

Analisa Kekerasan Bahan Dalam Proses Pengecoran Aluminium Sebagai Bahan Pembuatan Blok Silinder Motor Bakar

Agus Tommy Kurniawan

¹Program Studi Teknik Mesin, ²Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Medan
Jl. Mughtar Basri No. 3, Glugur Darat II, Kec. Medan Timur, Kota Medan, Sumatera Utara

agustommykurniawan@gmail.com

Abstrak

Aluminium adalah unsur non ferrous yang merupakan logam ringan yang mempunyai sifat yang lebih ringan dari besi dan baja, memiliki ketahanan yang baik terhadap korosi, dapat menghantarkan listrik dan panas dengan baik. Aluminium biasa dipergunakan untuk peralatan rumah tangga, material pesawat terbang, otomotif, kapal laut, konstruksi dan lain-lain. Metal Casting adalah metode Pengecoran (membuat komponen dengan cara menuangkan bahan yang dicairkan ke dalam cetakan) menggunakan Cetakan jenis logam biasanya dipakai untuk industri industri besar yang jumlah produksinya sangat banyak, sehingga sekali membuat cetakan dapat dipakai untuk selamanya. Cetakan logam harus terbuat dari bahan yang lebih baik dan lebih kuat dari logam coran, karena dengan adanya bahan yang lebih kuat maka cetakan tidak akan terkikis oleh logam coran yang akan di tuang . Bahan yang digunakan adalah Aluminium bekas. Pembuatan spesimen aluminium menggunakan cetakan pasir. Setelah itu proses selanjutnya yang dilakukan adalah pengujian komposisi dan pengujian kekerasan. Pengujian dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan bahan sebelum pengecoran dan nilai kekerasan bahan setelah pengecoran menggunakan aluminium. Pengujian kekerasan digunakan metode Rockwell dengan beban mayor 100 kg (HR). Dari hasil pengujian yang dilakukan pada bahan pembuatan blok silinder sebelum dilakukan pengecoran mempunyai nilai kekerasan rata-rata yaitu 33,9 HRA. Kemudian didapat pula hasil pengujian setelah dilakukan pengecoran mempunyai nilai kekerasan rata-rata 21,5 HRA. Sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai kekerasan bahan menurun setelah dilakukan pengecoran.

Kata kunci : *Aluminium, Pengecoran, Komposisi bahan, Kekerasan*

1. PENDAHULUAN

Penggunaan aluminium dan logam paduan aluminium didunia industri terus berkembang, menuntut manusia untuk melaksanakan rekayasa guna memenuhi kebutuhan yang semakin kompleks. Tak terkecuali dalam hal teknologi yang berperan penting dalam kelangsungan hidup manusia seperti dalam rekayasa dan proses perlakuan pada logam yang mempunyai pengaruh vital. Karena merupakan elemen dasar untuk membuat suatu yang berguna dalam bidang konstruksi bangunan dan juga dibidang industri.

Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai sifat ketahanan yang baik. Material ini digunakan dalam bidang yang luas bukan hanya untuk peralatan rumah tangga saja tetapi juga dipakai untuk kepentingan industri, misalnya untuk industri pesawat terbang, komponen-komponen mobil, komponen sepeda motor dan konstruksi-konstruksi yang lain. Kekerasan aluminium dapat didefinisikan sebagai ketahanan logam terhadap indentasi. Nilai kekerasan berkaitan dengan kekuatan luluh logam karena selama indentasi logam mengalami deformasi plastis. Uji komposisi merupakan pengujian yang berfungsi untuk mengetahui seberapa besar atau seberapa banyak jumlah suatu kandungan yang terdapat pada suatu logam, baik logam *ferro* maupun logam *non ferro* (Haque, M. 2001).

Dalam proses pengecoran logam (*casting*) adalah salah satu teknik pembuatan produk dimana logam dicairkan dalam tungku peleburan kemudian dituangkan ke dalam rongga cetakan yang serupa dengan bentuk asli dari produk cor yang akan dibuat. Sebagai suatu proses manufaktur yang menggunakan logam cair dan cetakan, pengecoran digunakan untuk menghasilkan bentuk asli produk jadi. Agar dimensi yang diinginkan sesuai maka sebagai duplikat digunakan barang contoh adalah blok silinder sepeda motor jenis satria dua tak.

