

BAB II

KAJIAN TEORI

2.1 Aluminium

Aluminium dan paduan aluminium termasuk logam ringan yang memiliki kekuatan tinggi, tahan terhadap karat dan merupakan konduktor yang baik. Aluminium sering kali digunakan dalam kehidupan manusia diantaranya untuk bahan aditif makanan, bahan pesawat terbang, pembuatan poros, dan sebagainya.



Gambar 2.1 Aluminium

Aluminium dipakai sebagai paduan, karena tidak kehilangan sifat ringan dan mekanisnya serta sifat mampu cornya dapat diperbaiki dengan

menambah unsur - unsur lain. Unsur–unsur paduan itu adalah Cu, Si, Mg, Mn, Ni dan sebagainya, yang dapat mengubah sifat-sifat paduan aluminium¹.

Pada dasarnya aluminium diklasifikasikan menurut tiga cara, yaitu :

- a. Berdasarkan pembuatannya, yaitu dengan klasifikasi paduan coran atau paduan tempat.
- b. Berdasarkan perlakuan panasnya, yaitu dapat atau tidak dapatnya diperlakukan panas.
- c. Berdasarkan unsur paduannya, dalam hal ini aluminium dibagi menjadi tujuh jenis yaitu :

1. Al murni

Jenis ini adalah aluminium dengan kemurnian antara 99,0% dan 99,9%. Aluminium dalam seri ini di samping sifatnya yang baik dalam tahan karat, konduksi panas dan konduksi listrik juga memiliki sifat yang baik dalam pengelasan dan pemotongan. Hal yang kurang menguntungkan adalah kekuatan yang rendah.

2. Al – Cu

Jenis paduan Al – Cu adalah jenis yang dapat diperlaku-panaskan. Dengan melalui pengerasan endap atau penyepuhan sifat mekanik paduan

¹ Kenji Chijiwa dan Tata Sudria, *Teknik Pengecoran Logam* (Jakarta : PT. Pradnya Paramita, 2000), h. 42

ini dapat menyamai sifat dari baja lunak, tetapi daya tahan korosinya rendah bila dibanding dengan jenis paduan lainnya. Sifat mampu lasnya juga kurang baik, karena itu paduan jenis ini biasanya digunakan pada konstruksi keling dan banyak sekali digunakan dalam konstruksi pesawat terbang seperti duralumin dan super duralumin.

3. Al – Mn

Paduan ini adalah jenis yang tidak dapat diperlaku-panaskan sehingga kenaikan kekuatannya hanya dapat diusahakan melalui pengerjaan dingin dalam proses pembuatannya. Bila dibandingkan dengan jenis Al-murni paduan ini mempunyai sifat yang sama dalam hal daya tahan korosi, mampu potong dan sifat mampu lasnya. Dalam hal kekuatannya jenis paduan ini lebih unggul dari pada jenis Al-murni.

4. Al – Si

Paduan Al-Si ini dalam keadaan cair mempunyai sifat mampu alir yang baik dan dalam proses pembekuannya hampir tidak terjadi retak. Karena sifat-sifatnya, maka paduan jenis Al-Si banyak digunakan sebagai bahan atau logam las dalam pengelasan paduan aluminium baik paduan cor maupun paduan tempa.

5. Al – Mg

Jenis ini termasuk paduan yang tidak dapat diperlaku-panaskan, tetapi mempunyai sifat yang baik dalam daya tahan korosi, terutama korosi oleh air laut, dan dalam sifat mampu lasnya. Paduan Al-Mg banyak digunakan tidak hanya dalam konstruksi umum, tetapi juga untuk tangki – tangki penyimpanan gas alam cair dan oksigen cair.

6. Al – Mg – Si

Paduan ini termasuk dalam jenis yang dapat diperlaku-panaskan dan mempunyai sifat mampu-potong, mampu las dan daya tahan korosi yang cukup. Sifat yang kurang baik dan paduan ini adalah terjadinya pelunakan pada daerah las sebagai akibat dari panas pengelasan yang timbul.

