

NASKAH PUBLIKASI TUGAS AKHIR
PENGARUH WAKTU KECEPATAN PENDINGINAN PADA
BESI COR *INOKULASI WHISKER* TERHADAP STRUKTUR
MIKRO DAN SIFAT MEKANIS



Disusun sebagai syarat untuk memperoleh derajat sarjana S1 pada
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Disusun Oleh:

PRASETYO JATI NUGROHO

NIM : D 200 080 096

JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

Oktober 2015

HALAMAN PENGESAHAN
NASKAH PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Naskah publikasi ini berjudul “Pengaruh Waktu Kecepatan Pendinginan Pada Besi Cor *Inokulasi Whisker* Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanis”, telah disetujui oleh Pembimbing dan diterima untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

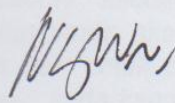
Dipersiapkan oleh :

Nama : Prasetyo Jati Nugroho
NIM : D 200.080.096

Disetujui pada :

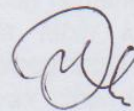
Hari : Kamis
Tanggal : 22 Oktober 2015

Pembimbing Utama



Ir. Ngafwan, MT

Pembimbing Pendamping



Joko Sedyono, ST., M.Eng., Ph.D.

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Tri Widodo Besar Riyadi, S.T. M.Sc. Ph.D.

Pengaruh Waktu Kecepatan Pendinginan Pada Besi Cor *Inokulasi Whisker* Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanis

PrasetyoJatiNugroho, Ngafwan, JokoSedyono
TeknikMesinUniversitasMuhammadiyah Surakarta
Jl. A YaniTromolPos 1 PabelanKartosuro
email : pleeroo_jatekz@ymail.com

ABSTRAKSI

Besi cor merupakan paduan Besi-Karbon dengan kandungan C diatas 2% (pada umumnya sampai dengan 4%). Unsur besi cor paling dominan adalah karbon (C) dan silika (Si). Besi cor pada umumnya mengandung unsur silika antara 1 sampai 3 %. Dengan kandungan ini, silika mampu meningkatkan kekuatan besi cor melalui fase cair. Untuk pengecoran besi cor ini dengan merekayasa penambahan whisker. Pada pelaksanaan penelitian dilakukan penambahan whisker saat proses penuangan besi cor. Pada temperatur 910 °C strukturnya adalah Austenite, ledeburite, Cementite sedangkan pada temperatur 710 °C struktur Austenit secara pendinginan normal mengalami perubahan struktur menjadi pearlite. Untuk merubah jumlah pearlite yang terbentuk pada saat pendinginan besi cor maka pendinginan dilakukan dengan metode pendinginan menggunakan media.

Metode pendinginan yang digunakan adalah dengan menggunakan media oli, udara, paslin. Proses perlakuan pendinginan besi cor dilakukan dengan cara besi cor dituang keledelel kemudian dituang kedalam cetakan lalu didiamkan sampai ketitik jenuh (dari besi cor bewarna merah mengangah kewarna merah layu) lalu dibongkar dan dimasukkan kedalam oli, paslin dan didiamkan pada udara bebas (suhu ruangan).

Uji yang dilakukan adalah pengujian komposisi kimia, pengujian struktur mikro, serta pengujian kekerasan. Dari hasil penelitian diketahui kandungan unsur-unsur komposit besi cor whisker dengan kadar Fe (94,18%), C (3,33%),Si (1,34%). Hasil uji struktur mikro dapat diketahui dengan melihat hasil foto metalografipada pendinginan terbentuk ledeburit dan cementite. Pada pendinginan udara ledeburite kecementitnya prosentasenya lebih kecil, di pendinginan menggunakan paslin akan terbentuk cementite yang lebih banyak dibandingkan pada udara dan untuk oli cementite lebih banyak dibandingkan dengan udara maupun paslin serta kandungan ledeburit semakin sedikit dikarenakan pada waktu pendinginan cepat ledeburite yang ada sebagian besar akan berubah menjadi cementite untuk perlite pada pendinginan oli bergerombol besar tidak teratur sedangkan di pendinginan paslin perlite merata sedangkan di pendinginan udara perlite akan membentuk susunan yang rapi. Dari hasil pengujian kekerasan diperoleh rata-rata kekerasan pada pendinginan oli 508,27 HBN, udara 455,34 HBN dan paslin 480,72 HBN.

Kata kunci : besicor, media pendingin oli, media pendingin udara, media pendingin paslin.

1. Latar Belakang

Dalam era globalisasi seperti sekarang ini banyak kita jumpai berbagai macam industri yang berkembang, baik industri kecil, besar, atau menengah. Diantara bermacam-macam jenis industri tersebut, salah satunya adalah industri dalam bidang teknik yang khususnya bergerak dalam bidang pengecoran logam baik logam fero atau logam non fero sedangkan Batur, Ceper, Klaten adalah salah satu pusat industri pengecoran logam yang ada di Indonesia karena disana banyak terdapat industri pengecoran logam.

Proses pengecoran adalah proses terbentuknya logam dengan cara mencairkan logam padat pada temperatur yang tinggi, kemudian menuangkan logam cair ke dalam cetakan dan dibiarkan membeku. Bahan baku dalam kupola adalah besi kasar, sekrap baja, sekrap balik (seperti coran yang cacat, bekas penambah, saluran turun), paduan besi (Fe-Si, Fe-Mn untuk mengatur komposisi) (Nuryanto, 2011).