Pengembangan dengan menggunakan aluminium secara umum dipilih untuk proses pengecoran antara lain sifatnya yang ringan, kuat, ketahanan korosi yang baik, hantaran panas yang baik, mudah difabrikasi dan kekerasan mendekati kekerasan bahan bakar. Sifat-sifat tersebut dipengaruhi oleh komposisi bahan yang ada. Komposisi bahan, dalam hal ini kandungan unsur penyusunnya, akan mempengaruhi sifat-sifat suatu bahan, diantaranya sifat fisik, mekanik, termal dan neutronik.

Proses pengecoran meliputi pembuatan cetakan, persiapan dan peleburan bahan, penuangan logam cair ke dalam cetakan dan pembersihan bahan hasil coran. Dalam proses ini digunakan bahan cetakan yaitu pasir, banyak jenis – jenis pasir yang bisa digunakan untuk membuat cetakan, seperti pasir silica atau pasir kering. Namun pada proses ini digunakan cetakan berbahan pasir silica karena tahan suhu tinggi tanpa terjadi penguraian, murah harganya, awet dan tahan terhadap panas serta mempunyai sifat mampu bentuk sehingga mudah dalam pembuatan cetakan dengan kekuatan yang cocok sehingga tidak rusak jika di pindah – pindah letaknya dan mampu menahan logam cair saat dituang ke dalam rongga cetak (Helmy Purwanto dan Mulyonorejo, 2010).

Oleh karena itu, percobaan ini dilakukan dengan tujuan untuk menganalisis kekerasan bahan dalam proses pengecoran aluminium sebagai bahan pembuatan blok silinder motor bakar.

2. METODE PENELITIAN

Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan adalah satu pengujian dari sekian banyak pengujian yang dipakai, karena dapat dilaksanakan pada benda uji yang relatif kecil tanpa kesukaran mengenai spesifikasi benda uji. Pengujian yang banyak dipakai adalah dengan cara menekan penekanan tertentu kepada benda uji dengan beban tertentu dan mengukur bekas hasil penekanan yang terbentuk di atasnya (Surdia, 1991). Terdapat tiga jenis umum mengenai ukuran kekerasan yang tergantung pada cara melakukan pengujian. Ketiga jenis tersebut adalah kekerasan goresan, keratan lekukan dan kekerasan pantulan. Akan tetapi pengujian yang sering dilakukan adalah pengujian penekanan. Pada pengujian penekanan terdapat beberapa alat uji yang dapat digunakan, antara lain dengan alat uji Brinell, Vickers dan Rockwell.

a. Uji Kekerasan (Metode *Brinell*)

Uji kekerasan Brinell dilakukan dengan penekanan sebuah bola yang terbuat dari baja crom yang telah disepuh ke permukaan benda uji tanpa sentakan. Tekanan yang digunakan berupa gaya tekan statis. Bola Brinell mempunyai standart dengan diameter (D) sama dengan 10 mm dengan penyimpangan maksimum saat beban tekan bekerja 0.005 mm. Selain itu masih ada bola lain dengan diameter 0.65 mm, 1 mm, 1.25 mm, 2 mm, 2.5 mm, dan 5 mm. Pengujian kekerasan harus dilakukan sampai pada batas plastis suatu benda uji, karena bila masih berada pada batas elastis benda uji maka dikhawatirkan bekas pijakan akan kembali lagi, walaupun tidak pada kondisi semula,

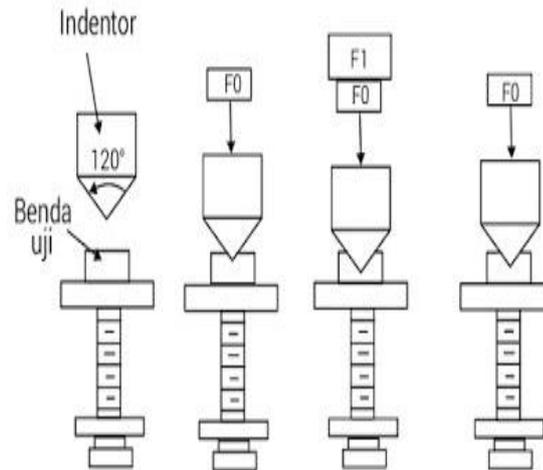
Pada pengujian BHN (Brinell Hardness Number), besar beban yang bekerja tergantung pada diameter bola dan jenis benda uji, sedangkan untuk penetrator diameternya tergantung dari tebal benda uji tersebut.