7. Al – Zn

Paduan ini termasuk jenis yang dapat diperlaku-panaskan. Biasanya ke dalam paduan pokok Al-Zn ditambahkan Mg, Cu dan Cr. Kekuatan tarik yang dapat dicapai lebih dari 50kg/mm², sehingga paduan ini dinamakan juga ultra duralumin.

Berikut adalah tabel komposisi dari aluminium :

Tabel 2.1 Komposisi paduan aluminium di pasaran²

| | Si | Cu | Mn | Mg | Cr | Ni | Zn | Ti |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|------|
| 2014 | 0.8 | 4.4 | 0.8 | 0.5 | - | - | - | - |
| 2024 | - | 4.4 | 0.6 | 1.5 | - | - | - | - |
| 2219 | - | 6.3 | 0.3 | - | - | - | - | 0.06 |
| 6061 | 0.6 | 0.3 | - | 1.0 | 0.2 | - | - | - |
| 7005 | - | - | 0.4 | 1.4 | 0.1 | - | 4.5 | 0.04 |
| 7039 | 0.3 | 0.1 | 0.2 | 2.8 | 0.2 | - | 4.0 | 0.1 |
| 7146 | 0.2 | - | - | 1.3 | - | - | 7.1 | 0.06 |

a. Sifat Fisika

Aluminium memiliki sifat fisika seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut.

² Sindo Kou, *Welding Metallurgy*, (Canada: John Wiley & Sons, 1987), h. 282

Tabel 2.2 Sifat Fisika Aluminium³

| NO | Sifat | Nilai |
|----|----------------------------|----------------------------|
| 1 | Jari-jari atom | 143 Pm |
| 2 | Volume atom | 10 cm ³ /gr.atm |
| 3 | Density (660°C) | 2,368 gr/cm ³ |
| 4 | Density (20°C) | 2,6989 gr/cm ³ |
| 5 | Potensial elektroda (25°C) | -1,67 volt |
| 6 | Kapasitas panas (25°C) | 5,38 cal/mol °C |
| 7 | Panas pembakaran | 399 cal/gr mol |
| 8 | Tensile strength | 700 MPa |
| 9 | Kekerasan brinell | 12-16 skala mehs |
| 10 | Hantaran panas (25°C) | 0,49 cal/det °C |
| 11 | Valensi | 3 |
| 12 | Kekentalan (700°C) | 0,0127 poise |
| 13 | Panas peleburan | 94,6 cal/gr |
| 14 | Panas uap | 200 cal/gr |
| 15 | Massa atom | 26,98 |
| 16 | Titik lebur | 660°C |
| 17 | Titik didih | 2452°C |
| 18 | Tegangan permukaan | 900 dyne/cm |
| 19 | Tegangan tarik | 4,76 kg/mm |

³ Hery Sunaryo, *Teknologi Las Kapal Jilid 1*, (Jakarta : Departemen Pendidikan Nasional, 2008), h. 13

b. Sifat Kimia

Aluminium mempunyai nomor atom 13. Dan massa atom relatif 26,98. Aluminium juga bersifat *amfoter*. Ini dapat ditunjukkan pada reaksi sebagai berikut:



Aluminium merupakan unsur yang sangat reaktif sehingga mudah teroksidasi. Karena sifat kereaktifannya maka aluminium tidak ditemukan di alam dalam bentuk unsur melainkan dalam bentuk senyawa, baik dalam bentuk oksida alumina maupun silikon. Sifat-sifat aluminium yang lebih unggul bila dibandingkan dengan logam lain adalah sebagai berikut:

1. Ringan, Massa jenis aluminium pada suhu kamar (29°C) sekitar 2,7 gr/cm³.
2. Kuat, aluminium memiliki daya renggang 8 kg/mm³, tetapi daya ini dapat berubah menjadi lebih kuat dua kali lipat apabila aluminium tersebut dikenakan proses pencairan. Aluminium juga menjadi lebih kuat dengan ditambahkan unsur-unsur lain seperti Mg, Zn, Mn, Si.
3. Ketahanan terhadap korosi, aluminium mengalami korosi dengan membentuk lapisan oksida yang tipis, lapisan ini dapat mencegah karat pada aluminium yang berada di bawahnya. Dengan demikian logam aluminium adalah logam

yang mempunyai daya tahan korosi lebih baik dibandingkan dengan besi dan baja lainnya.

