ANALISIS CACAT CORAN PADA PRODUK FLY WHEEL HASIL PROSES PENGECORAN MENGGUNAKAN CETAKAN PASIR

Oleh :
Tatang T.^{*)} Roslina^{**) dan Hafid^{***)}}

INTISARI

Analisis cacat coran pada produk roda gila hasil proses pengecoran menggunakan cetakan pasir. Untuk memperbaiki cacat cor dari material besi tuang kelabu, maka dilakukan beberapa pengujian, yaitu : uji visual, pengecekan dimensi, uji metalografi dan uji mekanik. Metode pembuatan cetakan pasir menggunakan mesin double squeeze dengan variasi komposisi kadar air dan bentonit tertentu selanjutnya diteliti pengaruhnya terhadap hasil akhir produk cor. Hasil percobaan yang memberikan komposisi pasir yang optimum adalah : (a) kadar air = 4%, (b) kadar bentonit = 8,36%, (c) kuat geser (gr/cm^2) = 370, (d) kuat tekan (gr/cm^2) = 1.370, (e) kekerasan cetakan (N/mm^2) = 19,85 - 21,4, (f) permeabilitas = 110. Berdasarkan hasil uji visual ada 7 jenis cacat coran, yaitu : (a) rongga gas, (b) pasir rontok, (c) inklusi terak, (d) penyinteran, (e) sirip, (f) kekasaran permukaan, (g) perluasan koreng. Dari pengecekan dimensi diketahui terdapat dua jenis cacat coran, yaitu : (a) pergeseran, (b) penyusutan dalam. Sedangkan hasil uji komposisi kimia dan harga kekerasan telah memenuhi standard JIS G4303 dan JIS 5501.

Kata kunci-kata kunci : roda gila, cetakan pasir, cacat coran.

ABSTRACT

Casting defect analysis of fly wheel product as the results of casting process by using sand moulding. In order to countermeasure casting defect from grey cast iron material, some test should be made, that are : visual test, checking of dimension, metallographic and mechanical test. The research is done on the method of sand molding using double squeeze machine with various composition of water rate and certain bentonite and the influence of it towards the end products as the results of this research. The results indicate the optimum composition of sand as follows : (a) water rate = 4%, (b) bentonite rate = 8.36%, (c) strong to shift (gr/cm^2) = 370, (d) impact (gr/cm^2) = 1.370, (e) hardness of mould (N/mm^2) = 19.85 - 21.4, (f) permeability = 110. Based on the results of the visual test there are 7 casting defect types, that are : (a) blow hole, (b) sand moult, (c) slag inclusion, (d) sintering, (e) fins, (f) the surface roughness, (g) expansion scab. From the result of scrabbing there are two casting defect types, that are : (a) mish match, (b) shrinkage. The testing result found that the chemical composition and hardness value meet with standard of JIS G4303 and JIS 5501.

Keywords : fly wheel, sand moulding, casting defect.

I. PENDAHULUAN

Industri pengecoran merupakan salah satu industri pendukung utama bagi industri logam dan mesin serta peralatan pabriknya, karena hampir semua bagian mesin dan peralatan tidak lepas dari penggunaan komponen cor (*casting*). Dengan demikian peranan dan kaitannya dalam pembangunan secara keseluruhan sangatlah penting.

Teknologi pengecoran adalah salah satu teknik pengerjaan logam yang dapat menghasilkan benda-benda cor yang memiliki tingkat kompleksitas yang tinggi. Pengembangan teknologi pengecoran sebagai

salah satu bentuk teknik fabrikasi logam, sangat diperlukan untuk menghasilkan produk coran dengan karakteristik tertentu yaitu : sifat-sifat mekanik dan fisik yang tinggi, kandungan cacat-cacat pada produk cor yang sangat rendah, penampakan produk cor yang baik, kehalusan permukaan benda cor, ketepatan ukuran benda cor, laju produksi yang tinggi, dan biaya produksi yang rendah.