Untuk mengetahui besarnya nilai kekerasan Brinell, maka digunakan rumus sebagai berikut :

$$HB = \frac{2.P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} BHN \quad (2.8)$$

b. Uji Kekerasan (Metode *Rockwell*)

Uji kekerasan Rockwell ini berdasarkan pada penekanan sebuah indentor dengan suatu gaya tekan tertentu ke permukaan yang rata dan bersih dari suatu logam yang diuji kekerasannya. Setelah gaya tekan dikembalikan ke gaya minor, maka yang akan dijadikan dasar perhitungan untuk nilai kekerasan Rockwell bukanlah hasil pengukuran diameter atau diagonal bekas lekukan, tetapi justru dalamnya bekas lekukan yang terjadi itu. Inilah perbedaan metode Rockwell dibandingkan dengan metode pengujian kekerasan lainnya. Pengujian kekerasan Rockwell dilaksanakan dengan cara menekan permukaan spesimen (benda uji) dengan suatu indentor. Penekanan indentor ke dalam benda uji dilakukan dengan menerapkan beban pendahuluan (beban minor), kemudian ditambah dengan beban utama (beban mayor), lalu beban utama dilepaskan sedangkan beban minor masih dipertahankan.



Gbr 2.1 Proses pengujian kekerasan Rockwell

Besarnya beban minor ini adalah 10 kgf sedangkan besarnya beban utama biasanya adalah 50 kgf, 90 kgf, atau 140 kgf. Penerapan beban minor pada hakekatnya dimaksudkan untuk membantu mendudukan indenter di dalam benda uji (spesimen) dan menghilangkan pengaruh dari penyimpangan permukaan sehingga menciptakan permukaan spesimen yang siap untuk menerima beban utama. Dengan demikian permukaan benda uji tidak perlu dibuat dengan sehalus dan selicin mungkin. Pada pengujian kekerasan material dengan metode Rockwell dikenal ada beberapa skala, misalnya skala B yang biasanya diaplikasikan pada material yang lunak, seperti paduan-paduan tembaga, paduan aluminium dan baja lunak, dengan menggunakan indenter bola baja berdiameter 1/16" dan beban total sebesar 100 kgf. Sedangkan skala C diaplikasikan untuk material-material yang lebih keras, seperti besi tuang, dan banyak paduan-paduan baja yang memakai kerucut intan sebagai indentornya dengan beban total sampai 150 kgf.

Ada dua jenis indenter yang digunakan pada pengujian kekerasan Rockwell pada gambar 2.8, yaitu intan berbentuk kerucut yang memiliki sudut puncak 120° di mana bagian ujungnya sedikit dibulatkan dengan jari-jari 0,2 mm dan indenter bola yang terbuat dari baja yang dikeraskan atau dari tungsten karbida yang memiliki diameter 1/16", 1/8", 1/4", dan diameter 1/2".

Indenter kerucut intan pada umumnya digunakan untuk menguji material-material yang keras. Sementara indenter bola baja sering digunakan untuk menguji kekerasan material-material yang lebih lunak.

Pada pengujian kekerasan bahan dengan metode Rockwell seperti gambar 2.9, terlihat kedalaman penetrasi permanen yang dihasilkan dari penerapan dan pelepasan beban utama dipakai untuk menentukan angka kekerasan Rockwell, sebagai berikut,

$$HR = E - e$$

Di mana,

E = konstanta dengan nilai 100 untuk indenter intan dan 130 untuk indenter bola.

e = kedalaman penetrasi permanen karena beban utama (F1) diukur dengan satuan 0,002 mm. Jadi, $e = h/0,002$

Keterangan :