4. Daya hantar listrik yang baik, aluminium adalah logam yang paling ekonomis sebagai penghantar listrik karena massa jenisnya lebih ringan dari massa jenis tembaga, dimana kapasitas arus dari aluminium kira-kira dua kali lipat dari kapasitas arus pada tembaga.
5. Anti magnetis, aluminium adalah logam yang anti magnetis.
6. Toksikitas, aluminium adalah logam yang tidak beracun dan tidak berbau.
7. Kemudahan dalam proses, aluminium mempunyai sifat yang baik untuk proses mekanik dari kemampuan perpanjangannya, hal ini dapat dilihat dari proses penuangan, pemotongan, pembengkokan, ekstrusi dan penempaan aluminium
8. Sifat dapat dipakai kembali, aluminium mempunyai titik lebur yang rendah, oleh karena itu kita dapat memperoleh kembali logam aluminium dari *scrap*.

2.2 Tembaga (Cu)

Tembaga adalah logam yang mempunyai sifat lunak dan liat, penghantar panas dan listrik yang baik, memiliki kesiapan untuk membentuk campuran-campuran, lebih merata pada waktu pendinginan, dapat dikerjakan dalam keadaan panas maupun dingin. Oleh sebab itu, tembaga sangat berguna untuk pengerjaan perubahan bentuk antara lain dipergunakan untuk gelang paking. Kekuatan tarik tembaga kira-kira 200 N/mm² lebih

dari logam yang lain, tembaga mempunyai kekuatan tarik yang lebih besar pada suhu yang lebih rendah⁴.

Titik lebur tembaga ada pada 1083,4° C, berat jenisnya 8900 Kg/m³. Tembaga yang masih murni sukar dikerjakan dengan alat pemotong tapi mudah sekali diubah bentuk dalam keadaan dingin dengan ditempa, digiling atau diregangkan. Dengan pengerjaan dingin kekuatan tembaga murni akan meningkat kekuatannya sampai 450 N/mm².



Gambar. 2.2 Tembaga

Tembaga mempunyai sifat mampu tuang yang jelek, karena tembaga dalam keadaan cair mudah sekali menyerap gas-gas terlarut, dimana pada waktu membeku gas-gas tersebut akan terlepas dan menyebabkan banyak rongga gas dan berpori.

Tembaga merupakan logam non ferro yang banyak digunakan sebagai unsur paduan di dalam aluminium. Tembaga ditambahkan untuk meningkatkan

⁴ B.S. Anwir, *Ilmu Bahan Logam* (Jakarta: Bhatara, 1994), h.115

kekuatan dan ketahanan lelah (*fatigue*). Tembaga sebagai unsur paduan aluminium dalam jumlah tertentu akan menambah kekuatan dan kekerasannya⁵. Hasil coran yang baik dimulai dari paduan Al-Cu sampai dengan 8%Cu⁶.

2.3 Pengecoran

Proses pengecoran merupakan proses pencairan logam yang selanjutnya dituangkan kedalam rongga cetakan dan dibiarkan membeku, sehingga akan terbentuk suatu model yang sesuai dengan bentuk dan pola cetakan. Proses pengecoran ini adalah proses yang memberikan fleksibilitas dan kemampuan yang tinggi sehingga merupakan proses dasar yang penting dalam pengembangan industri⁷.

Pengecoran logam adalah menuangkan secara langsung logam cair yang didapat dari biji besi kedalam cetakan. Sedangkan coran itu adalah logam yang dicairkan, dituang kedalam cetakan, kemudian didinginkan dan membeku⁸.

