

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengecoran Logam

Pengecoran Logam adalah suatu proses manufaktur yang menggunakan logam cair dan cetakan untuk menghasilkan bentuk yang mendekati bentuk geometri akhir produk jadi. Logam cair akan dituangkan atau ditekan ke dalam cetakan yang memiliki rongga cetak (*cavity*) sesuai dengan bentuk atau desain yang diinginkan. Setelah logam cair memenuhi rongga cetak dan tersolidifikasi, selanjutnya cetakan disingkirkan dan hasil cor dapat digunakan untuk proses sekunder. (Surdia Tata dkk, 2000).

Untuk menghasilkan hasil cor yang berkualitas maka diperlukan pola yang berkualitas tinggi, baik dari segi konstruksi, dimensi, material pola, dan kelengkapan lainnya. Pola digunakan untuk memproduksi cetakan. Pada umumnya, dalam proses pembuatan cetakan, pasir cetak diletakkan di sekitar pola yang dibatasi rangka cetak kemudian pasir dipadatkan dengan cara ditumbuk sampai kepadatan tertentu. Pada lain kasus terdapat pula cetakan yang mengeras/menjadi padat sendiri karena reaksi kimia dari perekat pasir tersebut. Pada umumnya cetakan dibagi menjadi dua bagian yaitu bagian atas (*cup*) dan bagian bawah (*drag*) sehingga setelah pembuatan cetakan selesai pola akan dapat dicabut dengan mudah dari cetakan.

Inti dibuat secara terpisah dari cetakan, dalam kasus ini inti dibuat dari pasir kuarsa yang dicampur dengan Airkaca (*Water Glass / Natrium Silikat*), dari campuran pasir tersebut dimasukan kedalam kotak inti, kemudian direaksikan dengan gas CO₂ sehingga menjadi padat dan keras. Inti diseting pada cetakan. Kemudian cetakan diasembling dan diklem.

Sembari cetakan dibuat dan diasembling, bahan-bahan logam seperti ingot, scrap, dan bahan paduan, dilebur di bagian peleburan. Setelah logam cair dan homogen maka logam cair tersebut dituang ke dalam cetakan.

Setelah itu ditunggu hingga cairan logam tersebut membeku karena proses pendinginan. Setelah cairan membeku, cetakan dibongkar. Pasir cetak, inti, dan benda tuang dipisahkan. Pasir cetak bekas masuk ke instalasi daur ulang, inti bekas dibuang, dan benda tuang diberikan ke bagian fethling untuk dibersihkan dari kotoran dan dilakukan pemotongan terhadap sistem saluran pada benda tersebut. Setelah fethling selesai apabila benda perlu perlakuan panas maka diproses di bagian perlakuan panas.

2.2 Pengertian Cetakan

Cetakan adalah suatu benda untuk membentuk benda kerja sesuai yang diinginkan dengan cara penuangan bahan dasar yang telah dicairkan kemudian didinginkan. Setiap pembentuk suatu benda harus berdasarkan gambar benda yang diinginkan. Sebelum kita melakukan proses penuangan berlangsung harus dibuat cetakan. Dengan demikian cetakan dapat didefinisikan suatu alat yang bentuknya menyerupai benda yang dibuat. Cetakan ini sendiri terdiri dari cetakan luar dan dalam. Sebelum cetakan ini dibuat kita harus melakukan beberapa tahapan yang harus dilaksanakan, seperti mempersiapkan desain cetakan, bahan yang digunakan dan cara pembuatan cetakan tersebut. (Marsyahyo, Dr. Eko,S.T.,M.Sc, 2009).

