

## **ANALISA PENGECORAN LOGAM DENGAN PENGUJIAN MEKANIK DAN METALOGRAFI**

**Handi Handi<sup>1\*</sup>, Iwan Setiono<sup>2</sup>, Waris Sudaryanto<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Bung Karno, Jakarta, Indonesia

Email: <sup>1\*</sup>handi0283@gmail.com, <sup>2</sup>iwan22set@gmail.com, <sup>3</sup>bila\_kita@yahoo.com

(\* : penulis korespondensi )

### **Abstract**

*The Ball Valve Axle is an axle that functions as a handle for the balls on HPD and HPS type hydrants produced by a metal foundry factory in Tegal, Central Java. This Ball Valve Axle is made from gray cast iron which consists of 2.746 percent carbon, 0.247 percent silicon, 0.708 percent manganese, 0.001 percent phosphorus, 0.058 percent sulfur, 0.007 percent chromium, 0.046 percent nickel, 0.172 percent molybdene, 0.000 percent vanadium, tungsten 0.007 percent, copper 0.122 percent, aluminum 0.003 percent, titan 0.003 percent, boron 0.00 percent, tin 0.026 percent, lead 0.000 percent and the element iron itself. In the casting process, porosity has occurred which causes the cast product to fail and cannot be used. To determine the condition of the failed object, tests are carried out, namely mechanical testing and metallographic testing. Mechanical tests carried out include material wear testing, material hardness with a hardening process through a heat treatment process at a temperature of 870 degrees Celsius which is then tempered at temperatures of 100 degrees Celsius, 200 degrees Celsius, 300 degrees Celsius and 400 degrees Celsius. Wear level The casting yield is 0.0001 mm<sup>2</sup>/kg and the hardness level is 166,360 kg/mm<sup>2</sup>. This cast iron experiences high hardness after being tempered at 100 degrees Celsius where the hardness becomes 418.347 kg/mm<sup>2</sup> but experiences a decrease in hardness if we temper it to 400 degrees Celsius where the hardness becomes 270.813 kg/mm<sup>2</sup>.*

**Keywords:** Ball Valve Axle, Metallographic Testing, Temper.

### **Abstrak**

*As Ball Valve merupakan suatu as yang berfungsi sebagai pegangan daripada bola-bola pada hydrant jenis HPD dan HPS yang diproduksi oleh pabrik pengecoran logam di Tegal Jawa Tengah. As Ball Valve ini terbuat dari bahan besi cor kelabu yang terdiri dari unsur karbon 2,746 %, silicon 0,247 %, mangan 0,708 %, fosfor 0,001 %, belerang 0,058 %, khrom 0,007 %, nikel 0,046 %, molibden 0,172 %, vanadium 0,000 %, wolfram 0,007 %, tembaga 0,122 %, Aluminium 0,003 %, titan 0,003 %, boron 0,00 %, timah 0,026 %, timbal 0,000 % dan unsur besi itu sendiri. Dalam proses pengecoran telah terjadi porositas yang mengakibatkan barang hasil pengecoran tersebut gagal dan tidak dapat dipakai. Untuk mengetahui kondisi dari benda yang gagal tersebut dilakukan pengujian yaitu pengujian mekanik dan pengujian metalografi. Pengujian mekanik yang dilakukan meliputi pengujian keausan bahan, kekerasan bahan dengan proses pengerasan (hardening) melalui proses perlakuan panas pada temperatur 870° C yang kemudian dilakukan temper dengan temperatur 100° C, 200° C, 300° C dan 400° C. Tingkat keausan dari hasil coran sebesar 0,0001 mm<sup>2</sup>/kg dan tingkat kekerasannya sebesar 166,360 kg/mm<sup>2</sup>. Besi cor tersebut mengalami kekerasan yang tinggi setelah dilakukan proses temper 100° C dimana kekerasannya menjadi 418,347 kg/mm<sup>2</sup> namun mengalami penurunan kekerasan apabila kita temper hingga 400° C dimana kekerasannya menjadi 270,813 kg/mm<sup>2</sup>.*

**Kata kunci :** As Ball Valve, Pengujian Metalografi, Temper.



## I. LATAR BELAKANG

Begitu banyak kemajuan yang telah dicapai dalam dunia industri dewasa ini serta begitu pesatnya persaingan diantara para produsen logam dimana berbagai perusahaan terus berusaha meningkatkan hasil produksinya guna mendapatkan mutu produk yang sempurna.

Guna mendapatkan mutu produk yang maksimal diperlukan suatu ketelitian dan kejelian para desainer dan para operator didalam membuat produk. Serta beberapa faktor lain yang tentunya sangatlah berpengaruh didalam hasil pembuatan atau pencetakan produk, seperti halnya komposisi material yang digunakan, kapasitas cetakan yang dipakai, serta perhitungan-perhitungan yang berhubungan langsung dengan hasil produk agar kemampuan produk yang dibuat betul-betul sempurna. Namun dibalik itu semua, kita tidak bisa memungkiri akan terjadinya kegagalan atau kesalahan didalam proses pengecoran atau pencetakan produk, karena akibat kesalahan sedikit saja dapat berakibat fatal terhadap hasil produk, sehingga barang yang dibuat menjadi cacat dan tidak dapat dipakai lagi.

## II. LANDASAN TEORI

### 2.1. Dasar Pengecoran Besi Cor

Dalam pengecoran logam harus ada yang namanya barang coran dan cetakan. Coran sendiri dibuat dari logam yang dicairkan, dituang ke dalam cetakan, kemudian dibiarkan mendingin dan membeku. Adapun cetakan sendiri dibuat berdasarkan bentuk yang ingin dicetak. Proses pengecoran dikenal kira-kira sejak tahun 4000 sebelum masehi, dimana orang mulai mengetahui bagaimana mencairkan logam dan bagaimana membuat cetakan.