Untuk membuat coran, harus dilakukan proses-proses seperti: pencairan logam, pembuatan cetakan, persiapan, penuangan logam cair ke dalam cetakan, pembongkaran dan pembersihan coran.

⁵ B.H. Amstead, *Teknologi Mekanik Jilid I* (Jakarta : Erlangga, 1997), h.71

⁶ Wahyudi, *Sifat Kuat Tarik Paduan Al-Cu-Si Dengan Cetakan Permanen dan Cetakan Pasir*, Buletin IPT, No. 4 Vol. III Edisi Oktober/November, (Bandung: 1997), h. 31

⁷ Suhardi, *Teknologi Mekanik I* (Surakarta : Universitas Sebelas Maret, 1987), h.35

⁸ *Ibid*, hal.35

2.4 Penuangan

Proses penuangan coran dilakukan dengan dikeluarkan logam cair dari tanur kemudian dituangkan dalam cetakan. Dalam proses penuangan diperlukan pengaturan temperatur penuangan, hal ini karena temperatur penuangan banyak sekali mempengaruhi kualitas coran, temperatur penuangan yang terlalu rendah menyebabkan pembekuan pendek, kecairan yang buruk dan menyebabkan kegagalan pengecoran. Selain itu, dalam penuangan penting sekali dilakukan dengan cepat. Waktu penuangan yang cocok perlu ditentukan dengan mempertimbangkan berat dan tebal coran, sifat cetakan, dan lainnya. Untuk temperatur penuangan yang cocok pada brons-aluminium adalah 1220°C untuk coran yang tipis, 1150°C untuk coran yang berukuran sedang dan 1110°C untuk coran yang tebal. Setelah cetakan selesai dibuat, logam cair dituangkan kedalam cetakan dan akan dibongkar setelah suhu penanganan yang wajar (setelah benda cetakan membeku dan dingin).

Untuk benda cor bukan besi akan lebih mudah dalam proses pembongkarannya, hal ini karena suhu penuangannya lebih rendah sehingga pasir umumnya tidak melekat pada coran, selain itu cocok digunakan untuk cetakan logam karena tidak merusak cetakan. Pembongkaran cetakan dilakukan dengan memukul saluran masuk dan saluran turun atau dipotong-potong dengan gergaji. Setelah cetakan dibongkar benda cor dibersihkan dan

menghilangkan cacat-cacat pada permukaan benda cor digerinda dan dihaluskan dengan diampelas.

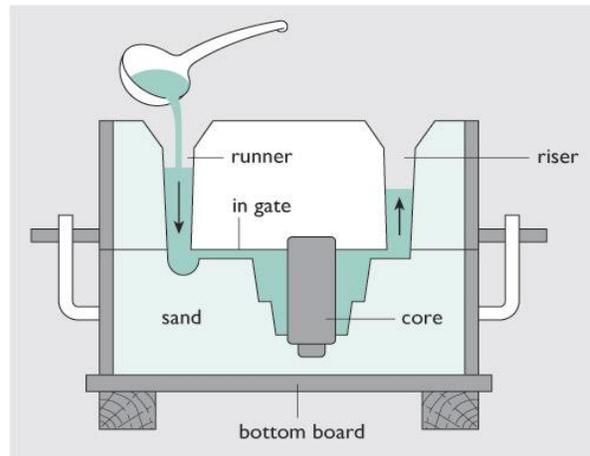
2.5 Cetakan

Cetakan adalah suatu alat yang digunakan sebagai tempat cairan logam yang akan dibentuk oleh model. Pembuatan cetakan dalam proses pengecoran merupakan hal yang sangat penting sesuai dengan modelnya masing-masing.

Proses pembuatan cetakan dapat dilakukan dengan menggunakan tangan sampai mesin yang paling modern. Pembuatan cetakan dengan menggunakan tangan dilakukan apabila produksinya dalam jumlah yang kecil sedangkan untuk bentuk coran yang sulit dan dalam jumlah yang besar dapat dilakukan dengan menggunakan mesin. Untuk jenis cetakan ditinjau dari bahan cetakan yang dipakai dibagi menjadi dua yaitu cetakan pasir dan cetakan logam (permanen).