Besi cor adalah salah satu bahan yang sangat penting yang diperlukan sebagai bahan baku coran lebih dari 80%. Daerah komposisi kimia dapat ditetapkan dalam diagram keseimbangan Fe-C pada batas kelarutan karbon pada

besi γ , yaitu mengandung 2% karbon atau lebih, tetapi besi cor yang nyata terdiri dari paduan yang berkomponen banyak yang mengandung Si, Mn, P, S dan unsur-unsur lainnya (Surdia, 1999).

Beberapa alternative teknologi digunakan dan dikembangkan sebagai contoh adanya temuan-temuan teknologi pengecoran baik varisi pola, cetakan, sistem saluran turun, temperatur tuang dan lain sebagainya. Permasalahan-permasalahan dalam industri pengecoran logam sangat kompleks dengan tingkat penggunaan teknologi yang beraneka ragam. Apabila memperhatikan proses kerja pengecoran logam tersebut dapat diklasifikasikan menjadi 3 permasalahan : Proses pemilihan bahan baku, proses peleburan, proses cetakan dan proses penuangan. Selama ini yang menjadi masalah umum di industri pengecoran adalah adanya kecacatan produk coran. Cacat coran membawa dampak kualitas yang dihasilkan dari proses pengecoran tersebut (Masyrukan, 2012).

Salah satu usaha untuk memperbaiki logam adalah dengan menambahkan silika yang diperoleh dari *whisker* abu sekam padi. *Whisker* ternyata mengandung senyawa silika cukup tinggi. Hasil analisa menunjukkan

kandungan SiO₂ 93 %, pH = 8, kadar air 2,70 %, luas permukaan butiran 68 m²/gr pada ukuran butir 325 mesh (Mulato, 1988).



(a)



(b)

Gambar 1. (a) Sekam padi
(b) Abu sekam padi putih

Tabel 1. komposisi kimia abu sekam padi (Houston, D.F. 1972) :

Komponen	% Berat
SiO ₂	86,90-97,30
K ₂ O	0,58-2,50
Na ₂ O	0,00-1,75
CaO	0,20-1,50
MgO	0,12-1,96
Fe ₂ O ₃	0,00-0,54
P ₂ O ₅	0,20-2,84
SO ₃	0,10-1,13
Cl	0,00-0,42

Masalah di atas yang melatarbelakangi penulis untuk meneliti sejauh mana pengaruh waktu kecepatan pendinginan pada komposit besi cor *whisker* terhadap kualitas coran yang dihasilkan. Pada penelitian ini kualitas coran yang akan dibahas adalah sifat fisis dan mekanisnya.

2. Batasan Masalah

Untuk menghindari melebarnya pembahasan yang dilakukan pada bab-bab selanjutnya maka perlu

dilakukan pembatasan masalah seperti :

- 1) Material yang di uji dalam penelitian ini adalah material besi cor hasil dari pengecoran logam pada CV. Rekacipta Tehnindo Perkasa, Batur, Ceper, Klaten.
- 2) Merek paslin yang digunakan adalah rotary sedangkan oli yang dipakai adalah oli bekas dengan merek ultratec.

3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

- 1) Mengetahui peningkatan prosentase Si akibat penambahan *whiskers*.
- 2) Mengetahui perubahan struktur mikro dan kekerasan pada perlakuan pendinginan dengan menggunakan media oli, udara dan paslin.

4. Tinjauan Pustaka

Sifat mekanis besi cor kelabu dipengaruhi oleh laju pendinginan, tebal coran, perlakuan panas, perlakuan saat cairan dan penambahan unsur paduan. Beberapa penggunaan material ini membutuhkan kekuatan yang tinggi. Untuk memperbaiki kekuatannya dapat dilakukan dengan penambahan unsur paduan yang bersifat penggalak karbida seperti Cr dan Cu. Dalam penelitian ini pengaruh penambahan Cr dan Cu pada sifat mekanis besi cor kelabu telah diteliti. Material dasar FC20 yang ditambah dengan Cr Cr 0,23

%, 0, 32% dan 0,47% serta Cu antara 0,6% to 0,7% telah diuji. Pengujian metalografi dan tarik telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan Cr dan Cu terhadap sifat mekanis besi cor kelabu. Hasil pengujian tarik terlihat terdapat peningkatan kekuatan tarik sebesar 20% yaitu dari 191MPa menjadi 232MPa. Meskipun demikian hasil metalografi menunjukkan bahwa kesemua spesimen uji memiliki struktur mikro matrik perlit dengan grafit serpih tipe VII, distribusi A dan berukuran 3-5 (Agus Suprihanto, dkk., 2005).

Ekstraksi silika dari sekam padi (RH) dan abu sekam padi (RHA) dibandingkan dari segi prosedur persiapan dan hasil. Meskipun keduanya merupakan sumber alternatif yang baik dari silika, RH adalah sumber yang lebih baik dari RHA untuk zeolit NaY sintesis memperhitungkan efisiensi dalam pemulihan produk dan kesederhanaan ekstraksi. Silika dari RH adalah amorf sedangkan dari RHA mengandung tridimit kristal dan kristobalit. Silika diekstraksi dari RH ditemukan mengandung eksklusif SiO₂ sementara silika dari RHA memiliki 97,56 % SiO₂ dengan jejak K₂O (2,14%) dan Al₂O₃ (0,31 %). Zeolit NaY menunjukkan luas permukaan BET relatif besar

dari 882 m²/g dan volume mikropori 0,38 cm³/g, keduanya adalah nilai-nilai karakteristik untuk kerangka zeolit Y - tipe. Namun, HY tidak terbawa sifat tekstur dari NaY induk zeolit dan NH₄Y karena runtuhnya struktur akibat perubahan koordinasi aluminium dalam struktur setelah kalsinasi (Saceda and de Leon, 2011).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari variasi temperatur terhadap perubahan sifat mekanis pada proses pengarbonan padat baja karbon rendah. Waktu tahan yang digunakan selama proses pengarbonan adalah 2 jam dengan variasi temperatur masing-masing 850 °C, 900 °C dan 950 °C. Dalam proses pengarbonan, sumber karbon adalah serbuk arang tempurung kelapa dan dicampur dengan 25% BaCO₃ sebagai katalisnya. Pengerasan permukaan dilakukan dengan memanaskan kembali spesimen pada suhu 840 °C selama 20 menit dan di quenching pada media air. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kekerasan dan pengamatann struktur mikro. Hasil penelitian menunjukkan bahwa temperature 950 °C memberikan kekerasan permukaan tertinggi (883 kg/mm²) (Muhammad, I., 2008).