Pada proses pengecoran biasanya cetakan dibuat dari pasir meskipun adakalanya digunakan pula plester, lempung, keramik atau bahan tahan api. Selain dari pada cara membuat cetakan dari pasir dikembangkan pula cara

membuat cetakan dengan pola kayu dan pola lilin.

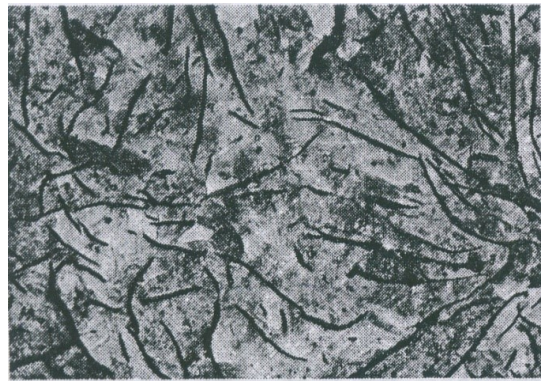
### 2.2. Struktur Mikro

Struktur Coran Besi Kelabu.

#### a. Struktur Besi Cor

Struktur dasar dari besi cor terdiri dari: grafit, ferit, sementit dan perlit. Macam besi cor yang banyak dipakai ialah besi cor kelabu, dimana grafit atau karbon bebas yang terdapat didalamnya tersebar dalam bentuk serpih. Tetapi kadang-kadang dipergunakan besi cor bergrafit bulat.

Sementit sangat keras dan merusak mampu mesin, sehingga pengendapan sementit lebih baik dihindari untuk mendapat sifat tahan aus.



Gambar 1. Struktur Mikro Besi Cor Kelabu, 100 x dietsa

#### b. Struktur Grafit

Grafit adalah bentuk kristal karbon yang lunak dan rapuh, mempunyai kekerasan Brinnel  $H_B$  kira-kira 1, kekuatan tariknya kira-kira  $2 \text{ kgf/mm}^2$  dan berat jenisnya kira-kira 2,2. Dalam struktur besi cor biasa 85% dari kandungan karbon berbentuk sebagai grafit. Dalam struktur mikro ada berbagai bentuk dan ukuran dari potongan-potongan grafit, yaitu halus dan besar, serpih atau asteroid, bergumpal atau bulat. Keadaan potongan grafit ini memberikan pengaruh yang besar terhadap sifat-sifat mekanik besi cor. Sebagai contoh besi cor kelabu mengandung 3,6% karbon dan 2,1 silisium, mempunyai serpih-serpih grafit dengan kekuatan tarik  $18 \text{ kgf/mm}^2$ .

### 2.3. Pengecoran Besi Cor

Struktur mikro dari besi cor terdiri dari ferit atau perlit dan serpih karbon bebas. Karbon dan silisium ternyata mempengaruhi struktur mikro, ukuran serta bentuk dari karbon bebas dan keadaan struktur dasar berubah sesuai dengan mutu dan kuantitasnya. Disamping itu ketebalan dan laju pendinginan mempengaruhi struktur mikro.

Membuat besi cor kelas tinggi agak susah dibanding dengan besi cor kelabu. Unsur-unsur yang ditambahkan adalah krom, nikel, molibden, vanadium, titan,

sehingga ketahanan panas, ketahanan aus, ketahanan korosi dan mampu mesin dari besi cor macam ini baik sekali berkat adanya unsur-unsur tersebut.

Setelah penuangan, coran dikeluarkan dari cetakan dan dibersihkan, bagian-bagian yang tidak perlu dibuang dari coran.

Kemudian coran diselesaikan dan dibersihkan dengan disemprot agar memberikan rupa yang baik. Kemudian dilakukan pemeriksaan dengan penglihatan terhadap rupa dan kerusakan. Disamping itu juga dilakukan pemeriksaan metalurgi untuk mencari kerusakan dalam, umpamanya dengan pengujian getaran supersonic atau pemeriksaan radiografi. Selanjutnya kadang-kadang kekuatan, struktur mikro dan komposisi kimia diujikan pada batang uji yang dibuat dari logam cair yang sama.

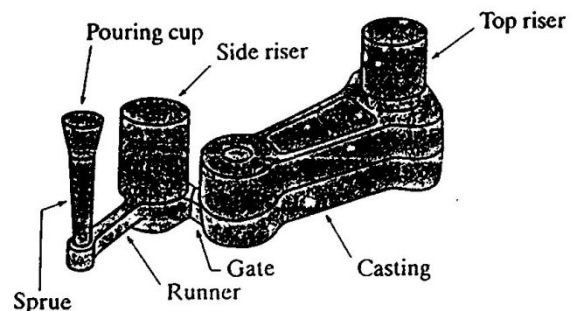


Gambar 2. Penggolongan Bahan Coran

### 2.3.1 Aliran Logam Cair dan Proses Pembekuan

Untuk menekankan betapa pentingnya aliran fluida, berikut ini akan diuraikan dengan singkat sistem dasar cetakan seperti yang ditunjukkan didalam gambar. Logam cair dituangkan melalui cangkir atau ember. Yang kemudian mengalir sepanjang sistem gating (sprue, runner dan gate) ke dalam rongga cetakan. Sprue adalah suatu saluran masuk vertikal yang mana melalui sprue ini cairan logam akan masuk ke dalam cetakan.

Runner adalah saluran yang membawa cairan logam dari sprue menuju rongga cetakan, atau menghubungkan sprue ke cetakan melalui gate. Gate merupakan bagian alur kecil yang menghubungkan antara runner dengan cetakan yang mana cairan akan masuk menuju rongga cetakan.