Penelitian ini difokuskan menganalisis cacat-cacat coran pada produk *fly wheel* hasil proses teknologi pengecoran menggunakan

cetakan pasir yang dilakukan di bengkel (*workshop*) pengecoran MIDC Bandung. Logam dasar yang digunakan adalah besi tuang kelabu (*grey cast iron*) kelas FC 250 dan mesin *double squeeze* sebagai mesin pembuat cetakannya.

Keistimewaan dari bahan tersebut adalah adanya grafit sehingga memiliki sifat melumasi, tahan korosi (udara/atmosfir), dan tahan getaran atau vibrasi. Disamping itu, sifat mampu cornya sangat baik, mudah dimesin dan ongkos pembuatannya murah. Sehingga besi tuang kelabu pemakaiannya sangat luas, mulai dari komponen mesin perkakas sampai dengan komponen otomotif serta berbagai komponen-komponen mesin lainnya untuk berbagai industri seperti *fly wheel* pada motor diesel.

Namun besi tuang kelabu memiliki sifat yang sensitif terhadap ketebalan dinding benda cornya. Akibatnya prosentase cacat coran pada produk *fly wheel* hasil proses pengecoran menggunakan cetakan pasir menjadi sangat tinggi sehingga menurunkan mutu dari produk cor. Hal tersebut merupakan kerugian yang cukup besar terutama terhadap waktu dan biaya produksinya. Bertitik tolak dari permasalahan di atas, maka dilakukan penelitian untuk mengetahui penyebab cacat coran, pengaruhnya terhadap mutu produk dan langkah penanggulangan yang perlu dilakukan.

II. LANDASAN TEORI

2.1. Pasir Cetak

Secara umum dikenal 2 (dua) macam cetakan pasir, yaitu : (1) cetakan pasir basah (*green sand mould*), dan (b) cetakan pasir kering (*dry sand mould*)⁽¹⁾. Baik cetakan basah maupun cetakan kering terdiri dari campuran pasir, pengikat dan air.

Keuntungan cetakan pasir basah antara lain : sangat fleksibel dalam proses produksi, sehingga dapat dipakai berulang-ulang, pembuatan cetakan cepat dan mudah dan setelah cetakan selesai dibuat dapat langsung dituangi logam cair. Tetapi cetakan pasir basah juga mempunyai kelemahan diantaranya : mengakibatkan cacat coran (*casting defect*) bila dituangkan ke dalam cetakan yang mengandung air, tidak dapat digunakan untuk

coran yang rumit serta tidak memiliki ketelitian dimensi dan kehalusan cetakan⁽²⁾.

Cetakan pasir kering relatif lebih mahal dibandingkan cetakan pasir basah dan mempunyai beberapa keuntungan antar lain : lebih kuat, memiliki cetakan yang keras setelah dipanggang dan hanya mengandung sedikit air dan gas-gas perusak lainnya dan memiliki ukuran yang relatif teliti⁽²⁾.

Cetakan pasir yang digunakan dalam industri pengecoran logam dapat dibagi 2 (dua), yaitu⁽³⁾ : (1) cetakan pasir dengan bahan pengikat lempung, (2) cetakan pasir dengan bahan pengikat khusus seperti kaca air, semen, damar, dan sebagainya. Bahan untuk pasir cetak dengan pengikat lempung dapat terbagi dalam 2 (dua) golongan, yaitu : (a) bahan utama, dan (b) bahan tambahan (*additive material*). Bahan utama disini dapat diartikan sebagai bahan yang harus ada dalam pembuatan cetakan, terdiri dari pasir silika, lempung, dan air. Sedangkan bahan tambahannya yang berupa grafit atau *seacoal* yang dimaksudkan untuk menambah berbagai sifat pasir cetak.

2.2. Pembuatan Pasir Cetak

Dalam industri pengecoran, cetakan memegang peranan yang sangat penting. Beberapa metode telah dikembangkan dalam pembuatan cetakan, diantaranya adalah pembuatan cetakan pasir.

Cetakan pasir dapat dibuat dengan tangan atau secara mekanis. Pembuatan cetakan dengan tangan dilaksanakan jika jumlah produksinya kecil, bentuk coran yang sulit yang sukar dibuat oleh mesin pembuat cetakan, atau coran yang besar sekali.