Setiap logam akan mengalami perubahan fasa selama proses pengecoran, baik perubahan sifat fisis maupun mekanis yang disebabkan oleh proses pembekuan. Perubahan sifat ini antara lain dipengaruhi media pendingin yang digunakan pada saat proses pendinginan. Karena sifat fisis dan mekanis dari suatu digunakan media pendinginan yang berbeda yaitu : udara suhu kamar, air sumur dan oli SAE 40. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan sifat fisis dan mekanis hasil pengecoran Aluminium dengan media pendinginan yang berbeda. Hasil dari penelitian ini diperoleh nilai ketangguhan benda uji dengan media pendinginan udara suhu kamar $0,058 \text{ joule/mm}^2$, dengan media pendinginan oli SAE 40 $0,032 \text{ joule/mm}^2$ dan dengan media pendinginan air sumur $0,028 \text{ joule/mm}^2$. Sehingga benda uji dengan media pendinginan udara suhu kamar lebih tangguh (Supriyanto, 2009).

5. Landasan Teori

Besi Cor

Besi cor adalah salah satu bahan yang sangat penting yang diperlukan sebagai bahan baku coran lebih dari 80%. Daerah komposisi kimia dapat ditetapkan dalam diagram keseimbangan Fe-C pada

batas kelarutan karbon pada besi γ , yaitu mengandung 2% karbon atau lebih, tetapi besi cor yang nyata terdiri dari paduan yang berkomponen banyak yang mengandung Si, Mn, P, S dan unsur-unsur lainnya.

Klasifikasi Besi Cor

a. Besi cor kelabu

Besi cor dengan kadar silikon tinggi ($>2\%$ Si) dengan membentuk grafit dengan mudah sehingga Fe_3C tidak terbentuk. Dalam hal ini karbon di dalam bahan berbentuk lamel-lamel grafit pada waktu membeku. Lamel-lamel itu terbentuk seperti dedaunan, dan patahan dari suatu besi terlihat lamel-lamel grafit yang kecil memberikan warna kelabu pada permukaan patahannya, maka disebut besi cor kelabu. Besi cor kelabu sangat rendah keuletannya karena adanya serpihan karbon, akan tetapi dengan adanya serpih-serpih ini besi cor kelabu merupakan peredam getaran yang baik.

b. Besi cor putih

Dengan kadar silikon yang rendah dan kecepatan pendinginan yang tinggi, karbon didalam besi tuang pada waktu pembekuan tidak bisa dipisahkan menjadi karbon bebas sehingga jadi grafit, dan bersenyawa

dengan besi yang disebut sementit. Permukaan patahannya bila logam dipatahkan akan terlihat berwarna putih karena adanya lamel-lamel grafit. Sifat besi cor putih sangat keras, getas dan tahan aus.

c. Besi cor nodular

Grafit yang terdapat didalam logam berbentuk bulatan sehingga disebut besi cor nodular. Hal ini terjadi bila ditambahkan magnesium pada cairan besi cor. Dibandingkan dengan grafit yang mempunyai bentuk serpih seperti daun, grafit yang berbentuk bulat atau nodular mempunyai derajat konsentrasi tegangan yang sangat kecil, maka kekuatan besi cor menjadi lebih baik. Unsur-unsur lain yang dapat membulatkan grafit yaitu Ca, Na, K, Li, Ba, Sr, Zn, dsb, telah dikenal, tetapi didasarkan atas masalah harga maka dipilih unsur Mg yang paling menguntungkan.

d. Besi cor mampu tempa

Besi mampu tempa digolongkan menjadi besi cor mampu tempa perapihan putih dan besi cor mampu tempa perapihan hitam. Besi cor perapihan putih mempunyai kandungan silikon yang rendah dan belerang yang tinggi. Dan besi cor perapihan hitam

mempunyai kandungan silikon yang tinggi dan belerang yang rendah. Besi cor perapihan putih dibuat dengan proses penghilangan karbon pada besi cor putih, sehingga kulitnya berubah menjadi ferit dan struktur dalamnya terdiri dari matrik perlit dengan karbonyang bulat. Dan besi cor perapihan hitam dibuat dengan melunakkan besi cor putih tetapi sementit terurai menjadi ferit dan grafit sehingga patahannya kelihatan hitam.

e. Besi cor paduan

Unsur-unsur paduan yang ditambahkan pada besi cor untuk memperbaiki sifat-sifat mekanik dan untuk memberikan sifat-sifat khusus seperti ketahanan korosi, ketahanan panas dan kemagnitan. Sifat yang pertama umumnya didapat dengan paduan rendah sedangkan yang terakhir melibatkan beberapa unsur yang khusus.