- F0 = beban pendahuluan (beban minor)
- F1 = beban utama (beban mayor)
- a = kedalaman penetrasi oleh beban minor
- b = kedalaman penetrasi oleh beban total (F0 + F1)
- e = kedalaman penetrasi setelah beban utama dilepaskan
- c. Uji Kekerasan (Metode Vickers)

Uji kekerasan Vickers ini berdasarkan pada penekanan oleh suatu gaya tekan tertentu oleh sebuah indenter berupa pyramid diamond terbalik dengan sudut puncak 136° ke permukaan logam yang akan diuji kekerasannya, dimana permukaan logam yang diuji ini harus rata dan bersih. Setelah gaya statis ditiadakan dan pyramid diamond dikeluarkan dari bekas lekukan yang terjadi, maka diagonal segi empat bekas teratas diukur secara teliti, yang digunakan sebagai kekerasan logam yang akan diuji. Nilai kekerasan yang diperoleh disebut sebagai kekerasan Vickers, yang bisa disingkat dengan Hv atau HVN (Vickers Hardness Number).

2.3.4 Struktur Mikro

Struktur mikro sangat berpengaruh pada sifat fisik dan mekanik suatu logam. Struktur mikro yang kecil akan membuat logam menjadi getas dan meningkat kekerasannya, sedangkan struktur mikro yang besar akan membuat logam menjadi ulet atau kekerasannya menurun. Struktur mikro itu dipengaruhi oleh komposisi kimia dari paduan logam tersebut serta proses yang dialaminya. Pengukuran gradien kekerasan pada permukaan yang dikaburasi, pengukuran kekerasan kandungan tunggal pada struktur mikro atau penentuan kekerasan roda gigi arloji merupakan tipe persoalan dari jenis pengujian kekerasan mikro. Penumbuk knop adalah intan kasar yang dibentuk menjadi piramida sedemikian hingga dihasilkan lekukan bentuk intan dengan perbandingan diagonal panjang dan pendek adalah 1:7. Angka kekerasan klop adalah :

$$KHN = \frac{P}{A_p} = \frac{P}{L^2 C} \quad (2.8)$$

Dalam proses pengujian metalografi pengujian logam dibagi menjadi dua jenis, yaitu :

1. Pengujian Makro (*Macroscopic Test*) Pengujian makro adalah proses pengujian bahan dengan menggunakan mata terbuka. Tujuan proses ini yaitu untuk memeriksa kehalusan permukaan logam dan celah atau lubang pada permukaan logam. Angka kevalidan pengujian makro berkisar antara 0,5 hingga 50 kali.
2. Pengujian Micro (*Microscopic Test*) Pengujian mikro adalah proses pengujian untuk melihat struktur mikro yang terkandung pada logam tersebut, sehingga pengujian ini memerlukan alat bantu yaitu mikroskop dengan kualitas pembesaran antara 50 hingga 3000 kali.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Kekerasan Rockwell

Pengujian kekerasan Rockwell merupakan salah satu pengujian kekerasan bahan yang banyak digunakan, hal ini dikarenakan pengujian kekerasan Rockwell yang sederhana, cepat, tidak memerlukan mikroskop untuk mengukur jejak, dan relatif tidak merusak. Pengujian kekerasan

Rockwell dilaksanakan dengan cara menekan permukaan spesimen (benda uji) dengan suatu indenter. Penekanan indenter ke dalam benda uji dilakukan dengan menerapkan beban pendahuluan (beban minor), kemudian ditambah dengan beban utama (beban mayor), terlihat pada tabel 4.1, dan 4.2 lalu beban utama dilepaskan sedangkan beban minor masih dipertahankan.