Gambar 3. Bentuk Cetakan dengan Sistem Gating

Teorema Bernoulli. Dalil ini berdasar pada prinsip kekekalan energi dan hubungan tekanan, percepatan, tingginya cairan pada saat penuangan kedalam sistem, dan kerugian tentang geseran di dalam suatu sistem yang penuh dengan cairan, menurut persamaan :

$$h + \frac{P}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} = \text{konstan}$$

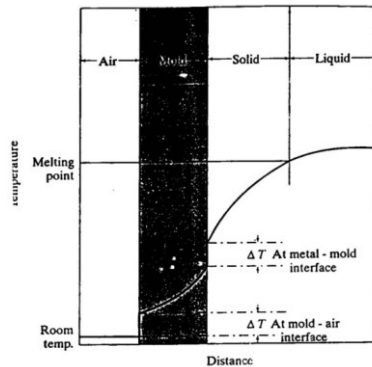
Di mana h adalah tingginya suatu wahana tertentu (tuangan cairan), p adalah tekanan berdasarkan tingginya penuangan, v adalah kecepatan cairan, dan g adalah konstanta gravitasi. Bahwa kekekalan energi memerlukan penempatan tertentu di dalam sistem, berdasarkan persamaan dibawah ini

$$h_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + f$$

di mana tulisan 1 dan 2 di bawah garis menyatakan dua pangkatan yang berbeda secara berturut-turut dan  $f$  menyatakan tentang kerugian pergerakan cairan ketika mengalir ke arah bawah melalui sistem tersebut.

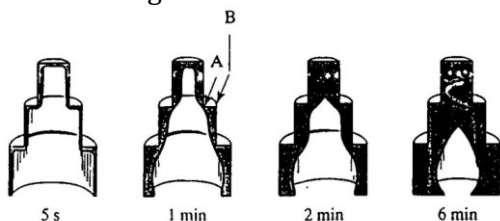
$$\text{waktu pembekuan} = C \left( \frac{\text{volume}}{\text{area permukaan}} \right)^2$$

Di mana  $C$  adalah suatu ketetapan yang menggambarkan material cetakan, kandungan logam (termasuk panas laten), dan temperatur.



Gambar 4. Peredaran suhu pada hubungan antara dinding cetakan dengan cairan logam selama proses pembekuan dalam cetakan.

Dampak dari perhitungan ukuran cetakan dan berlalunya waktu atas bentuk dan ketebalan kulit ditunjukkan di dalam gambar. Seperti yang digambarkan, untuk cairan logam dituangkan ke cetakan, dengan selang waktu yang berbeda berkisar antara lima detik hingga 6 menit. Dengan berjalannya waktu ketebalan kulit akan meningkat



Gambar 5. Proses pembekuan lapisan kulit pada pengecoran logam

Sumber : H.F. Taylor, J. Wuff and M.C. Fleming.

Kalau cairan logam murni perlahan-lahan didinginkan, maka pembekuan terjadi pada temperatur yang konstan. Temperatur ini disebut titik beku, yang khusus bagi logam. Titik beku tembaga ialah 1083°C, perak 961°C, aluminium 660°C dan timah 232°C.

## 2.4. Perlengkapan Cetakan

### 2.4.1. Pola Cetakan

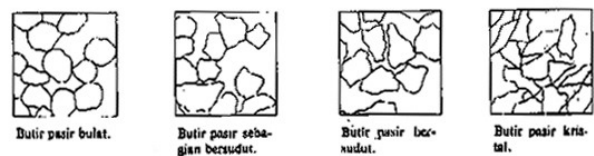
Banyak sekali bentuk pola yang dipakai dalam pembuatan cetakan tergantung pada bentuk cetakan yang ingin dibuat. Kadang-kadang pola dibuat dari dua bagian untuk memudahkan pembuatan cetakan. Langkah pertama dalam pembuatan benda cor ialah persiapan pola.

Ketepatan pembuatan pola harus diperhatikan beberapa hal agar dapat diperoleh benda cor yang benar-benar sesuai dengan benda yang akan dibuat. antara lain :

- Pengaruh penyusutan logam cair
- Ketirisan
- Penyelesaian
- Distorsi atau kelonggaran

### 2.4.2. Pasir Cetak

Dalam penggunaan cetakan pasir untuk industri pengecoran logam yang umum digunakan adalah pasir cetak silika. Pasir silika (SiO<sub>2</sub>) merupakan pasir alam dengan kadar pengotor sedikit sekali, tetapi mempunyai unsur silika yang banyak jumlahnya, hingga mencapai kurang lebih 95%. Sisa dari jumlah itu merupakan bahan-bahan campuran yang terdapat pada pasir silika.



Gambar 6. Photo Jenis Pasir Silika

Sifat-sifat pasir itu yang paling menonjol adalah

- Memiliki ketahanan terhadap panas yang tinggi

- Memiliki berat jenis yang besar
- Memiliki penghantar panas (thermal konduktifiti) yang baik.
- Hasil tuangan mempunyai permukaan yang baik serta
- Memiliki kandungan lempung dengan jumlah sedikit.



Gambar 7. Bentuk Butir-Butir Dari Pasir Cetak

Pasir cetak yang dipersiapkan dengan baik merupakan faktor penting yang turut menentukan mutu cetakan. Pasir baru atau pasir bekas perlu dipersiapkan dengan baik sehingga memiliki sifat-sifat berikut :

- a. Bahan pengikat tersebar dengan rata.
- b. Kadar air terkendali dan permukaan butiran basah
- c. Pasir bebas dari kotoran
- d. Pasir terlepas dan tidak menggumpal sehingga sangat baik untuk membuat cetakan
- e. Suhu pasir mencapai ruang

### 2.4.3. Lapisan Cetakan

Setelah pola ditarik dari cetakan, grafit atau bubuk mika yang dicampur air dicatkan atau disemprotkan pada permukaan cetakan dengan maksud :

- a. Mencegah fusi dan penetrasi logam
- b. Mendapatkan permukaan coran yang halus
- c. Membuang pasir inti dan pasir cetak dengan mudah pada waktu pembongkaran.
- d. Meniadakan cat-cat disebabkan pasir, umpamanya sirip.