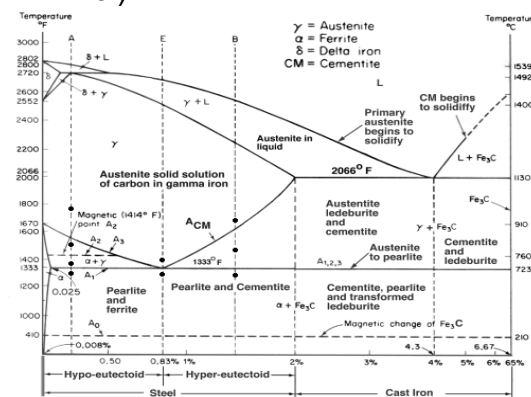
Besi cor dengan kekuatan tarik yang lebih baik dengan menambahkan Ni, Cr, Mo dan sebagainya, untuk memberikan struktur grafit dan struktur perlit yang halus. Besi cor ini dipakai untuk silinder motor, rol dan sebagainya.

Besi cor yang mempunyai ketahanan

terhadap asam dan korosi dipadu dengan Si. Untuk mendapatkan sifat tahan panas berbagai besi cor paduan dipadu dengan Cr, Mo, Al, Ni dan sebagainya.

Diagram Fasa

Diagram fasa adalah diagram yang menampilkan hubungan antara temperatur dimana terjadi perubahan fasa selama proses pendinginan dan pemanasan yang lambat dengan kadar karbon. Tidak seperti struktur logam murni yang hanya dipengaruhi oleh suhu, sedangkan struktur paduan dipengaruhi oleh suhu dan komposisi. Pada kesetimbangan, struktur paduan ini dapat digambarkan dalam suatu diagram yang disebut diagram fasa (diagram kesetimbangan) dengan parameter suhu (T) versus komposisi (mol atau fraksi mol).



Gambar 2. Diagram Fe-C (*Materials Science and Metallurgy*, 4th ed., Pollack, Prentice-Hall, 1988)

Sifat fisis pada besi cor

Sifat fisis suatu bahan adalah berkaitan dengan karakteristik fisik material yang bersangkutan. Dan apabila suatu bahan akan dilakukan pengujian sifat fisisnya maka bisa dikatakan didalam pengujian bahan itu adalah tidak menimbulkan kerusakan pada benda yang akan diuji dan secara umum sifat fisis bahan dapat dikenali dengan panca indra. Sifat fisis suatu bahan logam antara lain : komposisi kimia, struktur mikro, dll.

a. Komposisi kimia

Pengujian komposisi kimia adalah suatu pengujian untuk mengetahui kandungan unsur kimia yang terdapat pada logam dari suatu benda uji. Komposisi kimia dari logam sangat penting untuk menghasilkan sifat logam yang baik. *Optical Emission Spectrometer* (OES) adalah alat yang mampu menganalisa unsur-unsur logam induk dan campurannya dengan akurat, cepat dan mudah dioperasikan. Prinsip dasar dari alat ini adalah apabila suatu logam dikenakan energi listrik atau panas maka kondisi atom-atomnya akan menjadi tidak stabil. Elektron-elektron yang bergerak pada orbital atomnya akan melompat ke orbital yang lebih tinggi. Apabila energi yang dikenakan

dihilangkan maka elektron tersebut akan kembali ke orbit semula dan energi yang diterimanya akan dipancarkan kembali dalam bentuk sinar. Sinar yang terpancar memiliki gelombang-gelombang tertentu sesuai dengan jenis atom unsurnya, sedangkan intensitasnya absinar terpancar sebanding dengan kadar konsentrasi unsur. Hal ini berarti bahwa jenis suatu unsur dan kadarnya dapat diketahui melalui panjang gelombang dan intensitas sinar yang terpancar.

b. Struktur mikro

Pengamatan struktur mikro adalah suatu pengujian untuk mengetahui susunan logam pada suatu benda uji atau spesimen. Struktur mikro dan sifat paduannya dapat diamati dengan berbagai cara bergantung pada sifat yang dibutuhkan. Salah satu cara dalam mengamati struktur suatu bahan yaitu dengan teknik *metalographic* (pengujian mikroskopik).

Proses terjadinya perbedaan warna, besar butir, bentuk dan ukuran butir yang mendasari penentuan dari jenis dan sifat fasa pada hasil pengamatan foto mikro adalah diakibatkan adanya proses pengetsaan.

Prinsip dasar pengetsaan sebenarnya merupakan proses pengikisan mikro terkendali yang menghasilkan alur pada permukaan akibat *crystal faceting* yaitu orientasi kristal yang berbeda, akan terjadi reaksi kimia yang berbeda intensitasnya. Karena fasa-fasa yang terdapat dalam logam memiliki kekerasan yang berbeda maka fasa yang lunak akan terkikis lebih dalam. Akibat adanya perbedaan ini dan bergantung pada arah cahaya pantulan yang tertangkap oleh lensa maka akan tampak bahwa fasa yang lebih lunak akan terlihat lebih terang dan fasa yang lebih keras akan terlihat gelap.

Sifat mekanis

Sifat mekanis berkaitan dengan ketahanan material terhadap pembebanan mekanik. Penggunaan logam secara tepat dan efisien membutuhkan pengetahuan yang luas akan sifat-sifat mekanisnya. Dalam penelitian ini yang digunakan adalah pengujian kekerasan (*hardness*).

a. Hardness (kekerasan)

Kekerasan adalah ketahanan bahan atau logam terhadap deformasi yaitu deformasi tekan atau indentasi. Pada umumnya pengujian kekerasan bertujuan untuk mengukur tahanan dari bahan atau

logam terhadap deformasi plastis. Prinsip pengukurannya adalah dengan memberi gaya tekan melalui sebuah indentor pada permukaan bahan atau logam. Kemudian luas atau dimensi atau diameter dari jejak penekanan/indentasi diukur. Macam-macam pengujian kekeran antara lain :

1) Metode Rockwell

Pengujian kekerasan metoda Rockwell menggunakan indentor berupa bola baja yang dikeraskan atau dapat juga menggunakan indentor berupa kerucut intan. Beban atau gaya yang digunakan untuk penekanan adalah bervariasi tergantung pada logam yang diuji. Nilai kekerasannya didasarkan pada kedalaman indentasi yang terjadi.