Dalam produksi massal, pembuatan cetakan dengan menggunakan mesin sangat efisien dan menjamin produksi cetakan yang baik. Mesin pembuat cetakan dipilih mengingat ukuran, bentuk, berat, jumlah produksi coran dan sebagainya. Umumnya untuk coran yang kecil dan untuk cetakan yang besar dipakai mesin besar, walaupun demikian kadang-kadang mesin besar dipakai untuk coran yang kecil dengan membuat cetakan kecil dalam jumlah banyak dalam satu rangka cetakan secara bersama-sama.

Mesin yang digunakan antara lain adalah mesin guncang, mesin pendesak, mesin guncang desak, mesin tekanan tinggi, mesin desak tiup, mesin pelempar pasir, dan *double squeeze moulding machine*.

Double squeeze moulding machine seperti ditunjukkan pada gambar 1 adalah mesin pembuat cetakan yang menggunakan 3 (tiga) buah proses desakan, yaitu⁽⁴⁾:

1. Desakan A : pendesakan ke atas dari balik cetakan setelah pasir dimasukkan ke dalam *flask*.
2. Desakan B : pendesakan ke bawah dari permukaan daerah pemisah, dinamakan juga pendesakan pola.
3. Desakan C : pendesakan ke atas untuk menyeimbangkan cetakan dari desakan B.

Gambar 1. *Double squeeze moulding machine*.

2.3. Besi Tuang/Cor

Besi tuang/cor adalah paduan antara zat besi (Fe) dengan karbon (C), serta unsur-unsur lainnya, seperti mangan (Mn), silicon (Si), pospor (P), dan belerang (S)⁽⁵⁾. Besi tuang mempunyai kandungan karbon lebih besar dari baja, yaitu berkisar antar 2,0 – 5,6 C tergantung dari sifat-sifat yang dikehendaki.

Besi tuang dapat diklasifikasikan menjadi 4 (empat) macam berdasarkan jenis struktur dan warna patahannya, yaitu⁽⁶⁾:

1. Besi tuang kelabu (*grey cast iron*)
2. Besi tuang putih (*white cast iron*)
3. Besi tuang nodular (*nodular cast iron*)
4. Besi tuang *malleable* (*malleable cast iron*)

Besi tuang kelabu mempunyai karakteristik tertentu, diantaranya adalah:

- Warna patahannya kelabu, hal ini disebabkan oleh adanya karbon (C) bebas dalam bentuk grafit yang terjadi pada waktu pembekuan di dalam besi tuang.
- Memiliki bentuk grafit yang serpih.
- Mempunyai berat jenis sebesar 7,25 gr/cm³.
- Mempunyai titik cair sebesar 1.150 – 1.250 °C.
- Mempunyai temperatur tuang ± 1.350 °C.
- Mempunyai kekuatan tarik sebesar 10-35 kgf/mm². Kekuatan tarik dari besi tuang kelabu tergantung pada jumlah dan bentuk dari grafitnya.
- Penyusutan yang mungkin terjadi sebesar 0,6 – 1,3 %.

Kandungan unsur-unsur di dalam besi tuang kelabu sangat menentukan sifat-sifat material yang digunakan. Pada tabel 1 ditunjukkan contoh *range* komposisi dari besi tuang kelabu yang telah distandarisasi oleh JIS.