2.3 Cetakan Logam

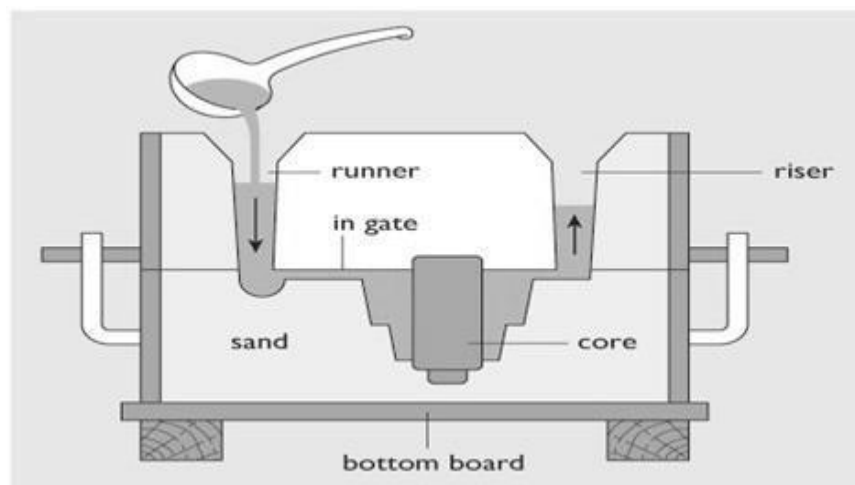
Cetakan Logam adalah sebuah media pembentuk logam di dalam proses pengecoran logam.

2.3.1 Bagian-Bagian Cetakan Logam

Secara umum cetakan harus memiliki bagian-bagian utama sebagai berikut:

- a. *Cavity* (rongga cetakan), merupakan ruangan tempat logam cair yang dituangkan kedalam cetakan. Bentuk rongga ini sama dengan benda kerja yang akan dicor. Rongga cetakan dibuat dengan menggunakan pola.

- b. *Core* (inti), fungsinya adalah membuat rongga pada benda coran. Inti dibuat terpisah dengan cetakan dan dirakit pada saat cetakan akan digunakan.
- c. *Gating* sistem (sistem saluran masuk), merupakan saluran masuk kerangka cetakan dari saluran turun.
- d. *Sprue* (Saluran turun), merupakan saluran masuk dari luar dengan posisi vertikal. Saluran ini juga dapat lebih dari satu, tergantung kecepatan penuangan yang diinginkan.
- e. *Pouring basin*, merupakan lekukan pada cetakan yang fungsi utamanya adalah untuk mengurangi kecepatan logam cair masuk langsung dari *ladle* ke *sprue*. Kecepatan aliran logam yang tinggi dapat terjadi erosi pada *sprue* dan terbawanya kotoran-kotoran logam cair yang berasal dari tungku kerangka cetakan.
- f. *Raiser* (penambah), merupakan cadangan logam cair yang berguna dalam mengisi kembali ruangan cetakan.



Gambar 2.1 Bagian-bagian Cetakan Logam

(Sumber :<https://hanyapembungkaskado.wordpress.com/2010/10/22/pengecoran-logam/>)

2.3.2 Bahan–Bahan Cetakan

Ada beberapa jenis bahan yang biasanya digunakan untuk bahan cetakan, hal ini tergantung atas benda produksi yang akan dicetak, jenis dari bahan– bahan cetakan yang dimaksud adalah :

1. Pasir
2. Keramik
3. Plaster
4. Logam.

2.3.3 Jenis–Jenis Cetakan :

1. Cetakan Tidak Permanen (*Expendable Mold*)

Cetakan tidak permanen (*Expendable mold*) hanya dapat digunakan satu kali saja. Contoh : Cetakan pasir (*sand casting*), cetakan kulit (*shell mold casting*), dan cetakan presisi (*precision casting*).

2. Cetakan Permanen (*Permanent Mold*)

Cetakan permanen (*permanent mold*) dapat digunakan berulang-ulang (biasanya dibuat dari logam). *Permanent mold casting* adalah pembuatan logam dengan cetakan yang dipadukan dengan tekanan hidrostastik. Cara ini tidak praktis untuk pengecoran yang berukuran besar dan ketika menggunakan logam dengan titik didih tinggi. Logam bukan baja seperti aluminium, seng, timah, magnesium, perunggu bila dibuat dengan cara ini hasilnya baik.