Nilai kekerasan metoda Rockwell dibagi dalam Skala kekerasan yaitu: kekerasan Rockwell skala C, biasa ditulis dengan HRC. Kekerasan Rockwell skala B ditulis dengan HRB. Kekerasan Rockwell skala B digunakan untuk bahan atau logam yang relative lunak, sedangkan Rockwell skala C digunakan untuk logam yang relative keras.

Kekerasan Rockwell B menggunakan indentor bola baja berdiameter 1,6 mm dengan beban 100 kg. Sedangkan kekerasan Rockwell skala C menggunakan indentor kerucut intan dengan beban penekanan sebesar 150 kg.

2) Metode Brinell

Pada metoda Brinell, indentor yang digunakan berbentuk bola yang terbuat dari baja yang telah dikeraskan. Beban atau gaya penekanan yang diberikan adalah antara 500 – 3000 kg. Nilai kekerasannya merupakan perbandingan antara beban penekanan terhadap luas indentasi. rumus untuk menghitung nilai kekerasan metoda Brinell adalah sebagai berikut:

$$HBN = \frac{2F}{3,14Dx \left[D - (D^2 - D_i^2)^{\frac{1}{2}} \right]}$$

Dimana :

BHN = Bilangan kekerasan Brinell
F = Beban, Gaya tekan (kg)
D = Diameter Indentor Bola (mm)

D_i =Diameter jejak indentasi (mm)

indentasi biasanya adalah selama 30 detik. Bilangan kekerasan Vickers (HV) dihitung dengan rumus :

$$HV = 1,854 \times \frac{F}{D^2}$$

Dimana :

F = beban yang diterapkan (kg)

D = diameter jejak indentasi (mm)

3) Pengujian Vickers

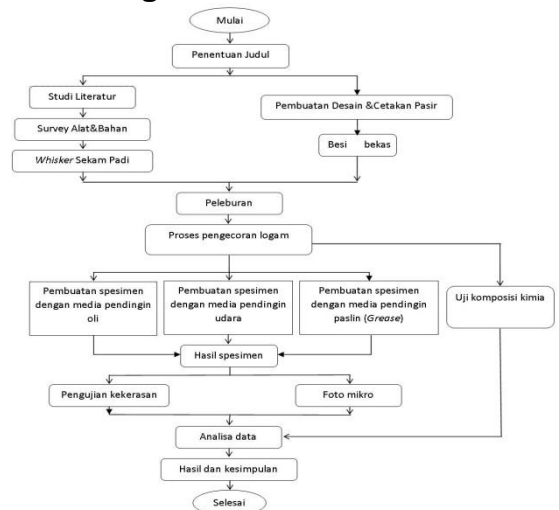
Prinsip dari pengujian kekerasan metode Vickers mirip dengan metode Brinell. Sudut indentor piramida berlian Vickers adalah 136° , Jejak indentasi yang dihasilkan oleh indentor Vickers lebih jelas, daripada jejak indentor dari pengujian metoda Brinell. Sehingga metode ini memiliki akurasi yang lebih baik.

Karena kelebihan ini, maka metoda Vickers lebih banyak digunakan dalam dunia penelitian dan pendidikan. Aplikasi dari metoda ini sangat luas, mulai untuk logam yang memiliki nilai Vickers rendah 5 HV pada logam yang lunak, sampai logam dengan nilai Vicker tinggi sekitar 1500 HV pada logam yang sangat keras.

Beban, yang digunakan sangat bervariasi mulai dari 1kgf sampai 120 kgf, untuk uji kekerasan makro, dan 15 – 1000 gram untuk uji kekerasan makro. Waktu yang digunakan untuk pembebanan

Panjang diagonal dari jejak indentasi diukur dengan menggunakan mikroskop optik, yang biasanya merupakan bagian integral atau satu kesatuan dari peralatan uji Vickers.

6. Metodologi Penelitian



Gambar 3. Diagram alir penelitian

Alat dan bahan penelitian

1) Alat

➤ Alat yang digunakan dalam pembuatan pola cetakan :

- a. Penggaris digunakan untuk mengukur dalam pembuatan pola.
- b. Gergaji digunakan untuk memotong balok kayu sampai membentuk bola yang diinginkan.



Gambar 4. Gergaji kayu

- c. Amplas digunakan untuk menghaluskan pola cetakan yang sudah terbentuk.



Gambar 5. Amplas

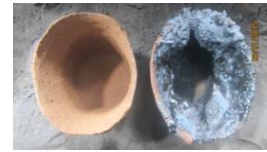
➤ **Alat yang digunakan dalam pengecoran**

- a. Dapur kupola
Dapur kupola adalah dapur yang digunakan untuk melebur besi tuang. Dapur ini berbentuk silindrik tegak, terbuat dari baja dan bagian dalamnya dilapisi dengan batu tahan api.



Gambar 6. Dapur kupola CV. Rekacipta Tehnindo Perkasa

- b. Ladel
Digunakan untuk menuangkan logam cair kedalam cetakan.