2.5.1. Cetakan Pasir

Pengecoran dengan cetakan pasir adalah proses pengecoran dengan menggunakan pasir sebagai bahan yang digunakan untuk membuat cetakan. Proses pengecoran ini merupakan suatu proses yang paling dikenal. Proses ini sendiri tidak lain adalah menuangkan logam cair kerongga dari cetakan pasir, sehingga diperlukan bahan cetakan yang mampu menahan temperatur yang lebih tinggi dari temperatur logam yang dituangkan.



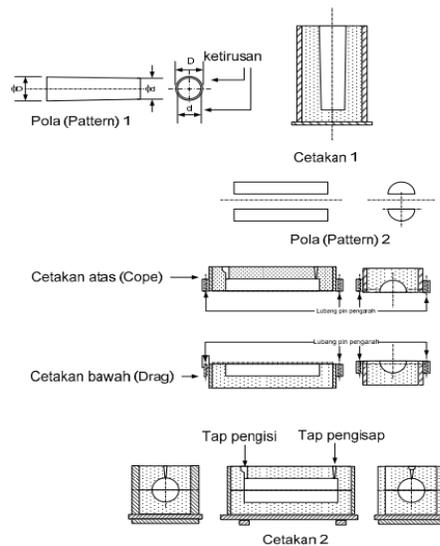
Gambar 2.3. Skema penuangan dengan cetakan pasir

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

- 1) Pola atau model (*pattern*), yaitu sebuah bentuk dan ukuran benda yang sama dengan bentuk asli benda yang dikehendaki, pola ini dapat dibuat dari kayu atau plastik yang nantinya akan dibentuk pada cetakan pasir dalam bentuk rongga atau yang disebut moldjika model ini dikeluarkan yang kedalamnya akan dituangkan logam cair.
- 2) Inti (*core*), inti ini merupakan bagian khusus yang berfungsi sebagai bingkai untuk melindungi struktur model yang akan dibentuk, dengan demikian keadaan ketebalan dinding, lubang dan bentuk-bentuk khusus dari benda tuangan (*casting*) tidak akan terjadi perubahan.

- 3) *Cope*, yaitu setengah bagian dari bagian atas cetakan pasir.
- 4) *Drag / Bottom board*, yakni setengah bagian bawah dari cetakan pasir tersebut.
- 5) *Gate*, ialah lubang terbuka dimana dituangkannya logam cair kedalam cetakan di antara *core* dan *drag*
- 6) *Riser*, ialah lubang pengeluaran yang disediakan untuk mengalirnya sisa lelehan logam cair dari dalam cetakan serta sedikit *reserve* larutan logam cair.

Komponen-komponen utama untuk pembuatan cetakan tersebut merupakan komponen utama yang digunakan dalam pembuatan cetakan untuk pengecoran logam. Kelengkapan lainnya adalah *chaplet*, yakni kelengkapan pendukung *cores*, walaupun pemakaian pendukung *cores* ini dianggap kurang praktis.



Gambar 2.4 Pola cetakan

2.5.2 Cetakan Logam

Pengecoran dalam cetakan logam dilaksanakan dengan menuangkan logam cair ke dalam cetakan logam seperti pada cetakan pasir. Proses penuangannya, logam cair mengalir melalui pintu cetakan, dimana tidak menggunakan tekanan kecuali tekanan yang berasal dari tinggi cairan logam dalam cetakan⁹. Pada umumnya logam cair dituangkan dengan penuh gaya berat walaupun kadang-kadang diperlukan tekanan pada logam cair selama atau setelah penuangan. Sebagai bahan cetakan terutama dipakai besi cor paduan. Cara ini dapat membuat coran yang mempunyai ketelitian dan kualitas yang tinggi. Akan tetapi biaya pembuatan cetakan logam lebih tinggi sehingga apabila umur cetakan itu dibuat panjang, barulah produksi yang ekonomis mungkin dilaksanakan.