Cetakan ini terdiri atas dua atau lebih bagian yang digabung dengan sekrup, klem, plat atau alat lain yang dapat dilepas setelah produk mengeras. Pada umumnya, *permanent molds* dibuat dari *close-grain* dan dijepit satu sama lain. Cetakan ini biasanya dilapisi dengan bahan perekat tahan panas (*heat resisting wet mixture*) dan jelaga yang akan menjaga cetakan agar tidak lengket dan mengurangi efek dingin pada logam.

Setelah cetakan disiapkan, kemudian ditutup dan seluruh bagian inti atau bagian yang bebas dikunci ditempat. Kedua biji besi dan biji baja dapat digunakan dalam cetakan jenis ini. Untuk mengantisipasi suhu logam dilakukan dengan menuangkan air kedalam cetakan melalui pintu yang terbuka. Setelah hasil cetakan cukup dingin, bagian yang bebas ditarik dan cetakan dibuka dan hasil cetakan diangkat. Cetakan tersebut kemudian dibersihkan dan susun kembali bagian-bagian cetakan, cetakan pun siap dituangi lagi (digunakan lagi).

Alat ini sebagian besar digunakan untuk mencetak piston dan bagian-bagian mesin kendaraan, mesin disel dan mesin kapal. Penerapan lainnya banyak ditemukan di industri yang membuat beberapa materi seperti gear pada mesin cuci, bagian-bagian pada *vacum cleaner*, tutup kipas angin, bagian untuk alat-alat portable, perlengkapan lampu luar ruangan, dan lain-lain.

Permanent mold casting mempunyai hasil ahir permukaan yang bagus dan detail yang tajam. Diperoleh keseragaman hasil dengan berat 1 ons sampai 50 pound. Toleransinya berkisar dari 0,0025 inchi sampai 0,010 inchi.

Permanent mold casting termasuk otomatis, sehingga dapat diperoleh produk yang cukup banyak.

Contoh *Permanent Mold* :

1. *Gravity permanent mold casting*
2. *Pressure die casting*
3. *Centrifugal die casting*

2.4 Bahan Cetakan

Dalam cara pembuatan bahan cetakan kita harus membuat pola atau bentuk cetakan tersebut. Pola yang digunakan untuk membuat bahan cetakan dibedakan menjadi beberapa macam, yaitu : pola dari logam, pola dari kayu, pola dari plastik.

- a. Pola logam dipergunakan untuk menjaga ketelitian ukuran benda yang dituang, terutama untuk produksi masal. Bahan dari pola logam bermacam macam sesuai dengan penggunaannya.
- b. Pola kayu biasanya dipilih karena memiliki harga pembuatan yang murah dan cepat. Karena itu pola ini sangat baik dalam hal pertimbangan ekonomi.
- c. Pola plastik memiliki pertimbangan yang sama dengan pola kayu.

Pada pembuatan pola ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, hal - hal tersebut adalah :

- a. Untuk menghindari penyerapan dan perubahan bentuk, pola harus disusun dari aneka bagian yang dicetak, disekrup atau dipakukan dengan arah yang serat saling menyilang.
- b. Bentuk cetakan untuk memudahkan pengeluaran hasil cetakan.
- c. Bahan cetakan harus dapat bertahan terhadap pengerjaan mengikis dari bahan cair yang akan dituangkan.
- d. Bahan cetakan tidak boleh menyepih atau retak.
- e. Bahan cetakan harus dapat membuang gas yang terjadi agar pada saat proses penuangan tidak timbul gelembung – gelembung gas atau udara.