Gambar 8. Foto Hasil Cetakan Pasir Basah Setelah diberi bubuk grafit

Adapun lapisan cetakan untuk cetakan pasir kering adalah sebagai berikut:

- a. Bubuk grafit atau arang, kalau temperatur penuangan dibawah  $1350^{\circ}$  C. hal ini harus dijaga agar mencegah busa dan gelembung-gelembung karena zat pengikat, umpamanya dengan mengambil komposisi berikut :
- b. Untuk lapisan cetakan yang mengalami temperatur penuangan diatas  $1350^{\circ}$  C, harus dipilih bahan yang mempunyai sedikit perubahan sifat pada temperatur tinggi.

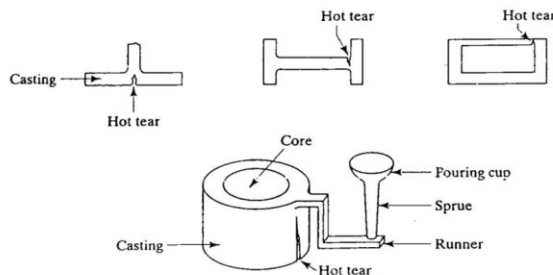


Gambar 9. Foto Hasil Cetakan Pasir Kering Setelah disemprotkan bubuk grafit

### 2.5. Pembentukan Cacat pada Hasil Coran

Pada coran dapat terjadi berbagai macam cacat tergantung pada bagaimana keadaannya. Adapun cacat tersebut bisa dikatakan hampir sama menurut bahan dan macam coran.

- Proyeksi Metalik, terdiri dari sirip, kilat, atau proyeksi raksasa seperti gelombang besar dan permukaan yang keras atau kasar.
- Rongga, terdiri dari keras pada bagian dalam atau berbentuk bulat termasuk blowholes, lobang peniti, dan rongga penyusutan.
- Discontinyu, berbentuk seperti letusan, seperti sobekan akibat panas atau dingin. Jika memadatkan logam dibatasi dari penyusutan, pecah dan sobek pada hasil pengecoran dapat terjadi.
- Permukaan cacat. Seperti permukaan melipat, pasir menempel pada lapisan.
- Tuangan tidak sempurna. Seperti pembekuan yang prematur (misruns), volume yang tidak mencukupi terhadap logam yang dituangkan dalam kaitannya hilangnya logam dari cetakan setelah penuangan.
- Dimensi atau bentuk yang salah, karena faktor;. Pola yang dibuat tidak sesuai seperti bentuk yang tidak beraturan sehingga mengakibatkan hasil tuangan melengkung.
- Inklusi, yang membentuk selama proses peleburan



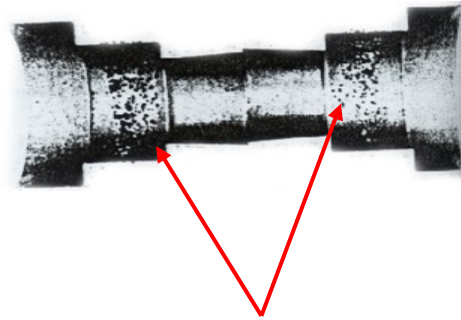
Gambar 10. Cacat Berbentuk Sobekan Akibat Panas

### 2.5.1. Porositas

Porositas di dalam suatu tuangan disebabkan oleh penyusutan atau oleh gas atau oleh kedua-duanya. Porositas berdampak kepada ductility suatu tuangan dan permukaan, karena porositas bersifat menyerap sehingga dengan begitu dapat mempengaruhi ketahanan tekanan yang dikeluarkan.

Dengan campuran logam, porositas dapat dikurangi atau dihapuskan dengan pembuatan gradien temperatur tinggi.

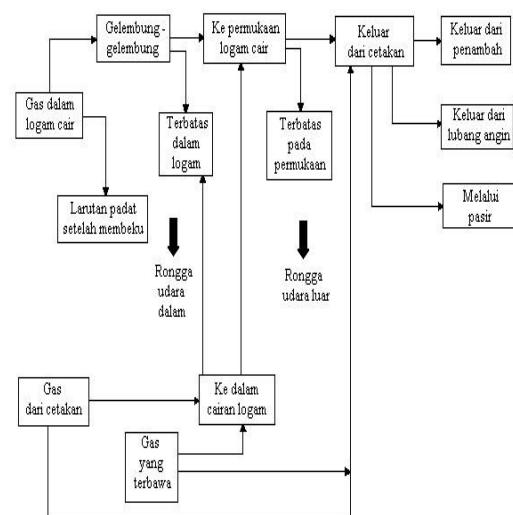
Sebagai contoh, membentuk material yang mempunyai keterhantaran termal yang lebih tinggi mungkin akan digunakan.



**Porositas**

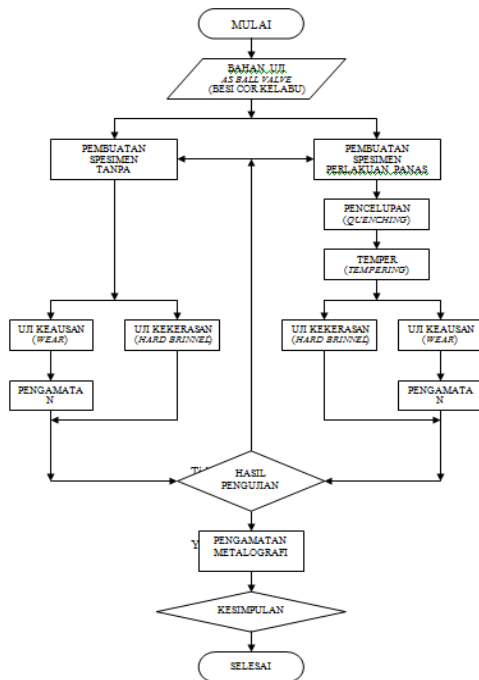
Gambar 11. Porositas Blow Holes pada hasil coran

Rongga udara merupakan cacat yang paling banyak terjadi dalam berbagai bentuk. Rongga udara dapat muncul sebagai lubang pada permukaan atau didalam coran, terutama sedikit dibawah permukaan yang merupakan rongga-rongga bulat. Cacat tersebut ditandai dengan warna yang berbeda sesuai dengan sebab terjadinya cacat, yaitu warna karena oksidasi atau karena tidak oksidasi, biasanya untuk besi cor atau baja cor berwarna hitam atau biru.