Tabel 4.1 Skala pada pengujian kekerasan Rockwell

Skala	Indenter	Beban minor F0 (kgf)	Beban mayor F1 (kgf)	Beban total F (kgf)
A	Kerucut intan	10	50	60
B	Bola baja 1/16"	10	90	100
C	Kerucut intan	10	140	150
D	Kerucut intan	10	90	100
E	Bola baja 1/8"	10	90	100
F	Bola baja 1/16"	10	50	60
G	Bola baja 1/16"	10	140	150
H	Bola baja 1/8"	10	50	60
K	Bola baja 1/8"	10	140	150
L	Bola baja 1/4"	10	50	60
M	Bola baja 1/4"	10	90	100
P	Bola baja 1/4"	10	140	150
R	Bola baja 1/2"	10	50	60
S	Bola baja 1/2"	10	90	100
V	Bola baja 1/2"	10	140	150

Tabel 4.2 Penggunaan diameter penetrator

Tabel benda uji (mm)	Diameter penetrator (mm)
1-3	D = 2,5
3-6	D = 5,0
>6	D = 10

$$HR = E - e$$

Di mana,

E = konstanta dengan nilai 100 untuk indenter intan dan 130 untuk indenter bola.

e = kedalaman penetrasi permanen karena beban utama (F1) diukur dengan satuan 0,002 mm. Jadi, $e = h/0,002$

Keterangan :

F0 = beban pendahuluan (beban minor)

F1 = beban utama (beban mayor)

a = kedalaman penetrasi oleh beban minor

b = kedalaman penetrasi oleh beban total (F0 + F1)

e = kedalaman penetrasi setelah beban utama dilepaskan

Cara penulisan nilai kekerasan Rockwell adalah dengan menulis angka kekerasannya lalu diikuti dengan huruf HR yang artinya *kekerasan Rockwell* (Hardness Rockwell) dan pembubuhan nama skala yang digunakan dalam pengujian, seperti HRA untuk penggunaan skala A, HRB untuk penggunaan skala B dan seterusnya. Sebagai contoh, 32 HRC artinya '32' merupakan angka kekerasan Rockwell dan 'HRC' artinya pengujian dilaksanakan pada skala C dari pengujian kekerasan Rockwell. Semakin tinggi angka pada setiap skala berarti semakin keras material yang diuji.

Prinsip pengujian pada metode rockwell adalah dengan menekan penetrator kedalam benda kerja dengan pembebanan dan kedalaman indentasi memberikan nilai kekerasan yaitu perbedaan kedalaman indentasi yang didapatkan dari beban mayor dan minor. Dari pengujian yang dilakukan maka penguji mendapat data dari nilai kekerasan bahan yang belum di lakukan pengecoran dan nilai kekerasan dari benda yang sudah dilakukan pengecoran. Maka berikut adalah hasil data dari percobaan pengecoran blok silinder.

Pengujian bahan sebelum dilakukan pengecoran sebagai bahan pembuatan blok silinder adalah sebagai berikut :

Pengujian pertama

Pengujian dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan bahan aluminium sebelum pengecoran seperti terlihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Pengujian pertama pada bahan pengecoran

Pengujian kedua

Pengujian dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan bahan aluminium sebelum pengecoran seperti terlihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Pengujian kedua pada bahan pengecoran

Pengujian ketiga

Pengujian dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan bahan aluminium sebelum pengecoran seperti terlihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Pengujian ketiga pada bahan pengecoran

Dari hasil pengujian yang dilakukan maka nilai kekerasan bahan sebelum pengecoran dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil pengujian kekerasan bahan

No	Percobaan	Hasil Kekerasan
1	Percobaan	36,5 HRA

2	Percobaan	33,7 HRA
3	Percobaan	31,6 HRA
4	Rata-Rata	33,9 HRA

Dari hasil pengujian bahan yang dilakukan sebelum proses pengecoran yaitu bahan sebelum dilakukan proses pengecoran mempunyai rata-rata tingkat kekerasan yang sangat bagus yaitu 33,9 HRA. Pada pengujian kekerasan bahan sebelum dilakukan pengecoran dengan menggunakan metode rockwell, kedalaman penetrasi permanen yang dihasilkan dari penerapan dan pelepasan beban utama untuk menentukan angka kekerasan rockwel, sebaigai berikut :

Diketahui : HR = 33,9 HRA

$$F = 100 \text{ kgf}$$

$$a = 0,002 \text{ mm}$$

Ditanya : b =.....?