Di dalam cetakan logam perlu diberikan bahan pelapis permukaan cetakan agar memudahkan proses pembebasan cetakan dan mengurangi keausan cetakan serta menurunkan kecepatan coran sehingga terhindar dari cacat-cacat. Bahan pelapis yang digunakan untuk melapisi permukaan cetakan logam adalah bahan anorganik yang bersifat tahan api, seperti tanah lempung.

⁹ *Ibid*, h.248

Bahan coran umumnya diambil dari paduan bukan besi yang mempunyai titik cair rendah seperti paduan aluminium, paduan magnesium atau paduan tembaga serta paduan lain yang memiliki titik cair rendah¹⁰.

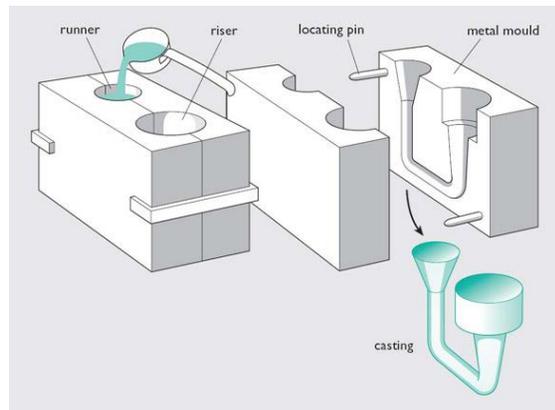
Cetakan logam merupakan cetakan yang dapat memberikan hasil coran dengan ketelitian ukuran coran yang sangat baik kalau dibanding pengecoran dengan cetakan pasir dan memiliki permukaan coran yang halus, menghasilkan struktur yang rapat serta sifat mekanis dan sifat tahan tekanan yang sangat baik.

Secara metalurgi pengaruh pendinginan cetakan logam menghasilkan logam coran dengan butir-butir yang halus, sehingga memberikan kekuatan maksimum, hal ini dikarenakan, semakin cepat proses pendinginannya maka semakin halus butirkristal dendrit sehingga semakin kuat baik kekerasan maupun kekuatan tariknya. Disamping itu kekurangan dari cetakan logam adalah tidak sesuai dengan jumlah produksi yang kecil karena biaya produksi yang mahal, sukar untuk membuat coran yang berbentuk rumit, pembuatan cetakan logam sukar dan mahal, ukuran benda kerja terbatas, serta tidak dapat dipakai untuk pengecoran baja.

Bahan yang lazim dipakai untuk pola logam adalah besi cor. Biasanya dipakai besi cor kelabu karena sangat tahan aus, tahan panas, dan tidak mahal. Pola logam dipergunakan agar dapat menjaga ketelitian

¹⁰ *Loc.cit*, h.248

ukuran benda coran, termasuk masa produksinya. Bila dibandingkan dengan pola kayu, pola logam lebih lama pembuatannya dan sulit dibentuk.



Gambar 2.5. Skema cetakan logam

2.6 Pengamatan Struktur Mikro

Dalam pengujian ini, kualitas bahan ditentukan dengan mengamati struktur di bawah mikroskop, disamping itu dapat juga mengamati cacat dan bagian yang tak teratur. Mikroskop yang dipergunakan adalah mikroskop cahaya, tetapi apabila perlu mendapatkan pembesaran yang tinggi dipergunakan mikroskop electron. Dalam hal tertentu digunakan juga alat khusus yaitu mikroskop pirometri untuk mengamati perubahan-perubahan yang disebabkan oleh perubahan temperatur atau bisa juga untuk menganalisa kotoran kecil yang ada dalam struktur¹¹.

Pengamatan struktur mikro dimaksudkan untuk memperoleh gambaran makroskopis dan mikroskopis struktur permukaan spesimen yang telah dibuat.