Tabel 1. Kandungan unsur kimia setiap jenis besi tuang kelabu⁽⁷⁾

Jenis Besi Tuang Kelabu	% C	% Si	% Mn	% P	% S
FC 100	0,6 – 0,8	0,6 – 0,8	0,5 – 0,7	<0,20	<0,20
FC 150	0,6 – 0,8	0,6 – 0,8	0,5 – 0,7	<0,20	<0,20
FC 200	0,6 – 0,8	0,6 – 0,8	0,5 – 0,7	<0,20	<0,20
FC 250	0,6 – 0,8	0,6 – 0,8	0,5 – 0,7	<0,20	<0,20
FC 300	0,6 – 0,8	0,6 – 0,8	0,6 – 0,8	<0,20	<0,20
FC 350	0,6 – 0,8	0,6 – 0,8	0,6 – 0,8	<0,20	<0,20

2.4. Pemeriksaan Produk Coran

Setelah mengalami beberapa tahapan proses pengecoran, yaitu⁽⁸⁾: pembuatan pola, pembuatan cetakan, pencairan logam, penuangan logam cair, dan pengerjaan akhir yang meliputi pembongkaran dan pembersihan coran (*fettling*). Kemudian dilakukan pemeriksaan terhadap benda cor. Pemeriksaan itu meliputi pemeriksaan dimensi/ukuran benda cor (*scrabbing*), pengujian struktur mikro benda coran, pengujian kekerasan, pengujian kekuatan tarik dari produk coran tersebut, pengujian komposisi kimia, dan pemeriksaan ada tidaknya cacat pada benda coran yang dihasilkan. Selanjutnya dilakukan *finishing* di bagian permesinan. Lebih jelasnya tahapan proses pengecoran tersebut dapat dilihat pada gambar 2.

Gambar 2. Diagram alir pengecoran ⁽⁸⁾.

Gambar 3. Diagram alir penelitian.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Untuk melakukan analisis cacat coran produk *fly wheel* dari bahan dasar besi tuang kelabu kelas FC 250, terlebih dahulu dibuat cetakan pasir dengan menggunakan mesin *double squeeze* otomatis. Dalam pembuatan cetakan pasir dilakukan percobaan sebanyak 3 (tiga) kali dengan variasi kadar air dan bentonit, dilanjutkan pengujian pasir untuk melihat pengaruh terhadap produk *fly wheel* yang dihasilkan. Setelah itu dilakukan pengecekan dimensi, pengujian komposisi kimia, pengujian kekerasan, pengujian kuat tarik, pengujian metalografi, dan analisis cacat coran berdasarkan foto produk atau secara visual. Urutan langkah penelitiannya ditunjukkan pada gambar 3.

3.1. Prosedur Pembuatan Cetakan Pasir

Pada proses pembuatan cetakan pasir digunakan pola kayu dan *flask* dengan ukuran 650 x 550 x 200 mm. Selanjutnya dilakukan pencampuran pasir silika yang mempunyai AFS-GFN 60-70 sebesar 80-90 %, Na bentonit sebesar 7-9 %, air sebesar 3,5-4,5 %, dan *seacol* sebesar 0,5-1 %. Urutan pembuatan cetakan pasir adalah sebagai berikut :

1. Memasukkan rangka cetakan secara otomatis di atas meja.
2. Memasukkan pasir dari *hoper* pasir yang dilakukan dengan desakan dan guncangan amplitud kecil dan frekuensi tinggi.
3. Pendesakan pada mesin *double squeeze* dengan 3 kali pendesakan : A, B, dan C.
4. Penarikan pola setelah itu sebelum dilakukan penutupan cetakan.
5. Cetakan pasir diuji kekerasannya baik untuk bagian *cope* maupun *drag*nya.
6. Penutupan cetakan yaitu mempertemukan antara bagian *cope* dan *drag*, selanjutnya dibawa ke bagian penuangan.

3.2. Prosedur Pengujian

1. Pengecekan dimensi

Produk *fly wheel* yang telah melalui proses pembersihan pasir cetak dengan cara *shot blasting* dan telah dipotong saluran tuangnya. Selanjutnya diperiksa dimensinya dengan cara *scrabbing* untuk memastikan apakah ukuran dimensinya sesuai dengan gambar teknik yang sudah ada.

2. Pengujian komposisi kimia

Metode yang digunakan untuk mengetahui komposisi kimia yang terdapat dalam sampel uji adalah metode spektrometri. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui kandungan unsur-unsur yang terdapat pada sampel *fly wheel* dan untuk melihat kesesuaian komposisi antara material hasil cor dengan standar FC 250 dan JIS G4303.