Maka :

$$HR = E - e$$

$$HR = E - (b : a)$$

$$33,9 = 100 - (b : 0,002)$$

$$- (b : 0,002) = - 100 + 33,9$$

$$- (b : 0,002) = - 66,1$$

$$b = - 66,1 \times (- 0,002)$$

$$b = 0,132 \text{ mm}$$

Maka hasil pengujian yang dilakukan diketahui nilai kedalaman penetrasi permanen adalah 0,132 mm.

$$HR = E - e$$

$$HR = 100 - (0,132 : 0,002)$$

$$= 100 - 66$$

$$= 34 \text{ HR}$$

Perhitungan uji kekerasan dengan menggunakan metode brinell :

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

Diketahui : P = 100 kg

$$D = 5 \text{ mm}$$

$$d = 0,132 \text{ mm}$$

$$HB = \frac{2 \cdot 100}{3,14(2,5)(2,5 - \sqrt{2,5^2 - 0,0132^2})}$$

$$= \frac{200}{7,85(2,5 - \sqrt{6,25 - 0,01^2})}$$

$$= \frac{200}{7,85(2,5 - 2,497)}$$

$$= \frac{200}{7,85(0,003)}$$

$$= 8,695 \text{ kg / mm}$$

Setelah dilakukan pengujian bahan serta proses pembuatan blok silinder hingga selesai maka dilakukan pengujian bahan yang sudah selesai adalah sebagai berikut :

Pengujian pertama setelah pengecoran

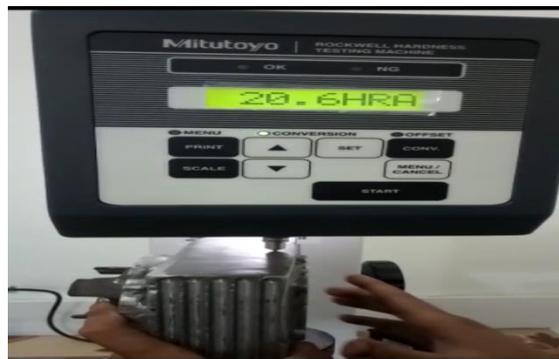
Pengujian dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan bahan aluminium setelah pengecoran seperti terlihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Pengujian pertama setelah pengecoran

Pengujian kedua setelah pengecoran

Pengujian dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan bahan aluminium setelah pengecoran seperti terlihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Pengujian kedua setelah pengecoran

Pengujian ketiga setelah pengecoran

Pengujian dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan bahan aluminium setelah pengecoran seperti terlihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Pengujian ketiga setelah pengecoran

Dari hasil pengujian yang dilakukan maka nilai kekerasan bahan sesudah pengecoran dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil pengujian kekerasan bahan

No	Percobaan	Hasil Kekerasan
1	Percobaan	20,1 HRA
2	Percobaan	20,6 HRA
3	Percobaan	23,8 HRA
4	Rata-Rata	21,5 HRA

Dari hasil pengujian kekerasan yang dilakukan sebanyak tiga kali untuk mendapatkan rata-rata nilai kekerasan terhadap bahan yang sudah jadi, yaitu bahan memiliki tingkat kekerasan yang sangat bagus dengan nilai kekerasan rata-rata yaitu 21,5 HRA.

Diketahui : $HR = 21,5 \text{ HRA}$

$F = 100 \text{ kgf}$

$a = 0,002 \text{ mm}$

Ditanya : $b = \dots?$

Maka :

$HR = E - e$

$HR = E - (b : a)$

$21,5 = 100 - (b : 0,002)$

$-(b : 0,002) = -100 + 21,5$

$-(b : 0,002) = -78,5$

$b = -78,5 \times (-0,002)$

$b = 0,157 \text{ mm}$

Maka hasil pengujian yang dilakukan diketahui nilai kedalaman penetrasi permanen adalah 0,157 mm.

$HR = E - e$

$HR = 100 - (0,157 : 0,002)$

$= 100 - 78,5$

$= 21,5 \text{ HR}$

Perhitungan uji kekerasan dengan menggunakan metode brinell :

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

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

$D = 5 \text{ mm}$

$d = 0,157 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 HB &= \frac{2.100}{3,14(2,5)(2,5 - \sqrt{2,5^2 - 0,157^2})} \\
 &= \frac{200}{7,85(2,5 - \sqrt{6,25 - 0,02})}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{200}{7,85(2,5 - 2,495)} \\ &= \frac{200}{7,85(0,005)} \\ &= 5,128 \text{ kg / mm} \end{aligned}$$

Dengan nilai kekerasan yang dimiliki, maka hasil dari pengujian kekerasan bahan yang sudah dilakukan pengecoran tersebut sangat cocok untuk pembuatan blok silinder sesuai dengan yang dibutuhkan.