¹¹ Kenji Chijiwa dan Tata Sudria, *Op.cit.*, 2000, hlm 210

Sebelum dilakukan pengamatan, spesimen dipersiapkan terlebih dahulu, pekerjaan persiapan spesimen ini meliputi tahapan: *cutting*, *mounting*, *grinding*, *polishing* dan *etching* sebelum bahan ditempatkan dibawah lensa obyektif mikroskop optik.

2.7 Tingkat Kekerasan Paduan Aluminium Silikon (Al-Si)

Pada proses pengecoran aluminium sifat-sifat mekaniknya dapat dinaikkan dengan menambahkan unsur paduan logam lain, menentukan jenis cetakan, melakukan perlakuan panas dan lainnya. Salah satu sifat mekanis yang dimiliki aluminium adalah keras.

Mesin yang digunakan untuk penentuan kekerasan bahan adalah mesin uji keras. Mesin ini ada yang dijalankan dengan listrik dan ada juga yang dengan sistem mekanik.

Pengertian umum kekerasan ialah penolakan suatu bahan atau material melawan desakan suatu bahan lain . Pengujian kekerasan merupakan satu dari sekian banyak pengujian yang dipakai, karena dapat dilaksanakan pada benda uji yang relatif kecil tanpa kesukaran mengenai spesifikasi.

Ada beberapa cara mengukur kekerasan suatu bahan material, yaitu:

1. Pengujian Kekerasan Brinell (HB)

Pengujian kekerasan Brinell adalah pengujian kekerasan material yang dilakukan dengan menekankan sebuah bola baja atau logam yang

sangat keras dengan garis tengah D (mm) ditekan ke dalam permukaan licin benda uji dalam sebuah mesin uji dengan suatu tekanan F (daN) yang dinaikkan secara perlahan.

Besar beban yang diberikan sangat tergantung pada besarnya diameter bola baja dan dinyatakan sebagai berikut:

$$P = k D^2 \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan ¹²:

P : Beban (N/m)

k : Konstanta

D : Diameter bola baja penekan (mm)

Pada permukaan logam akan tinggal bekas penekanan. Setelah itu diameter bekas penekanan diukur dengan mikroskop ukur, maka harga kekerasan Brinellnya adalah beban dibagi luas bidang penekanan sebagai berikut¹³ :

$$HB = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - D_i^2})} \dots\dots\dots(2.2)$$

¹² Edih Supardi, *Pengujian Logam* (Bandung : Angkasa, 1996), h.42

¹³ *Ibid*, h.42

Dengan :

HB : Harga kekerasan Brinell (daN/mm^2)

F : Beban (kgf)

D : Diameter bola baja (mm)

D_i : Diameter hasil penekanan (mm)

h : Kedalaman penekanan (mm)

Tabel 2.3 Hubungan beban dan diameter bola¹⁴

| Diameter Bola (mm) | Beban (kgf) | | | | | |
|-----------------------|-------------|---------|--------|----------|-----------|----------|
| | $30D^2$ | $10D^2$ | $5D^2$ | $2,5D^2$ | $1,25D^2$ | $0,5D^2$ |
| 10 | 3000 | 1000 | 500 | 250 | 125 | 50 |
| 5 | 750 | 250 | 125 | 62,5 | 31,3 | 12,5 |
| 2,5 | 187,5 | 62,5 | 31,5 | 15,6 | 7,9 | 3,1 |

Tabel 2.4 Hubungan bahan dan beban¹⁵

| No | Nama bahan | Beban |
|----|---------------|--------------|
| 1. | Besi dan baja | $F = 30D^2$ |
| 2. | Tembaga | $F = 10D^2$ |
| 3. | Alumunium | $F = 5D^2$ |
| 4. | Timah | $F = 2,5D^2$ |
| 5. | Timah hitam | $F = D^2$ |

¹⁴ Alois Schonmetz, Karl Gruber. Pengetahuan Bahan Dalam Pengerjaan Logam (Bandung : Angkasa, 1985), h.196