2.5 Pembuatan Cetakan

Pembuatan alat cetak adalah hal utama untuk menentukan hasil cetakan dengan rancangan yang baik akan menghasilkan hasil yang baik pula. Adapun langkah pembuatan cetakan yaitu :

- a. Desain benda cetakan, yaitu membuat gambar mal benda cetakan yang akan kita bentuk menjadi alat cetakan nanti.
- b. Proses pembentukkan, yaitu membentuk benda kerja yang akan dibentuk menjadi alat cetak.
- c. Penuangan, yaitu memasukkan bahan *polypropylene* kedalam mal cetakan kemudian mengeras didalam cetakan tersebut.

d. Pelepasan hasil cetakan, yaitu mengeluarkan bahan cetakan yang telah mengeras dari dalam cetakan.

e. *Finishing*, yaitu pengamplasan atau pemolesan pada hasil cetakan.

2.6 Keuntungan Dan Kerugian Pembentukan Dengan Pengecoran

Adapun beberapa kerugian dan keuntungan dalam pengecoran adalah :

2.6.1 Keuntungan pembentukan dengan pengecoran

- Dapat mencetak bentuk kompleks, baik bentuk bagian luar maupun bentuk bagian dalam
- Beberapa proses dapat membuat bagian (*part*) dalam bentuk jaringan
- Dapat mencetak produk yang sangat besar, lebih berat dari 100 ton
- Dapat digunakan untuk berbagai macam logam
- Beberapa metode pencetakan sangat sesuai untuk keperluan produksi Massal

2.6.2 Kerugian Pembentukan Dengan Pengecoran

Setiap metode pengecoran memiliki kelemahan sendiri-sendiri, tetapi secara umum dapat disebutkan sebagai berikut :

- Keterbatasan sifat mekanik
- Sering terjadi porositas
- Dimensi benda cetak kurang akurat
- Permukaan benda cetak kurang halus
- Bahaya pada saat penuangan logam panas
- Masalah lingkungan

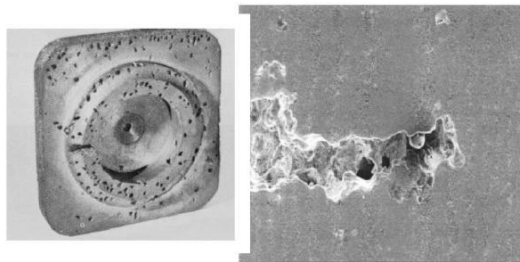
2.7 Cacat Hasil Pengecoran

Cacat hasil coran telah diberi nama dan dikategorikan dalam tujuh kelompok jenis cacat oleh *International Commitee of Foundry Technical Associations/ ICFTA*. Tujuh kategori jenis cacat coran adalah:

- *Metallic projections*
- Caviti

- *Diskontinuitas*
- Permukaan *defective*
- Coran *incomplete*
- Ukuran/bentuk tidak tepat
- *Inclusions*

Hasil coran sering terlihat sempurna secara makro tetapi kenyataannya muncul cacat-cacat terutama jenis kaviti dan cacat permukaan serta inklusi gas. Contoh cacat coran yang sering terjadi dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Cacat Coran Kaviti dan Inklusi

(Sumber : http://eprints.polsri.ac.id/3174/3/BAB_II.PDF)

2.8 *Aluminium*

Aluminium ialah unsur melimpah ketiga terbanyak dalam kerak bumi (sesudah oksigen dan silicon), mencapai 8,2 % dari massa total. Bijih yang paling penting untuk produksi aluminium ialah bauksit, yaitu aluminium oksida terhidrasi yang mengandung 50 sampai 60 % Al_2O_3 , 1 sampai 20 % Fe_2O_3 , 1 sampai 10 % silikat sedikit sekali titanium, zirconium, vanadium, dan oksida logam transisi yang lain, dan sisanya 20 sampai 30 % adalah air.

