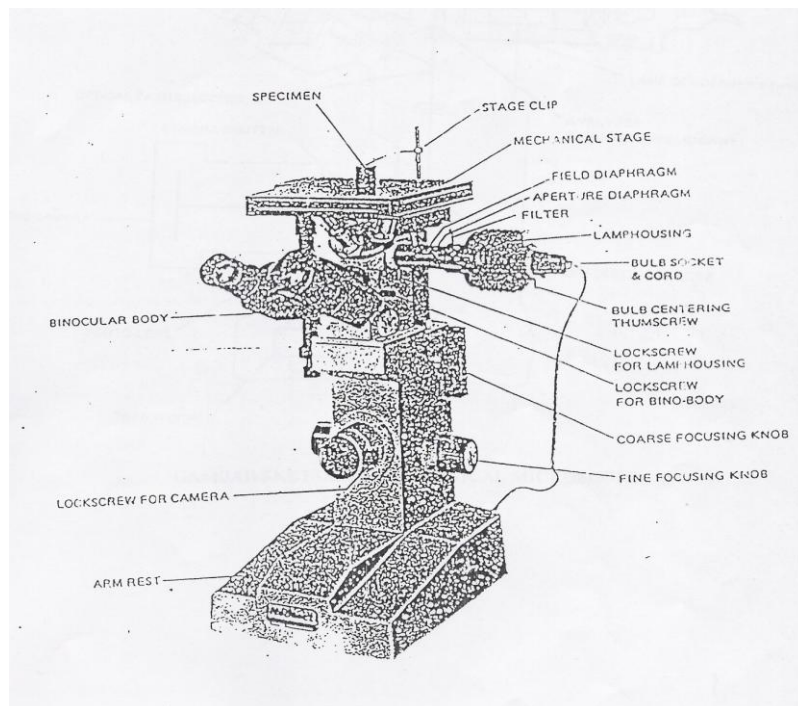
*locking knob. Fine controls are workable in arrange of 2 mm.*

*Photo Mechanic : Optical path selector for visual observation and photography, built in reflecting mirror and camera port.*

*Plarizing Filters : Built in slideway, complete with analyzer, rotatable through  $0^0$ - $90^0$ , and polarizer filter.*

*Microscope Stand : Inverrted stand, complete with built in plane glass reflector, built in power supply transformer, variable light intensity control, out put sockets.*

*Color Filters : Green filters for visual observation and monochromatic film photography, and blue filter for color photography.*



**Gambar 2.2 Mikroskop Metalurgi**

### 2.3 Uji *Impact Charpy*

Tujuan uji *impact charpy* adalah untuk mengetahui kegetasan atau keuletan suatu bahan (*specimen*) yang akan diuji dengan cara pembebanan secara tiba-tiba terhadap benda yang akan diuji secara statik. Dimana benda uji dibuat takikan terlebih dahulu sesuai dengan standar JIS Z2202 dan hasil pengujian pada benda uji tersebut akan terjadi perubahan bentuk seperti bengkokan atau patahan sesuai dengan keuletan atau kegetasan terhadap benda uji tersebut.

Percobaan uji *impact charpy* dilakukan dengan cara pembebanan secara tiba-tiba terhadap benda uji yang akan diuji secara statik, dimana pada benda uji dibuat terlebih dahulu sesuai dengan ukuran standar JIS Z2202. Adapun perlengkapan yang digunakan dalam pengujian *impact* yaitu alat uji *impact* tipe *charpy* dan benda uji (*test specimen*).

#### 2.3.1 Mesin Uji *Impact*

Mesin uji bentur (*impact*) yang digunakan untuk mengetahui harga impak suatu bahan yang diakibatkan oleh gaya kejut pada bahan uji tersebut. Tipe dan bentuk konstruksi mesin uji bentur beranekaragam mulai dari jenis konvensional sampai dengan sistem digital yang lebih maju.

Dalam pembebanan statis dapat juga terjadi laju deformasi yang tinggi kalau bahan diberi takikan, maka tajam takikan makin besar deformasi yang terkonsentrasikan pada takikan, yang memungkinkan meningkatkan laju regangan beberapa kali lipat.

Patah getas menjadi permasalahan penting pada baja dan besi. Pengujian *impact charpy* banyak dipergunakan untuk menentukan kualitas bahan. Benda uji takikan berbentuk V yang mempunyai keadaan takikan 2 mm banyak dipakai. Permukaan benda uji pada *impact charpy* dan *izod* dikerjakan halus pada semua permukaan. Takikan dibuat dengan mesin *freis* atau alat *notch* khusus takik. Semua dikerjakan menurut standar yang ditetapkan (JIS Z2202).