Kelebihan dan kekurangan pengujian kekerasan Rockwell

Pengujian kekerasan Rockwell mempunyai beberapa kelebihan dan kekurangan sebagai berikut :

Kelebihan :

- Nilai kekerasan benda uji dapat dibaca langsung pada jam ukur (dial gage).
- Proses pengujian dilaksanakan dengan cepat
- Tidak memerlukan mikroskop untuk mengukur jejak (lekukan)
- Pengujian yang relatif tidak merusak.
- Sangat cocok untuk menguji produk-produk dalam jumlah banyak.

Kekurangan :

- Tingkat ketelitian tidak selalu akurat
- Lokasi pengujian pada spesimen harus bebas pencemaran (minyak, kerak, zat-zat asing dan lain-lain).
- Tidak stabil jika mesin uji terkena guncangan

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan bahwa.

1. Hasil uji kekerasan dengan metode Rockwell terhadap aluminium sebelum peleburan yaitu 33.9 HRA dan setelah peleburan rata-rata 21.5 HRA. Penurunan uji kekerasan terhadap aluminium sebelum peleburan dan setelah peleburan yaitu sebesar 12.4 HRA.
2. Hasil uji komposisi merupakan hal yang mempengaruhi turunnya tingkat kekerasan terhadap perbandingan aluminium sebelum peleburan dan setelah peleburan.

6. REFERENSI

- Dendi, S., Siregar, A. M., Siregar, C. A. P., Nasution, A. R., & Mahjudin, M. (2022). Eksperimental Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Produk Foot Step Berbahan Limbah Alumunium Hasil Pengecoran Cetakan Pasir Silika Berpengikat Bentonit. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 5(1), 56-64.
- Hutasoit, R. T. F., Siregar, A. M., & Siregar, C. A. (2023). DESAIN DAN PEMBUATAN ALAT PEMBERSIH INJECTOR PORTABLE SEPEDA MOTOR BERBASIS FLASHER. *Jurnal Pendidikan Vokasi Otomotif*, 6(1), 109-118.
- Hutasoit, R. T. F., Siregar, A. M., & Siregar, C. A. (2023). DESAIN DAN PEMBUATAN ALAT PEMBERSIH INJECTOR PORTABLE SEPEDA MOTOR BERBASIS FLASHER. *Jurnal Pendidikan Vokasi Otomotif*, 6(1), 109-118.
- Lubis, S., Siregar, M. A., Damanik, W. S., Hasibuan, E. S., & Lubis, F. (2022). Analisis Energi Panas Pada Tanki Air Pendingin Atap Berongga. *Motor Bakar: Jurnal Teknik Mesin*, 6(2), 26-32.
- Mahjudin, M., Lardeur, P., Druesne, F., & Katili, I. (2016). Stochastic finite element analysis of plates with the certain generalized stresses method. *Structural Safety*, 61, 12-21.
- Siregar, A. M., & Siregar, C. A. (2019). Rekayasa Saluran Gas Buang Sepeda Motor

- Guna Mengurangi Pencemaran Udara. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 2(2), 171-179.
- Siregar, A. M., Siregar, C. A., & Yani, M. (2020, April). Engineering of motorcycle exhaust gases to reduce air pollution. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 821, No. 1, p. 012048). IOP Publishing.
- Siregar, A. M., Siregar, C. A., Umurani, K., Mulyadi, M., Siagian, T., Samudra, M. T., & Afika, A. (2023). The Effect of Adding Aluminum Scrap to Motor Vehicle Mufflers to Reduce the Danger of Exhaust Emissions. *Jurnal Polimesin*, 21(1), 127-130.
- Suherman, S., Mizhar, S., & Winoto, A. (2016). Pengaruh Heat Treatment Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Aluminium Paduan Al-Si-Cu Pada Cylinder Head Sepeda Motor. *Mekanik*, 2(1), 329136.