Gambar 12. Proses terjadinya gas

### III. METODE PENGUJIAN



Gambar 13. Diagram Alir Pengujian

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Komposisi Kimia.

No	Unsur	Kandungan (%)
1	Karbon ( C )	2,746
2	Silikon ( Si )	0,247
3	Mangan ( Mn )	0,708
4	Fosfor ( P )	0,001
5	Belerang ( S )	0,058
6	Khrom (Cr)	0,007
7	Nikel (Ni)	0,046
8	Molibden (Mo)	0,172
9	Vanadium (V)	0,000
10	Wolfram (W)	0,007
11	Tembaga (Cu)	0,122
12	Aluminium (Al)	0,003
13	Titan (Ti)	0,003
14	Boron (B)	0,00
15	Timah (Sn)	0,026
16	Timbal (Pb)	0,000
17	Besi (Fe)	Sisanya

#### 3.4. Pengujian Keausan (Wear)

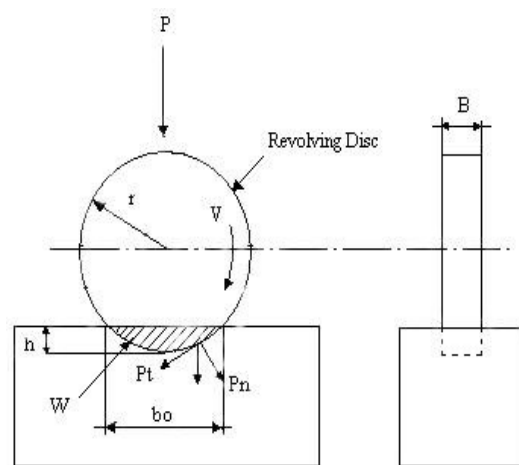
Terjadinya keausan adalah karena tekanan kontak yang membentuk suatu busur melingkar, yang dapat memecahkan ke dalam suatu garis vektor komponen  $p_n$  dan  $p_t$  yang vertikal dan horisontal kepada permukaan,

seperti yang ditunjukkan di dalam gambar. Tetapi jika lebar abrasi  $b$  adalah kecil seperti dibandingkan dengan diameter,  $p_t$  dapat dilupakan berkenaan dengan  $p_n$ , dengan suatu hasil persamaan

$$p_n = p = p / Bb \quad (1)$$

jumlah yang terkelupas diwakili oleh volume yang bertambah.

$$W = B (r^2 \sin^{-1} (b/2r) - (b/2) \sqrt{r^2 - (b^2 / 4)}) \quad (2)$$



Gambar 14. Pengujian Keausan dengan *Revolving Disc*

dan jika  $b$  cukup kecil jika dibandingkan dengan diameter cakram yang berputar (*revolving disc*), dan ketika itu diperluas secara urut, akan mendekati suatu hasil hubungan, yakni

$$W = Bb^3 / 12r \quad (3)$$

ketika dua benda padat berhubungan satu dengan yang lain dengan tekanan kontak  $p$  dan area kontak  $S$ , dan melewati suatu jarak kecil, jumlah yang terkelupas ( $dW$ ) menjadi

$$dW = W_s p S d \quad (4)$$

di mana  $W_s$  adalah suatu perbandingan yang tetap yang menyatakan karakteristik pengausan yang disini disebut sebagai pengausan spesifik. seperti yang terlihat dari persamaan (2),  $t$ . Pengausan spesifik

bervariasi yang umum adalah tergantung atas kondisi tekanan kontak ( $p$ ), kecepatan pengausan ( $v$ ), dan kondisi permukaan yang terkelupas.

Ketika garis tengah suatu cakram berputar (*revolving disc*) kecil, waktu pengausan awal menjadi singkat, dan kondisi permukaan pengausan segera mendekati suatu posisi yang stabil. maka dengan suatu kasus yang demikian, pengausan yang spesifik berfungsi hanya kecepatan pengausan dan tekanan kontak, dan

$$Bd^2db / 4r = W_s (p, V) P d l \quad (5)$$

mengikuti. dari ( 1) dan ( 5), suatu hubungan yang menyertakan beban  $P$ , tekanan kontak  $p$ , dan jarak pengausan  $l$  akan menghasilkan sebagai berikut.

$$Pd (p/p) = 4rp^2 B^2 W_s (p, V) d . l \quad (6)$$

jika tekanan kontak adalah tetap

$$p = \text{Const.} \quad (7)$$

dan karena kecepatan pengausan adalah tetap

$$Pdp = 4 rp^3 B^2 W_s (p, V) d . l \quad (8)$$

dan ketika  $l = 0$ ,  $P = 0$ , ( 10) menjadi

$$P = \sqrt{8rp^3 B^2 W_s l} = C \sqrt{l} \quad (9)$$

adalah nyata bahwa ketika beban ditambahkan sebanding dengan  $1/2$  tenaga jarak pengausan, tekanan kontak dapat dijaga konstan. Untuk menentukan pengausan yang spesifik  $W_s$  dengan mesin uji kecepatan tinggi dari kami, biarkan beban

$$P = P_o \sqrt{l/l_o} \quad (10)$$

sejak hubungan antara lebar jarak pengausan dan alur pengausan yang diberi oleh pers. (5), apakah  $l = 0$  dan  $b = 0$

$$B b^3 / 12r = 2 W_s P_o (l^3 / l_o) 1/2 / 3 \quad (11)$$

dengan itu, melakukan pengausan hanya sampai jarak pengausan ( $l_o$ ), dan membiarkan lebar alur pengausan pada ( $b_o$ ), pengausan yang spesifik  $W_s$  menjadi suatu persamaan

$$W_s = B b_o^3 / 8r p_o l_o = 1.5 W_o / p_o l_o \quad (12)$$

Dalam proses uji keausan (*wear*), berdasarkan nilai-nilai keausan dari beberapa persamaan diatas, maka keausan spesifik dipakai sebagai persamaan untuk menghitung keausan dari benda adalah

$$W_s = B . b_o^3 / 8r . P . l \text{ mm}^2/\text{kg}$$

Keterangan :