Pada pengujian ini adalah suatu bahan uji yang ditakikan, dipukul oleh pendulum (*godam*) yang mengayun. Dengan pengujian ini dapat diketahui sifat kegetasan suatu bahan. Cara ini dapat dilakukan dengan cara *charpy* atau cara



*izod*. Pada pengujian kegetasan bahan dengan cara *impact charpy*, pendulum diarahkan pada bagian belakang takik dari batang uji. Sedangkan pada pengujian *impact* cara *izod* adalah pukulan pukulan pendulum diarahkan pada jarak 22 mm dari penjepit dan takikannya menghadap pendulum.

### 2.3.2 Prinsip Dasar mesin Uji *Impact*

Bila pendulum dengan berat  $G$  dan pada kedudukan  $h_1$  dilepaskan, maka akan mengayun sampai kedudukan fungsi akhir 4 pada ketinggian  $h_3$  yang juga hampir sama dengan tinggi semula  $h_1$  dimana pendulum mengayun bebas. Pada mesin uji yang baik, skala akan menunjukkan usaha lebih dari 0,05 kilogram meter (kg m), pada saat pendulum mencapai kedudukan 4.

Bila batang uji dipasang pada kedudukannya dan pendulum dilepaskan, maka pendulum akan memukul batang uji dan selanjutnya pendulum akan mengayun sampai kedudukan 3 pada ketinggian  $h_2$ . Usaha yang dilakukan pendulum waktu memukul benda uji atau usaha yang diserap benda uji sampai patah yaitu:

$$W_1 = G \times h_1 \text{ (kg m)}$$

Dan dapat juga dengan menggunakan persamaan berikut:

$$W_1 = G \times \lambda (1 - \cos \alpha) \text{ (kg m)}$$

Dimana:  $W_1$  = Usaha yang dilakukan (kg m).

$G$  = Berat pendulum (kg).

$h_1$  = Jarak awal antara pendulum dengan benda uji (m).

$\lambda$  = Jarak lengan pengayun (m).

$\cos \alpha$  = Sudut posisi awal pendulum.

Sedangkan sisa usaha setelah mematahkan benda uji adalah sebagai berikut.

$$W_2 = G \times h_2 \text{ (kg m)}$$

dan dapat juga dengan menggunakan persamaan berikut :

$$W_2 = G \times \lambda (\cos \beta - \cos \alpha) \text{ (kg m)}$$

Dimana :  $W_2$  = Sisa usaha setelah mematahkan benda uji (kg m)

$G$  = Berat pendulum (kg)

$h_2$  = Jarak akhir antara pendulum dengan benda uji (m)

$\lambda$  = Jarak lengan pengayun (m)

$\cos \beta$  = Sudut posisi akhir pendulum

Besarnya usaha yang diperlukan untuk memukul patah benda uji adalah :

$$W = W_1 - W_2 \text{ (Kg m)}$$

dan dapat juga dengan menggunakan persamaan berikut:

$$W = G \times \lambda (\cos \beta - \cos \alpha) \text{ (Kg m)}$$

Dimana:  $W$  = Usaha yang diperlukan mematahkan benda uji (Kg m)

$W_1$  = Usaha yang dilakukan (Kg m)

$W_2$  = Sisa usaha setelah mematahkan benda uji (Kg m)

$G$  = Berat pendulum (Kg)

$\lambda$  = Jarak lengan pengayun (m)

$\cos \alpha$  = Sudut posisi awal pendulum

$\cos \beta$  = Sudut posisi akhir pendulum

dan besarnya harga *impact* dapat digunakan persamaan berikut:

$$\mathbf{K} = \frac{W}{A} (\text{Kg m} / \text{mm}^2)$$

Dimana :     **K**     = nilai *impact* (Kg m/mm<sup>2</sup>)  
               **W**     = Usaha yang diperlukan mematahkan uji (Kg m)  
               **A<sub>o</sub>**   = Luas penampang dibawah tatikan (mm<sup>2</sup>)

### 2.3.3 Alat Uji *Impact Tipe Charpy Kapasitas 85 Joule*

Alat uji *impact* tipe *charpy* seperti pada gambar 2.3 dan 2.4 merupakan suatu alat uji yang digunakan untuk mengukur kegetasan dan keuletan pada benda uji dengan standar JIS Z2202. Berat pendulum yang digunakan pada alat uji *impact* tipe *charpy* ini 8 kg dan panjang lengan pengayun 600 mm. Pada alat ini menghasilkan besar energi ( $W_1$ ) pada setiap sudut waktu mematahkan benda uji dan sisa usaha ( $W_2$ ) setelah mematahkan benda uji.