Gambar 7. Ladel

➤ **Perlengkapan pembuatan cetakan**

- a. Rangka cetakan



Gambar 8. Rangka cetakan

- b. Pola cetakan



Gambar 9. Pola cetakan

- c. Pematat cetakan



Gambar 10. Pematat cetakan

- d. Alat pembongkar cetakan

Untuk membongkar cetakan digunakan cangkul atau skop. Setelah dibongkar kemudian coran dibersihkan dari bahan cetakan yang menempel.

- e. Spektrometer Emisi

- Uji Komposisi kimia produk/bahan dari Stell/Baja/Beton/Plat
- Uji Komposisi kimia produk/bahan dari Besi Cor (BTK/FCD)
- Unsur yang dapat tereteksi : 19 s/d 20 unsur

(Fe, C, Si, Mn, P, S, Cr, Mo, Ni, Al, B, Co, Cu, Mg, Nb, Pb, Sn, Ti, V, W)

- Identifikasi dan spesifikasi alat uji :
Merk : Hilger
Pembuat : Inggris
No. Seri : E-9 OA701
Kapasitas : 20 unsur terdeteksi secara langsung



Gambar 11. Spektrometer emisi

- Persyaratan sampel uji :
 - Besi cor : sampel uji dicetak pada cetakan logam (Cill Test)Ukuran sampel : standart dari cetakan logamnya



Gambar 12. Cill test

- Baja : sampel uji dapat dipotong langsung dari benda yang akan diuji
- Ukuran sampel uji :
- Diameter : minimal 2 cm, maksimal 10 cm
 - Tebal : min 1 mm, maksimal 100 mm

f. Timbangan digital



Gambar 13. Timbangan digital

2) Bahan

- Besi
- Mangan
- Karbon
- HNO₃
- Pasir cetak



Gambar 14. Pasir cetak
f. Whisker sekam padi



Gambar 15. Whisker sekam padi

g. Oli



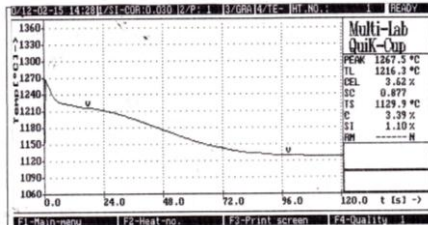
Gambar 16. Oli

h. Grease



Gambar 17. Paslin (grease)

7. Data Hasil Pengujian
 Pengujian Komposisi
 a. Data hasil uji komposisi
 dengan menggunakan
 CE meter



Gambar 18. Print out
 CE meter

Dimana :

- Peak = awal mulai
 Mengukur
 1267,5 °C
- TL = Temperatur Liquid
 1216,3 °C
- CEL = Carbon Equivalen
 3,26%
- SC = Titik jenuh 0,877
- TS = Temperatur padat
 1129,9 °C
- C = Carbon 3,39 %
- SI = Silicon 1,10 %

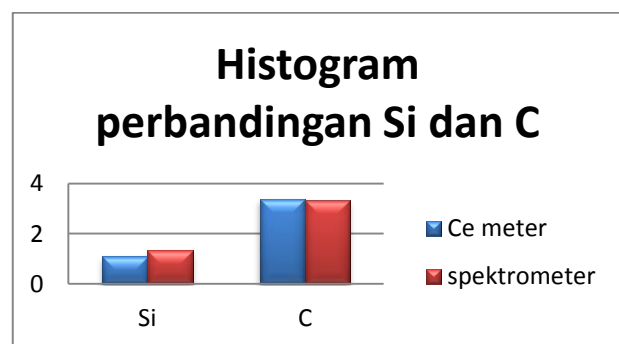
b. Data hasil uji komposisi
 dengan menggunakan
 spektrometer

Tabel 2. Data hasil uji
 komposisi
 dengan
 menggunakan
 spektrometer

Unsur	Smapeluji	
	TEST 15/S1126	StandratDevasi
Fe 2	94,18	0,0699
C	3,33	0,0486
Si	1,34	0,0114
Mn 1	0,380	0,0032
P	0,099	0,0051
S	0,009	0,0009
Cr 1	0,019	0,0006
Mo	0,010	0,0033
Ni 1	0,058	0,0003
Al	0,024	0,0009
B	0,0002	0,0000
Co	0,042	0,0002
Cu	0,159	0,0085
Mg	0,000	0,0000
Nb	0,008	0,0001
Pb	0,0072	0,0001
Sn	0,012	0,0003
Ti	0,002	0,0005
V	0,057	0,0005
W	0,095	0,0017

Tabel3.Tabelperbandingan
 SidanCpadabesi
 cormurnidenganbesi
 corinokulasiwhisker

Pengujian	Kandungan (%)	
	Si	C
Ce meter	1,1	3,39
Spektrometer	1,34	3,33



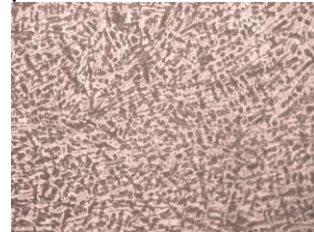
Gambar19.Histogramperba
 ndinganSidanC
 padabesicormur
 nidenganbesicor
 inokulasiwhisker