3. Pengujian kekerasan

Untuk mengetahui nilai kekerasan produk *fly wheel* dilakukan pengujian kekerasan. Lokasi pengujian kekerasan dilakukan pada penampang melintang daerah *gate* atau saluran masuk.

4. Pengujian kuat tarik

Dilakukan dengan maksudkan untuk mengetahui sampai dimana beban yang diijinkan pada material produk cor kemudian dilihat kesesuaiannya terhadap standar JIS G 5501-1999. Ukuran-ukuran dari batang sampel uji tarik yang digunakan dapat dilihat pada tabel 2.

Langkah-langkah pengujian yang dilakukan adalah :

- a. Benda uji dicekam pada mesin uji tarik dengan pengaturan tinggi dari meja mesin penguji.
- b. Mesin di *setting*.
- c. Pemberian beban, ditarik sampai benda uji putus.
- d. Benda uji dilepas dan dilakukan pengukuran besarnya kekuatan tariknya.

Tabel 2. Ukuran batang uji tarik menurut standar JIS Z-2201⁽⁷⁾

No	Dimensi coran dari sampel (diameter)	Panjang Paralel (P)	Diameter (D)	Radius Filet (R)
1	13	8	8	> 16
2	20	12,5	12,5	> 25
3	30	20	20	> 40

Catatan : satuan dalam mm

5. Pemeriksaan Metalografi

Sampel yang telah memenuhi syarat untuk dianalisis kemudian diamati di bawah mikroskop. Kemudian struktur mikronya difoto, pembesaran foto yang dipakai adalah 100x yaitu untuk memudahkan dalam memperoleh informasi adanya perlit dalam struktur mikro material dan juga struktur grafitnya.

6. Analisis cacat coran secara visual

Dilakukan dengan cara melihat cacat-cacat yang terjadi pada hasil coran roda gila. Dilanjutkan analisis penyebab dan pencegahannya, apakah cacat tersebut terjadi pada saat pembuatan pola, proses peleburan dan penuangan atau pada saat pembongkaran.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pembuatan Pasir Cetak

Fasilitas yang terdapat di bengkel pengecoran MIDC adalah mesin cetak otomatis yaitu mesin *double squeeze* yang merupakan bantuan peralatan dari proyek SIDCAST JICA Jepang. Mesin tersebut mempunyai kemampuan cukup tinggi dalam pembuatan cetakan.

Pembuatan cetakan pasir menggunakan mesin *double squeeze* didasarkan pertimbangan :

1. Efisien dan menjamin suatu produksi cetakan yang baik.
2. Mampu bentuk yang baik dan waktu pembuatan cetakan yang cukup singkat.
3. Mampu mengerjakan cetakan dengan ukuran, bentuk, dan berat yang cukup besar.

Sedangkan pertimbangan digunakannya pasir cetak adalah :

1. Pasir silika mempunyai sifat-sifat yang diperlukan sebagai komponen utama pasir cetak, harganya cukup murah, mudah dibentuk, mempunyai permeabilitas pasir yang cukup baik, sesuai dengan besi tuang yang digunakan sebagai logam cairnya, selain itu dapat dipakai berulang-ulang.
2. Bentonit mempunyai daya ikat yang tinggi, membuat pasir cetak mudah dibentuk dan memiliki kekuatan yang cukup baik.
3. *Sea coal* mempunyai sifat mudah terbakar sehingga menimbulkan kekosongan pada cetakan pasir. Kekosongan menjadi jalan bagi keluarnya gas-gas yang terperangkap di dalam cetakan pasir sehingga cacat akibat penetrasi dari gas dapat dihindari. Kekosongan juga mempunyai fungsi untuk menghindari adanya pengembangan dari cairan besi tuang kelabu yang dituang dalam cetakan.