Adapun spesifikasi alat uji *impact* tipe *charpy* ini adalah sebagai berikut:

|                                     |                       |
|-------------------------------------|-----------------------|
| Tipe alat uji                       | : <i>Charpy</i>       |
| Kapaditas                           | : 85 J                |
| Berat go0dam (pendulum)             | : 8 Kg                |
| Jarak titik ayun dengan titik pukul | : 600 mm              |
| Posisi awal pemukulan               | : 140°                |
| Sudut pisau pemukul                 | : 30°                 |
| Dimensi alat uji                    | : 750 x 400 x 1000 mm |
| Standar bahan uji                   | : Alumunium           |

Alat uji *impact* tipe *charpy* ini mempunyai beberapa bagian-bagian utama yang terdiri dari :

- Badan alat uji *impact*
- Pendulum
- Lengan pengayun
- Poros pengayun
- *Bearing*
- Tempat benda uji

- Busur derajat dan jarum penunjuk
- Pisau pemukul



Gambar 2.3 Alat Uji *Impact* (Depan)



Gambar 2.4 Alat Uji *Impact* (Samping)

Bagian-bagian alat uji *impact* tipe *charpy* tersebut saling mendukung dan saling melengkapi satu sama lain dalam penggunaan alat uji tersebut. Penjelasan dari masing-masing bagian-bagian alat uji *impact* tipe *charpy* adalah sebagai berikut:

a. Badan alat uji *impact*

Badan alat uji *impact* terbuat dari baja profil U 70 x 40 mm dengan tebal baja 5 mm. Sedangkan dimensi dari badan alat uji *impact* ini adalah 750 x 100 x 1000 mm. Proses pengerjaan yang dilakukan dalam pembuatan badan alat uji *impact* ini adalah proses penyambungan atau proses pengelasan. Badan alat uji *impact* berfungsi sebagai tempat kedudukan dari *bearing* dan tempat benda uji. Berikut ini adalah gambar badan alat uji *impact* tipe *charpy*.

b. Pendulum

Pendulum berfungsi sebagai beban yang akan diayunkan ke benda uji dan juga terdapat pisau pemukul untuk mematahkan benda uji. Pendulum terbuat dari baja pelat silinder  $\varnothing$  230 x 30 mm dengan berat 8 kg. Pada bagian atas pendulum dihubungkan ke bagian lengan pengayun dengan cara dilas.

c. Lengan pengayun

Lengan pengayun berfungsi untuk meneruskan gerakan ayunan dari poros ke pendulum. Lengan pengayun ini terbuat dari baja silinder  $\text{Ø } 20 \times 600$  mm, pada bagian atasnya dihubungkan ke poros dengan dilas dan pada bagian bawahnya dihubungkan ke pendulum dengan cara dilas.

d. Poros pengayun

Poros pengayun berfungsi sebagai penerus ayunan dari *bearing* ke lengan pengayun dan pendulum. Poros pengayun terbuat dari baja silinder  $\text{Ø } 25 \times 450$  mm. Pada bagian ujung kanan dan kirinya dihubungkan ke *bearing* dan pada bagian tengahnya dihubungkan ke lengan pengayun dengan cara dilas.

e. *Bearing*

*Bearing* berfungsi sebagai pengayun poros. *Bearing* yang digunakan adalah *bearing* dengan ukuran diameter dalam atau diameter poros 25 mm. *Bearing* ditempatkan pada bagian atas kiri pada badan alat uji *impact* dengan cara dibaut.

f. Tempat benda uji

Tempat benda uji berfungsi sebagai tempat diletakkannya benda uji yang akan dilakukan pengujian. Tempat benda uji ini terbuat dari baja profil U 70 x 40 mm dengan tebal 5 mm. Tempat benda uji dilas menyatu dengan badan alat uji *impact*.

g. Busur derajat dan jarum penunjuk

Busur derajat berfungsi sebagai alat pengukur atau alat baca dari hasil pengujian. Jarum penunjuk berfungsi untuk menunjukkan angka pada busur derajat yang merupakan hasil dari pengujian. Jarum penunjuk dihubungkan dengan poros pengayun dengan dibaut, sehingga arahnya sesuai dengan arah ayunan poros pengayun.

h. Pisau pemukul

Pisau pemukul berfungsi untuk memukul benda uji yang telah dibuat takikan, posisi pisau pada saat akan memukul adalah dibelakang kakikan benda uji. Bahan pisau pemukul ini harus lebih keras dari benda yang akan diuji dan sudut pemukul pisau adalah 30 derajat.