2.8.1 Unsur–Unsur *Aluminium*

Bauksit dimurnikan melalui proses *Bayer*, yang mengambil manfaat dari fakta bahwa oksida alumina amfoter larut dalam basa kuat tetapi besi (III) oksida tidak. Bauksit mentah dilarutkan dalam natrium hidroksida $\text{Al}_2\text{O}_3 (\text{s}) + 2 \text{OH} (\text{aq}) + 3 \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightarrow 2 \text{Al}(\text{OH})_4 (\text{aq})$

Dan dipisahkan dari besi oksida terhidrasi serta zat asing tak larut lainnya dengan penyaringan (Oxtoby, 2003). Logam *aluminium* mempunyai rumus kimia sebagai berikut :

Tabel 2.1 Sifat-sifat Fisik dan Kimia dari *Aluminium*

(Sumber : Lit. 3)

Item	Kualifikasi
Nomor Atom	13
Nomor Massa	26,9815
Bentuk Kristal (25 ^o C)	Kubus Pusat Muka
<i>Density</i>	2,699g/cm ³
Struktur Atom Terluar	3S23P1
Titik Leleh (1 atm)	660,1 ^o C
Titik Didih (1 atm)	2327 ^o C
Panas Peleburan	94,6 kal/g
Panas Jenis	0,280 kal/g ^o C

Al, mempunyai berat jenis (2,6 – 2,7) gr/cm³ dengan titik cair sebesar 659 °C. Aluminium adalah logam lunak, dan lebih keras dari pada timah putih, tetapi lebih lunak dari pada seng. Warna dari aluminium adalah putih kebiru-biruan.

Aluminium dapat dihasilkan melalui proses elektrolisis. Proses elektrolisis yang dikembangkan untuk produksi industrial adalah proses elektrolisis *Hall-Heroult*.

Proses tersebut merupakan elektrolisis larutan alumina (Al_2O_3) di dalam lelehan kriolit (Na_3AlF_6) pada *temperature* $960\text{ }^\circ\text{C}$ sehingga dihasilkan aluminium cair.

2.8.2 Sifat–Sifat Aluminium

Sifat-sifat penting yang dimiliki aluminium sehingga banyak digunakan sebagai material teknik:

- Berat jenisnya ringan (hanya $2,7\text{ gr/cm}^3$, sedangkan besi $\pm 8,1\text{ gr/cm}^3$);
- Tahan korosi;
- Penghantar listrik dan panas yang baik;
- Mudah di fabrikasi/di bentuk;
- Kekuatannya rendah tetapi pepaduan (*alloying*) kekuatannya bisa ditingkatkan

Sifat tahan korosi dari aluminium diperoleh karena terbentuknya lapisan aluminium oksida (Al_2O_3) pada permukaan aluminium. Lapisan ini membuat Al tahan korosi tetapi sekaligus sukar dilas, karena perbedaan melting point (titik lebur). Aluminium umumnya melebur pada *temperature* $\pm 600\text{ }^\circ\text{C}$ dan aluminium oksida melebur pada *temperature* $2000\text{ }^\circ\text{C}$.

Kekuatan dan kekerasan aluminium tidak begitu tinggi dengan pepaduan dan *heat treatment* dapat ditingkatkan kekuatan dan kekerasannya. Aluminium komersil selalu mengandung ketidakmurnian $\pm 0,8\%$ biasanya berupa besi, *silicon*, tembaga dan magnesium. Sifat lain yang menguntungkan dari aluminium adalah sangat mudah difabrikasi, dapat dituang (*dicor*) dengan cara penuangan apapun. Dapat *deforming* dengan cara: *rolling*, *drawing*, *forging*, *extrusi* dan lain-lain. Menjadi bentuk yang rumit sekalipun.

2.9 Uji Kekerasan

Kekerasan (Hardness) adalah salah satu sifat mekanik (*Mechanical properties*) dari suatu material. Kekerasan suatu material harus diketahui khususnya untuk material yang dalam penggunaannya akan mengalami gesekan (*frictional force*) dan deformasi plastis. Deformasi plastis sendiri suatu keadaan dari suatu material ketika material tersebut diberikan gaya maka struktur mikro dari material tersebut sudah tidak bisa kembali ke bentuk asal artinya material tersebut tidak dapat kembali ke bentuknya semula. Lebih ringkasnya kekerasan didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban indentasi atau penetrasi (penekanan).