Dari pengujian yang dilakukan pada besi cor murni dengan menggunakan CE meter didapat nilai C 3,39% dan Si 1,10% sedangkan setelah dilakukan *inokulasi whisker* 10% maka nilai Si naik menjadi 1,34% dan C 3,33%. Pada spesimen besi cor *inokulasi whisker* didapatkan unsur-unsur utama pada spesimen sebagai berikut : Besi (Fe) = 94,18%; karbon (C) = 3,33 %; silicium (Si) = 1,34%. Unsur karbon (C) dan Silium (Si) yang mempengaruhi kekuatan dan kekerasan besi. Unsur silium berperan dalam terbentuknya ikatan karbida yang keras dengan besi, sehingga mempengaruhi kekerasan. Pertambahan kandungan fosfor (P) = 0,099% mengurangi kelarutan karbon dan memperbanyak sementit pada kandungan karbon yang tetap, sehingga struktur menjadi keras, sementit sukar terurai. Kadar mangan (Mn) = 0,380% yang terkandung memberikan pengaruh dapat menaikkan kekuatan, kekerasan, ketahanan aus, dan ketahanan terhadap korosi. Pertambahan kandungan tembaga (Cu) = 0,159% mempengaruhi keuletan serta ketahanan korosi dan menstabilkan grafit. Sedangkan unsure lainnya relative sedikit adalah Ni = 0,058%; S = 0,009%; Cr = 0,019%; Mo = 0,010%; Al = 0,024%; B = 0,0002%; Co = 0,042%; Mg = 0,000; Nb = 0,008%; Pb = 0,0072%; Sn = 0,012%; Ti = 0,002%; V = 0,057%; W = 0,095%.

Pengujian struktur mikro

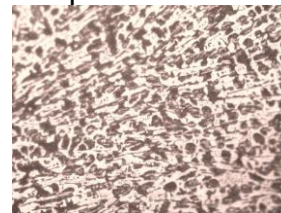
a. Variasi pendinginan dengan media oli

- 1) Foto mikro pembesaran 100 X



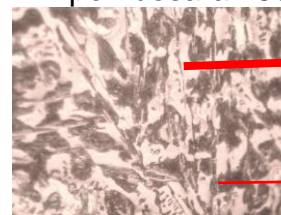
Gambar 20. Foto mikro spesimen besi cor pendinginan oli pembesaran 100X

- 2) Foto mikro pembesaran 200 X



Gambar 21. Foto mikro spesimen besi cor pendinginan oli pembesaran 200 X

- 3) Foto mikro pembesaran 500 X



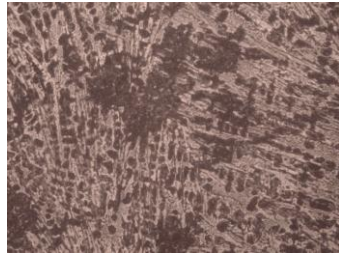
Transformasi ledeburit ke cemented

Perlite

Gambar 22. Foto mikro spesimen besi cor pendinginan oli pembesaran 500 X

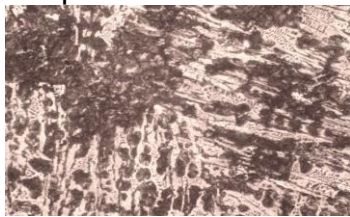
b. Variasi pendinginan dengan media udara

- 1) Foto mikro pembesaran 100 X



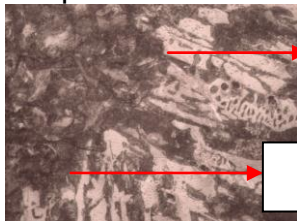
Gambar 23. Foto mikro spesimen besi cor pendinginan udara pembesaran 100 X

2) Foto mikro pembesaran 200 X



Gambar 24. Foto mikro spesimen besi cor pendinginan udara pembesaran 200 X

3) Foto mikro pembesaran 500 X



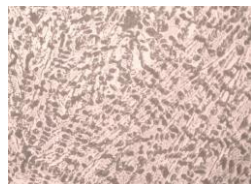
Transformasi ledeburit ke cemented

Perlit

Gambar 25. Foto mikro spesimen besi cor pendinginan udara pembesaran 500 X

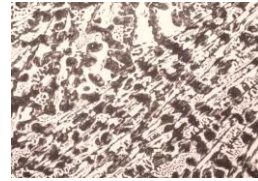
c. Variasi pendinginan dengan media paslin

1) Foto mikro pembesaran 100 X



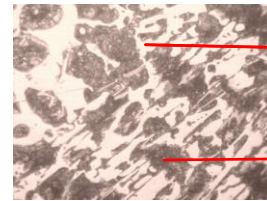
Gambar 26. Foto mikro spesimen besi cor pendinginan paslin pembesaran 100 X

2) Foto mikro pembesaran 200 X



Gambar 27. Foto mikro spesimen besi cor pendinginan paslin pembesaran 200 X

3) Foto mikro pembesaran 500 X



Transformasi ledeburit ke cemented

Perlit

Gambar 28. Foto mikro spesimen besi cor pendinginan paslin pembesaran 500 X

Hasil uji struktur mikro dapat diketahui dengan melihat hasil foto metalografi pada pendinginan terbentuk ledeburit dan cementite. Pada pendinginan udara ledeburite ke cementitnya prosentasenya lebih kecil, di pendinginan menggunakan paslin akan terbentuk cementite yang lebih banyak dibandingkan pada udara dan untuk oli cementite lebih banyak dibandingkan dengan udara maupun paslin serta kandungan ledeburite semakin sedikit dikarenakan pada waktu pendinginan cepat ledeburite yang ada sebagian besar akan berubah menjadi cementite untuk perlit pada pendinginan oli bergerombol besar tidak teratur sedangkan di pendinginan

paslin perlite merata sedangkan di pendinginan udara perlite akan membentuk susunan yang rapi.

Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan yang dilakukan dengan menggunakan metode *Rockwell* dengan beban 1471,5 N, *penetrator* : diamond 120⁰ yang sudah dilengkapi dengan digital screen. Setiap specimen dikenakan 5 titik pembebanan secara acak.