¹⁵ Edih Supardi, *Op.cit*, h.43

Tabel 2.5 Pedoman pengukuran kekerasan Brinell¹⁶

| | | | | | |
|-------------------------------|---|---|------------------------------|----------------------|------------------------|
| $\frac{F}{D^2}$ (F dalam kgf) | 30 | 10 | 5 | 2,5 | 1,25 |
| Pencapaian HB | 64-450 | 22-315 | 11-158 | 6-78 | 3-39 |
| Lama pembebanan (dt) | 15 | 30 | 30 | 120 | 180 |
| Penerapan | Logam ferro | Logam non-ferro | | | |
| | Baja Baja tuang Besi tuang Logam Keras | Paduan Tembaga, Paduan Aluminium keras | Tembaga, Paduan aluminium | Bahan-bahan bantalan | Timbel dan Timah putih |

2. Pengujian Kekerasan Vickers (HV)

Dalam uji kekerasan Vickres menggunakan penekanan berbentuk piramide intan yang dasarnya bujur sangkar. Beban normal: 3, 5, 10, 30 dan 60 daN dengan lama pembebanan berkisar 30 detik. Semakin tipis benda uji, maka semakin kecil pula beban yang dipilih. Besar sudut antara permukaan-permukaan piramida yang saling berhadapan adalah 136° . Sudut ini dipilih karena nilai tersebut mendekati sebagian besar nilai perbandingan yang diinginkan antara diameter lekukan dan diameter bola penekanan pada uji kekerasan Brinell. Pada sebagian besar uji kekerasan Brinell nilai $d = 2,5$ mm dan 5 mm. Untuk penekanan intan digunakan nilai $d = 0,375 D$. Hasil yang nanti diperoleh menunjukkan bahwa kekerasan HV dan HB hampir sama, selama untuk Brinell yang keadaannya normal. Karena bentuk penekanan piramida, maka pengujian ini sering dinamakan uji kekerasan piramida intan. Angka penekanan kekerasan piramida intan didefinisikan

¹⁶ Van Vliet, G.L.J. Both W. *Teknologi Untuk Bangunan Mesin*. (Jakarta : Erlangga, 1984), h.48

sebagai beban dibagi luas permukaan bekas penekanan. Pada penekanan praktisnya bekas penekanan diukur dengan mikroskop ukur pada panjang diagonalnya.

Dampak tekan yang berbentuk bujur sangkar tersebut didalam mesin uji diperbesar dan ditampilkan dalam layar. Ukuran sisi-sisi miringnya dapat dibaca dengan sebuah alat ukur halus dengan ketepatan 0,001 mm. dari nilai rata-ratanya dan besar beban, dicari angka kekerasan dari tabel yang telah distandarisasi dalam DIN 50.133¹⁷.

Pengujian Vickres ini dapat diterapkan pada bahan yang lunak (5HV) sampai bahan yang sangat keras (1500HV). Pengujian Vickres tidak tergantung pada besarnya beban. Hanya saja, besar beban yang digunakan menentukan apakah beban mikro (kurang dari 1 kg) atau beban makro (s/d 100 kg).

3. Pengujian Kekerasan Rockwell (HR)

Pengujian kekerasan Rockwell didasarkan pada kedalaman masuknya penekanan pada bahan uji. Makin keras bahan yang akan diuji, makin dangkal masuknya penekanan tersebut. Sebaliknya, makin dalam masuknya penekanan pada bahan uji maka bahan uji tersebut makin lunak.

¹⁷ Alois Schonmetz, Karl Gruber. *Pengetahuan Bahan Dalam Pengerjaan Logam*, (Bandung : Angkasa, 1985), h.197

Pengujian kekerasan Rockwell bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap benda penguji yang berupa bola baja ataupun kerucut *diamond*. Benda penguji tersebut ditekankan pada permukaan material uji.

Pengujian kekerasan Rockwell cocok untuk semua material yang keras maupun yang lunak penggunaannya sederhana dan penekanannya dapat leluasa¹⁸.

¹⁸ Tata Sudria, Shinroku Saito. Pengetahuan Bahan Teknik (Jakarta : Pradya Paramita, 1999), h.31