$W_s$	=	Nilai keausan spesifik
$B$	=	Tebal revolving disc 3 mm
$b_o$	=	Lebar alur keausan
$r$	=	Jari- jari revolving
$d$	=	30 mm
$P$	=	Beban uji 12,64 kg
$l$	=	Jarak luncur 600 m

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Proses Pengerasan ( *Hardening* )

Proses pengerasan (*hardening*) tersebut dilakukan dalam suatu dapur pemanas dengan memberikan pemanasan sebesar  $870^\circ \text{C}$  selama 60 menit. Setelah dilakukan proses pemanasan hingga temperatur  $870^\circ \text{C}$ , kemudian dilakukan proses pencelupan (*quenching*) terhadap sampel uji tersebut yang mana dicelupkan kedalam air untuk proses pendinginan.

### 4.2. Proses Tempering

Setelah dilakukan proses pengerasan (*hardening*), dilakukanlah proses temper terhadap masing-masing spesimen benda uji. Proses temper adalah proses pemanasan kembali terhadap sampel dibawah suhu pengerasan yaitu  $870^\circ \text{C}$ . Proses temper tersebut berbeda-beda yaitu temper  $100^\circ \text{C}$ ,  $200^\circ \text{C}$ ,  $300^\circ \text{C}$  dan temper  $400^\circ \text{C}$  yang berlangsung selama satu jam.

### 4.3. Perhitungan Hasil Uji Keausan

Tabel 2. Hasil Pengujian Lebar Alur Keausan

Kondisi	Lebar alur ( b <sub>0</sub> ) (mm)
Awal ( tanpa temper )	3,212
Temper 100° C	2,396
Temper 200° C	2,493
Temper 300° C	2,531
Temper 400° C	3,093

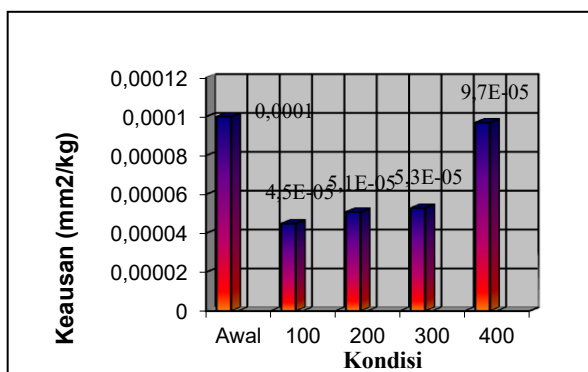
### 4.4. Perhitungan Hasil Uji Kekerasan Brinnel (Hard Brinnel)

Tabel 3. Hasil Pengujian Jejak Kekerasan Brinnell

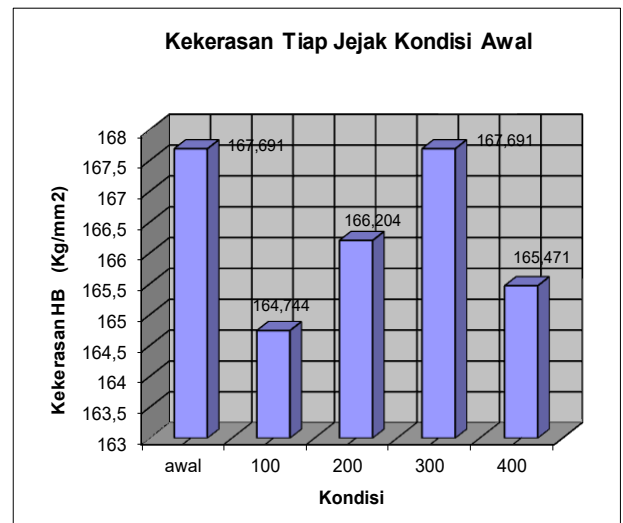
Kondisi	d ( mm )				
	Awal	1,042	1,050	1,046	1,043
Temper 100° C	0,667	0,664	0,671	0,668	0,676
Temper 200° C	0,727	0,730	0,734	0,728	0,731
Temper 300° C	0,768	0,768	0,772	0,768	0,773
Temper 400° C	0,826	0,824	0,830	0,830	0,828

Tabel 4. Hasil Perhitungan Uji Keausan

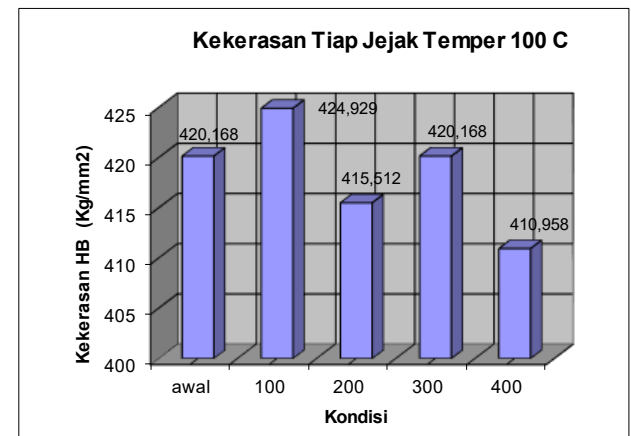
Kondisi	Keausan ( mm <sup>2</sup> /kg )
Awal ( tanpa perlakuan panas )	0,0001
Temper 100° C	0,000045
Temper 200° C	0,000051
Temper 300° C	0,000053
Temper 400° C	0,000097