Uji kekerasan adalah pengujian yang paling efektif untuk menguji kekerasan dari suatu material, karena dengan pengujian ini kita dapat dengan mudah mengetahui gambaran sifat mekanis suatu material. Meskipun pengukuran hanya dilakukan pada suatu titik, atau daerah tertentu saja, nilai kekerasan cukup valid untuk menyatakan kekuatan suatu material. Dengan melakukan uji keras, material dapat dengan mudah di golongan sebagai material ulet atau getas.

Didunia teknik, umumnya pengujian kekerasan menggunakan 4 macam metode pengujian kekerasan, yaitu Brinell, Meyer, Vickers, Rockwell dan Micro Hardness (*knoop hardness*).

2.9.1 Uji kekerasan Brinell

Uji kekerasan ini paling pertama diterima secara luas dan standar yang ditemukan oleh J.A.Brinell pada tahun 1900. J.A.Brinell mengujinya dengan cara melakukan indentasi pada permukaan spesimen. Indentor berupa bola baja yang memiliki variasi beban dari 500 kg sampai 1500 kg untuk intermediate Hardness dan 3000 kg untuk hard Metal. Pada material yang sangat keras digunakan bola karbida untuk memperkecil distorsi indentor. Prinsip dari pengujian kekerasan ini adalah dengan menekan indentor selama waktu 30 detik. Lalu diameter hasil indentasi diukur dengan menggunakan Mikroskop Optik. Diameter harus dihitung dua kali pada sudut tegak lurus yang berbeda. kemudian dirata-ratakan. Kekerasan

Brinell adalah besar beban Indentor per luas permukaan hasil indentansi.
Dapat dirumuskan sebagai berikut nilai kekerasan (BHN) ;

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

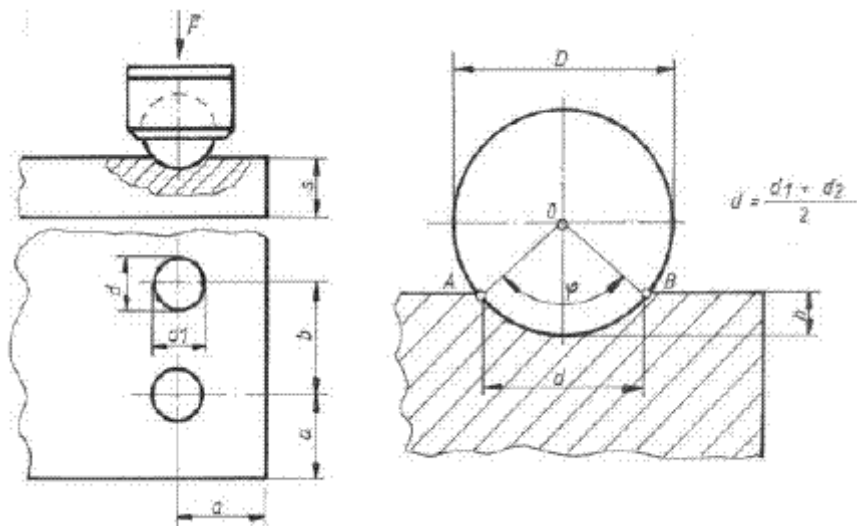
Keterangan :

P = besar beban Indentor (kg)

D = diameter Indentor (mm)

d = diameter indentasi (mm)

t = kedalaman indentasi (mm)



Gambar 2.3 Indentor Kekerasan Brinell

(Sumber : <http://pengujiankekerasan.blogspot.com/2014/03/uji-kekerasan-material.html>)

BHN bukan merupakan sebuah besaran fisik yang kurang baik, karena tidak meliputi tekanan rata-rata pada seluruh permukaan indentasi. Kelemahan dalam pengujian kekerasan brinell adalah uji brinell tidak dapat digunakan pada benda yang tipis dan kecil. Begitu juga dengan halnya uji brinell tidak dapat digunakan pada material yang sangat lunak maupun sangat keras. Keuntungan dari Uji Brinell adalah pada pengujian ini tidak dipengaruhi oleh permukaan material yang kasar dan bekas penekan yang cukup besar sehingga mudah diamati.