Adapun variasi komposisi kadar air dan bentonit dalam pembuatan cetakan pasir adalah dapat dilihat pada tabel 3. Pada pengujian pasir cetak yang dipergunakan pada pembuatan cetakan dicoba variasi kadar air sebanyak 3,5 %, 4,0 %, 4,5 % dengan kadar bentonit berturut-turut sebesar 7,34, 8,14 dan 8,36 % dan pada pembuatan cetakan *green sand* diteliti pengaruhnya terhadap hasil akhir produk roda gila sehingga didapat hasil yang optimum. Gambar 4 memperlihatkan bentuk dari cetakan pasir.

Tabel 3. Pengujian pasir cetak

Sampel	Kadar air (%)	Kuat tekan (gr/cm ²)	Kuat geser (gr/cm ²)	Permeability	Kadar bentonite (%)
1	3,5	1300	350	104	7,34
2	4,0	1370	370	110	8,14
3	4,5	1320	360	110	8,36

Gambar 4a. Cetakan pasir bagian atas.

Gambar 4b. Cetakan pasir bagian bawah.

4.2. Analisis Hasil Produk Coran

Produk *fly wheel* hasil pengerjaan akhir pengecoran yang telah melalui proses pembersihan pasir cetak dengan cara *shot blasting* dapat dilihat pada gambar 5.

Gambar 5a. Produk *fly wheel* tampak atas.

Gambar 5b. Produk *fly wheel* tampak bawah.

4.2.1. Pengecekan Dimensi

Dari beberapa pengecekan dimensi (*scrabbing*) diperoleh beberapa hasil yang berbeda antara ukuran produk dan gambar desain yang dibuat. Ada beberapa perbedaan ukuran ketinggian antara daerah referensi dengan daerah permesinan sekitar 0,5 hingga 1 mm. Begitu pula dengan daerah pengukuran radius(R) berbeda dengan R pada gambar desain. Hal tersebut terjadi karena pada daerah permesinan dan daerah R terjadi penyusutan dalam (*shrinkage*). Selain itu pada proses

scrabbing juga ditemukan adanya ketidakcocokan antara bagian *cope* dan *drag* dimana pada bagian *cope* terjadi pergeseran (*miss match*), sehingga dapat disimpulkan bahwa terjadi cacat coran pada produk-produk roda gila hasil coran tersebut.

Cacat-cacat coran pada pengecekan dimensi produk *fly wheel* dapat diklasifikasikan menjadi dua macam, yaitu :

1. Cacat coran jenis pergeseran (*miss match*).
Adalah cacat coran yang terjadi dimana coran tidak cocok satu sama lain pada permukaan pisahnya dan terjadi karena beberapa hal.

2. Cacat coran jenis penyusutan dalam (*shrinkage*).

Adalah cacat coran yang terjadi dimana terbentuk lubang cacat karena pengecilan yang terjadi ketika logam membeku. Bagian dalamnya biasanya dikelilingi oleh kristal-kristal *dendrite* dan cacat ini tidak tampak di permukaan.

Shrinkage dapat terjadi karena sebab-sebab tertentu. Kalau logam membeku, tiap bagian coran yang berbeda bentuknya akan mempunyai kecepatan pembekuan yang berbeda. Sehingga cacat tersebut mudah terjadi pada bagian yang paling lambat membeku. Selama pembekuan besi cor mengalami penyusutan rata-rata 2,0 %. Tetapi besi cor mengembang sesuai dengan bertambahnya tebal irisan dan berubah menjadi penyusutan apabila tebal irisannya berkurang. Besi cor yang berkadar karbon 3,4 % mengalami pemuaian pada ketebalan 25 mm, tetapi kalau jumlah kadar karbon lebih kecil ia akan mengalami penyusutan. Dalam penggunaan cetakan basah, besi cor dapat digolongkan pada jenis menyusut.

Untuk mengurangi bahkan menghilangkan penyebab cacat *miss match* dan *shrinkage* diperlukan upaya pencegahannya, seperti dilihat pada tabel 4 dan tabel 5.