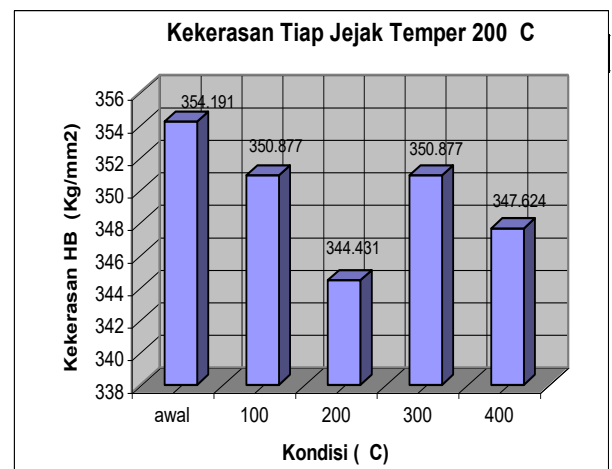
Gambar 15. Grafik Keausan Tiap Kondisi Sampel



Gambar 16. Grafik Jejak Kekerasan Kondisi Awal

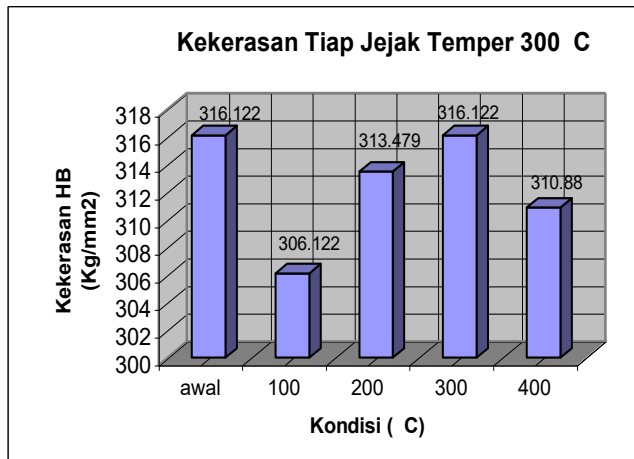


Gambar 17. Grafik Jejak Kekerasan Temper 100°

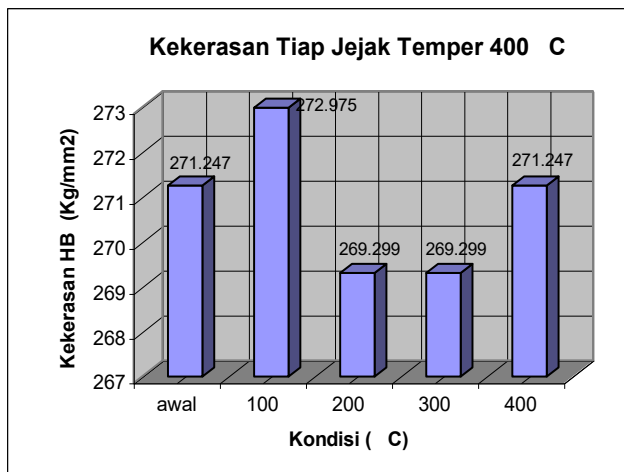


Gambar 18. Grafik Jejak Kekerasan Temper 200° C

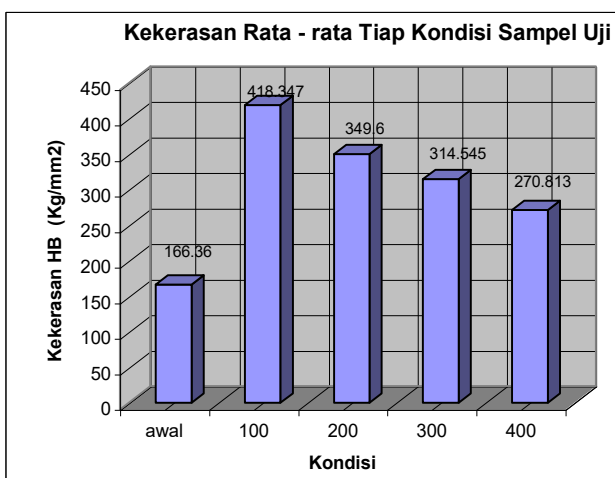
Hasil pengamatan metalografi dengan mikroskop optik terhadap sampel benda uji.



Gambar 19. Grafik Jejak Kekerasan Temper 300° C



Gambar 20. Grafik Jejak Kekerasan Temper 400° C



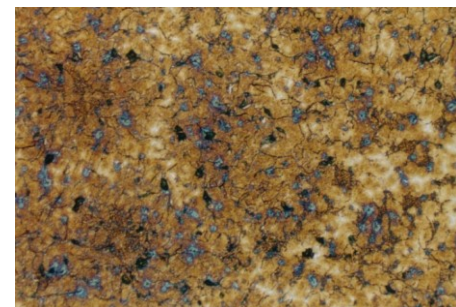
Gambar 21. Grafik Kekerasan Tiap Sampel



Gambar 22. Foto Struktur Mikro Sampel Asli Perbesaran 100 X



Gambar 23. Foto Struktur Mikro Sampel Asli Perbesaran 500 X



Gambar 24. Foto Struktur Mikro Temper 100° C Perbesaran 100 X



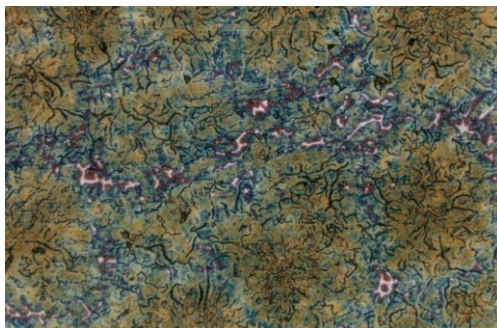
Gambar 25. Foto Struktur Mikro Temper 100° C Perbesaran 500 X