2.9.2 Uji Kekerasan Meyer

Uji yang dilakukan oleh Meyer untuk perbaikan dari uji sebelumnya yaitu uji brinell. Meyer berpendapat bahwa tekanan rata-rata pada permukaan indentasi harus diperhitungkan dalam nilai kekerasan (tidak dapat diuji pada brinell). Nilai Rata-rata tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$MHN = \frac{4P}{\pi d^2}$$

Keterangan:

P = besar beban Indentor (kg)

d = diameter Indentasi (mm)

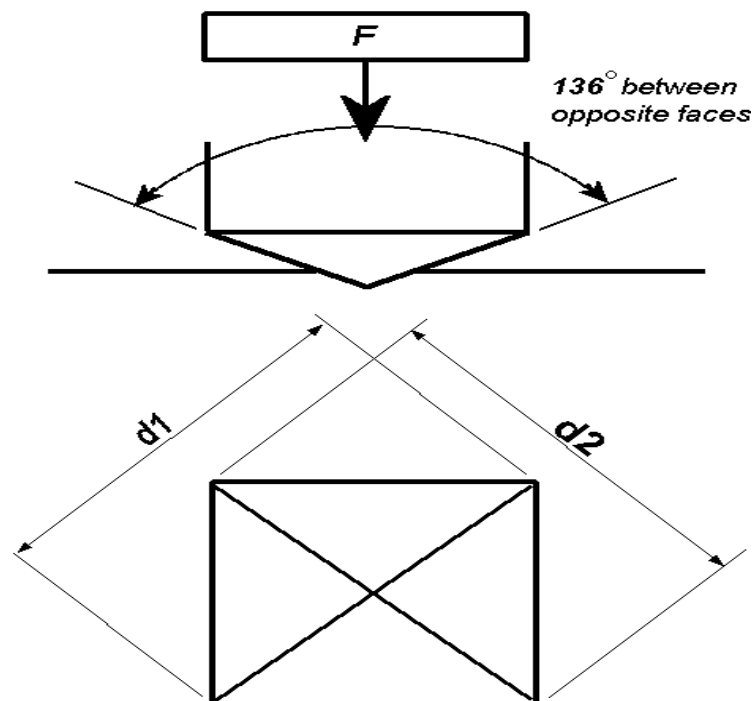
Keuntungan dari Metode Meyer Hasil lebih stabil, harga kekerasan tidak bergantung pada besar beban. Kelemahan dari Metode Meyer Kurang sensitif terhadap bahan indentor daripada brinell. Untuk material yang diproses secara cold working, nilai kekerasan meyer konstan dan independen terhadap besar beban, sedangkan kekerasan Brinell berukuran dengan semakin besarnya beban. Untuk spesimen yang terlalu kecil, maka deformasi material daerah sekitar penekanan tidak sepenuhnya plastis, sehingga hasil pengukuran kurang akurat.

2.9.3 Uji Kekerasan Vickers

Uji Kekerasan ini menggunakan indenter berbentuk piramida intan dengan berbentuk dasar bujur sangkar dengan besar sudut 136 derajat terhadap kedua sisi yang berhadapan. Besar sudut itu digunakan karena merupakan perkiraan rasio terideal indentasi diameter bola pada uji brinell. Besar beban indenter bervariasi antara 1 kg sampai 120 kg yang disesuaikan dengan tingkat kekerasan material spesimen. Prinsip dari uji kekerasan vickers adalah *besar beban dibagi dengan luas daerah indentasi* atau dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$VHN = \frac{2P \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{l^2}$$

Berikut ini merupakan gambar 2.4. indenter uji vickers;



Gambar 2.4 Indenter Kekerasan Vickers

(Sumber : <http://pengujiankekerasan.blogspot.com/2014/03/uji-kekerasan-material.html>)

Keuntungan dari Uji Vickers ini adalah skala kekerasannya yang kontinu untuk rentang yang luas, dari yang sangat lunak dengan nilai 5 maupun material yang sangat keras dengan nilai 1500 karena indenter yang sangat keras. Selain pada uji vickers, beban tidak perlu diubah dan tidak bergantung pada besar beban indenter. Selanjutnya, uji vickers ini dapat dilakukan pada benda-benda dengan ketebalan yang tipis sampai 0,006 inci.