1) Spesimen pendinginan udara

Tabel 4. Data hasil uji kekerasan spesimen pendinginan udara

SAMPEL	KEKERASAN HRC					Rata-rata HRC	Konversi HB	Standart Deviasi
456	48,35	47,57	47,42	48,83	47,85	48,00	455,34	0,58

Keterangan : Kekerasan : HRC
Beban : 1471,5 N
Penetrator : Diamond 120⁰

2) Spesimen pendinginan oli

Tabel 5. Data hasil uji kekerasan spesimen pendinginan oli

SAMPEL	KEKERASAN HRC					Rata-rata HRC	Konversi HB	Standart Deviasi
457	51,08	51,38	52,28	52,03	51,82	51,72	508,27	0,49

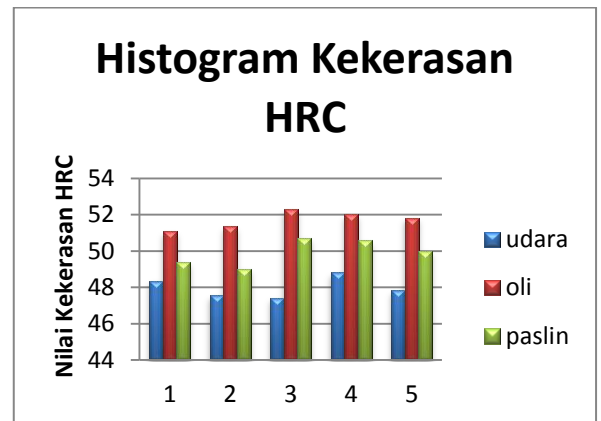
Keterangan : Kekerasan : HRC
Beban : 1471,5 N
Penetrator : Diamond 120⁰

3) Spesimen pendinginan paslin

Tabel 6. specimen pendinginan paslin

SAMPEL	KEKERASAN HRC					Rata-rata HRC	Konversi HB	Standart Deviasi
458	49,39	49,01	50,72	50,56	49,99	49,93	480,72	0,74

Keterangan : Kekerasan : HRC
Beban : 1471,5 N
Penetrator : Diamond 120⁰



Gambar 29. Histogram perbandingan harga kekerasan

Dari data hasil penelitian saat melakukan pengujian kekerasan diperoleh rata-rata kekerasan specimen uji dengan media pendingin udara 455,34 HB, kekerasan specimen uji dengan media pendingin paslin 480,72 HB dan kekerasan specimen uji dengan media pendingin oli 508,27 HB. Kekerasan specimen uji dengan media pendinginan oli lebih tinggi dari specimen dengan media pendinginan udara dan paslin, hal tersebut dikarenakan banyaknya sementit.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan analisa pengujian serta pembahsan data yang diperoleh, dapat disimpulkan :

- 1) Sebelum dilakukan inokulasi penambahkan unsur *whisker* pada besi cor, dimana nilai awal besi cor sebesar C 3,39% dan Si 1,10%. Setelah dilakukan inokulasi

penambahan unsur *whisker* 10% yang dilakukan, maka nilai yang didapat C 3,33% dan Si 1,34%. Perubahan yang terjadi pada unsur C dan Si sangat berpengaruh pada struktur mikro dan sifat mekanik besi cor tersebut.

- 2) Dari data yang diperoleh ternyata media pendingin sangat berpengaruh pada sifat fisis (struktur mikro) dan sifat mekanis (kekerasan). Spesimen yang mempunyai nilai rata-rata kekerasan paling tinggi adalah dengan menggunakan oli 508,27 HBN, paslin 480,72 HBN kemudian udara 455,34 HBN. Kekentalan cairan pendingin sangat mempengaruhi hasil coran, semakin rendah semakin keras.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, S, 2002, Tugas Akhir : *Perbaikan Sifat Mekanis Besi Cor Kelabu Dengan Penambahan Unsur Crom dan Tembaga*, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Andhi, L, dkk, 2007, *Abu Sekam Padi Sebagai Sumber Silika Pada Sintetis Zeloit ZSM-5 Tanpa Menggunakan Templat Anorganik*, Laboratorium Kimia Jurusan Kimia Institut Teknik Sepuluh November Kampus ITS Keputih, Surabaya.
- Andriyanto, T., 2011, Tugas Akhir : *Pengaruh Proses Pendinginan Udara dan Pendinginan Air Terhadap Perlakuan Panas Material Ferro Carbon Ductile (FCD)*, UMS, Surakarta.
- Ardra, *Pengujian Sifat Mekanik Kekerasan Bahan Logam Baja*, <http://ardra.biz/sain-teknologi/metalurgi/besi-baja-iron-steel/pengujian-sifat-mekanik-bahan-logam/pengujian-sifat-mekanik-kekerasan-bahan-logam-baja/>, diakses 23 September 2015, jam 15.00.
- Jan-Jezreel,F.S., dan Rizalinda,L, 2011, *Properties Of Silica From Rice Husk Ash And Their Utilization For Zeloit Y Synthesis*, Departement of Chemical Engineering, Collega of Engineering, University of the Philippines, Quezon City, 1101, Philippines.
- Muhtar, A, dkk, 2013, Tugas akhir : *Pengaruh Media Pendingin Terhadap Beban Impak Material Alumunium Coran*, Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- Mulato, S., *Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Penguat Komposit Karet Alam*, <http://matsci.fisika.ui.ac.id/abstrak/abstrak/srimulato.html>, diakses 23 September 2015, jam 10.50.
- Surdia, T.; Chijiwa, K., 1991, *Teknik Pengecoran Logam*, Cetakan ke-6, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Surdia, T.; Saito, S., 1985, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Edisi ke-4, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Van Vlack; Djaprie, S., 1992, *Ilmu dan Teknologi Bahan*, PT. Erlangga, Jakarta.