Gambar 26. Foto Struktur Mikro Temper 200° C Perbesaran 100 X



Gambar 27. Foto Struktur Mikro Temper 200° C Perbesaran 500 X



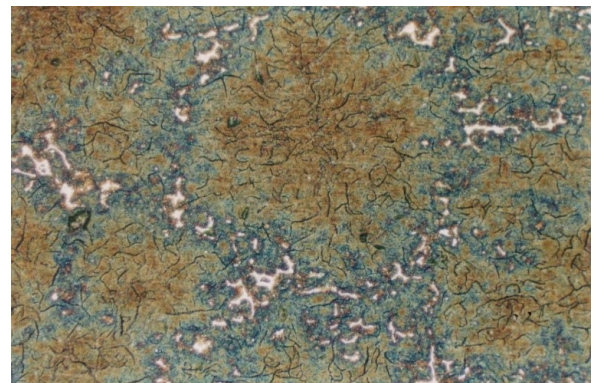
Gambar 28. Foto Struktur Mikro Temper 300° C Perbesaran 100 X



Gambar 29. Foto Struktur Mikro Temper 300° C Perbesaran 500 X



Gambar 30. Foto Struktur Mikro Temper 400° C Perbesaran 100 X



Gambar 31. Foto Struktur Mikro Temper 400° C Perbesaran 500 X

## V. KESIMPULAN

Dalam beberapa pengujian antara lain pengujian komposisi kimia, pengujian keausan (*wear*) dan pengujian kekerasan (*hard brinell*) terhadap benda uji dalam hal ini *as ball valve* diketahui bahwa :

1. Setelah dilakukan pengujian komposisi kimia terhadap benda uji, diketahui bahwa unsur yang terkandung dalam *as ball valve* yang terbuat dari bahan besi cor kelabu terdapat unsur karbon sebesar 2,746 %, silikon 0,247 %, mangan 0,708 %, posfor 0,001 %, belerang 0,058 %, khrom 0,007 %, nikel 0,046 %, molibden 0,172 %, vanadium 0,000 %, wolfram 0,007 %, tembaga 0,122 %, aluminium 0,003 %, titan 0,003 %, boron 0,00 %, timah 0,026 %, timbal 0,000 % dan selebihnya adalah besi itu sendiri. Berdasarkan hasil ini

- menunjukkan bahwa besi cor kelabu yang digunakan sebagai bahan pembuatan *as ball valve* termasuk besi cor kelabu yang cukup baik karena terdapat kadar karbon yang tinggi yaitu karbonnya sebesar 2,726 % ditambah lagi dengan adanya unsur lain seperti khrom, nikel, tembaga dan timah.
2. Berdasarkan hasil pengujian mekanik, besi cor kelabu dalam bentuk *as ball valve* setelah dilakukan proses pengerasan dan proses temper telah terjadi perubahan struktur mekanik yang mana berpengaruh terhadap tingkat kekerasan dan keausan dari bahan tersebut. Hal ini terlihat sebelum dilakukan proses pengerasan dan proses temper nilai kekerasannya sebesar 166,360 kg/mm<sup>2</sup> dan keausannya sebesar 0,0001 mm<sup>2</sup>/kg, namun setelah dilakukan proses pengerasan dan proses temper 200° C kekerasannya menjadi 349,60 kg/mm<sup>2</sup> dan keausannya sebesar 0,000051 mm<sup>2</sup>/kg. Dengan hasil ini berarti bahwa besi cor kelabu kekerasannya akan bertambah apabila kita lakukan proses pengerasan dan proses temper.
  3. Pada hasil pengujian metalografi kondisi awal benda (tanpa temper) terlihat bahwa susunan grafit, perlit dan steadit masih dalam kondisi stabil karena belum ada perlakuan pemanasan terhadap benda uji tersebut. Setelah dilakukan pemanasan dan temper 100° C mulailah terjadi perubahan struktur dimana martensit sebagai matrik dan grafit sudah mulai menyebar ke seluruh bagian benda uji sehingga pada suhu 100° C ini kondisi benda uji kekuatannya masih tinggi. Namun untuk temper 300° C sampai 400° C mulai terjadi penurunan kekuatan karena grafit sudah tidak lagi menyebar dan banyak dipengaruhi oleh penggumpalan dan pertumbuhan sementit. Dengan penurunan ini dipercepat pula dengan timbulnya gumpalan-gumpalan karbida disekitar sementit.

## VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] B.H. Amstead, Ir. Sriati Djapri, M.E., M. Met " Teknologi Mekanik " Jakarta : Erlangga, 1997
- [2] Prof. Ir. Tata Surdia, M.S. Met. E, Prof. Dr. Kenji Chijiwa "Teknik Pengecoran Logam", Jakarta: PT Pradnya Paramita, 2000.
- [3] Surdia, Tata dan Saito Shinroku "Pengetahuan bahan Teknik"Cetakan Keempat Penerbit Pradya Paramita, Jakarta 1999.
- [4] L.H Van Vlackdan Sriati Djaprie "Ilmu da Teknologi Bahan", Edisi Kelima, Penerbit Erlangga, Jakarta 1993.
- [5] Harsono Wiryo Sumarto & Toshie Okumura., "Teknologi Pengelasan Logam", Penerbit Pradyia Paramita, Jakarta 1981.
- [6] Myron L. Begeman, Manufacturing processes, Editin 4Th, John Wiley & Sons, Inc. New York. 1960.
- [7] Gilbert S. Schaller, Engineering Manufacturing Methods, McGraw-Hill Book Company, Inc. New York. 1953.
- [8] Sidney H. Avner, "Introduction to physical metallurgy", McGraw-Hill Inc., USA.1974
- [9] William F. Smith, "Structure and properties of engineering alloys", McGraw-Hill Inc., Singapore, 193
- [10] William D. Callister, Material Science and Engineering: An Introduction", John Willey & Son Inc., Asia, 2007
- [11] De Garmo, Paul E., "Material and Process in Manufacturing", 7th Edition, Mc Millan Publishing Co., New York, 1988