Tabel 2.2 Besar Energi ( $W_1$ ) Pada Setiap Sudut Ayun

| Besar Sudut<br>$\alpha$ | Energi ( $W_1$ )<br>(Kg.m) | Energi ( $W_1$ )<br>(J) |
|-------------------------|----------------------------|-------------------------|
| $10^0$                  | 0,0768                     | 0,768                   |
| $20^0$                  | 0,292                      | 2,92                    |
| $30^0$                  | 0,6432                     | 6,432                   |
| $40^0$                  | 1,1232                     | 11,232                  |
| $50^0$                  | 1,7184                     | 17,184                  |
| $60^0$                  | 2,4                        | 24                      |
| $70^0$                  | 3,1584                     | 31,584                  |
| $80^0$                  | 3,9667                     | 39,667                  |
| $90^0$                  | 4,8                        | 48                      |
| $100^0$                 | 5,6332                     | 56,332                  |
| $110^0$                 | 6,4416                     | 64,416                  |
| $120^0$                 | 7,2                        | 72                      |
| $130^0$                 | 7,8816                     | 78,816                  |
| $140^0$                 | 8,4768                     | 84,768                  |

Tabel 2.3 Sisa Usaha ( $W_2$ ) Pada Setiap Sudut Ayun

| Besar Sudut<br>$\beta$ | Sisa Usaha ( $W_2$ )<br>(Kg.m) | Sisa Usaha ( $W_2$ )<br>(J) |
|------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| $10^0$                 | 0,0768                         | 0,768                       |
| $15^0$                 | 0,168                          | 1,68                        |
| $20^0$                 | 0,292                          | 2,92                        |
| $25^0$                 | 0,4512                         | 4,512                       |
| $30^0$                 | 0,6432                         | 6,432                       |
| $35^0$                 | 0,8688                         | 8,688                       |
| $40^0$                 | 1,1232                         | 11,232                      |
| $45^0$                 | 1,4064                         | 14,064                      |
| $50^0$                 | 1,7184                         | 17,184                      |
| $55^0$                 | 2,0496                         | 20,496                      |
| $60^0$                 | 2,4                            | 24                          |
| $65^0$                 | 2,7744                         | 27,744                      |
| $70^0$                 | 3,1584                         | 31,584                      |
| $75^0$                 | 3,5616                         | 35,616                      |
| $80^0$                 | 3,9667                         | 39,667                      |
| $85^0$                 | 4,3824                         | 43,824                      |
| $90^0$                 | 4,8                            | 48                          |
| $95^0$                 | 5,2176                         | 52,176                      |
| $100^0$                | 5,6332                         | 56,332                      |
| $105^0$                | 6,0384                         | 60,384                      |
| $110^0$                | 6,4416                         | 64,416                      |
| $115^0$                | 6,8256                         | 68,256                      |
| $120^0$                | 7,2                            | 72                          |
| $125^0$                | 7,5504                         | 75,504                      |
| $130^0$                | 7,8816                         | 78,816                      |
| $135^0$                | 8,1936                         | 81,936                      |
| $137^0$                | 8,3088                         | 83,088                      |

### 2.3.4 Pengujian *Impact Charpy*

Benda uji yang akan diuji pada alat uji *impact* tipe *charpy* ini harus dibuat dengan standar yang telah ditetapkan yaitu JIS Z2202. Adapun langkah-langkah pengujian *impact* tipe *charpy* ini adalah sebagai berikut:

1. Letakan benda uji ditempat benda uji pada alat uji *impact*. Penempatan benda uji harus benar-benar pas berada pada posisi tengah-tengah dimana pisau pada pendulum berada pas sejajar dengan takikannya tersebut.
2. Setel posisi jarum pada 0 derajat.
3. Angkat pendulum sejauh  $140^\circ$  dengan cara memutar berlawanan arah jarum jam secara perlahan-lahan.
4. Lepaskan pendulum untuk mengayun dan mematahkan benda uji.
5. Lihat dan catat hasil data yang ditunjukkan oleh jarum penunjuk pada busur derajat.
6. melakukan perhitungan dari dat pengujian yang telah diperoleh, yaitu menghitung besarnya usaha ( $W$ ) dan harga *impact* ( $K$ ) dengan menggunakan persamaan berikut:

$$W = G \times \lambda (\cos \beta - \cos \alpha)$$

Dimana:  $W$  = Besarnya usaha untuk mematahkan benda uji (kg m)

$G$  = Berat pendulum (godam) yang digunakan (kg)

$\lambda$  = Panjang lengan pengayun

$\cos \beta$  = Sudut awal pendulum terhadap benda uji

$\cos \alpha$  = Sudut akhir pendulum terhadap benda uji

$$K = \frac{W}{A_0}$$

Dimana:  $K$  = Nilai *impact* (Kg m/mm<sup>2</sup>)

$W$  = Usaha yang diperlukan mematahkan uji (Kg m)

$A_0$  = Luas penampang dibawah tatikan (mm<sup>2</sup>)