Kelemahan dari Uji Vickers ini membutuhkan waktu yang cukup lama untuk menentukan nilai kekerasan sehingga jarang dipakai pada pengujian yang rutin.

2.9.4 Uji Kekerasan Rockwell

Uji kekerasan rockwell memperhitungkan kedalaman indentasi dalam keadaan beban konstan sebagai penentu nilai kekerasan. Sebelum pengukuran, spesimen dibebani beban minor sebesar 10 kg untuk mengurangi kecenderungan ridging dan sinking akibat beban indenter. Sesudah beban minor diberikan, spesimen langsung dikenakan beban mayor.

Kedalaman indentasi yang terkorvesi dalam skala langsung dapat diketahui nilainya dengan membaca dial gage pada alat. Dial tersebut terdiri dari 100 bagian yang masing-masing mempresentasikan pentetrasi sebesar 0,0002 mm. Dial disesuaikan sedemikian rupa sehingga nilai kekerasan yang tinggi berkorelasi dengan kecil pentrasi. Kekerasan rockwell dapat dibagi menjadi beberapa jenis antara lain:

a). Rockwell A

Indenter berupa kerucut intan dengan pembeban 60 kg. Umumnya digunakan pada jenis logam yang sangat keras.

b). Rockwell B

Indenter berupa bola baja dengan diameter 1,6 mm dan pembeban 100 kg. Umumnya digunakan pada material yang lunak.

c). Rockwell C

Indentor berupa kerucut intan dengan pembeban 150 kg. Umumnya digunakan untuk logam-logam yang diperkeras dengan pemanasan. Pembagian ini berdasarkan kombinasi jenis indentor yang digunakan dengan beban yang diberikan. Kelemahan dari uji kekerasan ini adalah perlu faktor konversi agar hasil dapat dibandingkan.

2.9.5 Uji Kekerasan Microhardness

Metalurgi jaman sekarang yang berkembang membutuhkan penentuan kekerasan pada permukaan yang sangat kecil. Uji pengujian spesimen ini, metode yang paling tepat digunakan adalah indentor knoop. Metode ini merupakan pengembangan dari uji vickers namun beban yang lebih kecil. Indentor Knoop adalah piramida intan yang membentuk indentasi berbentuk layang-layang dengan perbandingan diagonal 7:1 yang menyebabkan kondisi regangan pada daerah terdeformasi.

Nilai kekerasan knoop (KHN) dapat didefinisikan besarnya beban dibagi dengan luas daerah proyeksi indentasi tersebut. Atau dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$VHN = \frac{P}{I^2 C}$$

C = konstanta indentor

Kelebihan dari indentor knoop adalah kedalaman dan luas daerah indentasi knoop hanya sekitar 15% dari luas daerah vickers. Oleh karena itu, metode ini cocok untuk spesimen yang tipis, kecil atau kecenderungan untuh patah getas saat pengujian. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan uji kekerasan :

1. Alat uji kekerasan dikalibrasi terlebih dahulu
2. Indentor harus bersih dan terposisi dengan baik.
3. Permukaan spesimen harus bersih dan diampelas dahulu.
4. Arah penekan indentor harus tegak lurus
5. Jarak antar penekan tidak boleh berdekatan (3 diameter indentor)
6. Tidak boleh melakukan penekanan pada ujung spesimen.

7. Digunakan alas sesuai dengan bentuk spesimen agar tidak mudah goyang/berputar/geser.