Tabel 4. Penyebab dan pencegahan cacat *miss match*

No	Penyebab	Pencegahan
1	Pergeseran titik tengah pola, atau pergeseran pena.	Memastikan tingkat ketepatan dari pola.
2	Pergeseran titik tengah dari pelat pola.	Berhati-hati dalam mencocokkan titik tengah dari bagian <i>cope</i> dan <i>drag</i>
3	Lepasnya pena pemaad dari rangka cetak	Memastikan tingkat ketepatan dari pena pemandu dan kekuatan dari rangka cetak

Tabel 5. Penyebab dan pencegahan cacat *shrinkage*

No	Penyebab	Pencegahan
1	Temperatur penuangan terlalu rendah menyebabkan saluran masuk membeku lebih dulu, oleh karena itu pengisian menjadi lebih sukar.	Karena dimensi benda masih dalam toleransi maka tidak dilakukan perubahan.
2	Bahan-bahan muatan mempunyai banyak karat dan kotoran.	Radius diperbesar untuk menghindari terjadinya konsentrasi panas yang menyebabkan penyusutan
3	Bagian coran yang cekung terlalu tajam atau terlalu kecil (radius terlalu kecil).	-

4.2.2. Analisis Hasil Uji Komposisi Kimia

Pada tabel 6 ditunjukkan hasil pengujian/pemeriksaan komposisi kimia melalui metode spektrometri yang dibandingkan dengan komposisi kimia standar JIS.G4303 dari FC 250. Dari tabel tersebut diketahui bahwa komposisi kimia untuk unsur-unsur C, Si, Mn, P, dan S pada percobaan pertama sampai dengan ketiga termasuk dalam batasan komposisi kimia *standar* yang diberikan.

Tabel 6. Hasil pengujian produk *fly wheel* dibandingkan dengan *standard*

Unsur	Standar FC 250 JIS.G4303	Hasil Pengujian Wt (%)		
C	3,2 – 3,5	3,47	3,41	3,45
Si	1,6 – 2,2	1,92	2,07	2,00
Mn	0,5 – 0,7	0,735	0,755	0,746
P	< 0,15	0,0187	0,0177	0,0199
S	< 0,10	0,0282	0,0540	0,0405
Hardness : HB 2,5/187,5/30	Standar JIS.G 5501 241 HB (maksimum)	238-249	243-269	232-243
Kekuatan Tarik (Kg/mm ²)	Standar JIS.G 5501 25 (minimal)	31,98	33,82	30,25

4.2.3. Analisis Hasil Uji Kekerasan.

Dari hasil pengujian kekerasan dengan alat uji Brinnel dengan beban sebesar 3000 kgf yang dibandingkan dengan komposisi kimia standar JIS.G 5501 dari FC 250, seperti terlihat pada tabel 6. Diperoleh bahwa harga kekerasan material (rata-rata) dari 3 percobaan mendekati harga kekerasan maksimum dari FC 250 yaitu sebesar 238-269 HB.

4.2.4. Analisis Hasil Uji Kuat Tarik

Dilihat dari hasil pengujian kuat tarik melalui metode spektrometri yang dibandingkan dengan komposisi kimia standar JIS.G4303 dari FC 250, seperti ditunjukkan pada tabel 6. Diperoleh bahwa harga kekuatan tarik dari material FC 250 (rata-rata) pada 3 percobaan mendekati harga kekuatan tarik minimum dari FC 250 yaitu sebesar 25 kg/mm².

4.2.5. Analisis Hasil Metalografi

Pada gambar 6 s/d 9 diperlihatkan foto struktur mikro tanpa etsa dan foto struktur mikro dengan etsa yang menggunakan pembesaran 100x dan 400x dari hasil pengujian metalografi pada percobaan kedua. Foto struktur mikro tanpa etsa dengan pembesaran 100x dibandingkan terhadap atlas struktur mikro dari ASTM spesifikasi A-247 memperlihatkan struktur mikro yang khas dari besi tuang kelabu FC 250 setelah dicor. Struktur mikro tersebut mempunyai serpih-serpih grafit terbagi rata dan orientasinya sembarang (struktur A), dengan sedikit struktur grafit pengelompokan *rosette* (type C). Sedangkan hasil pengamatan foto struktur mikro dengan etsa natal 2 % menggunakan pembesaran 100x, memperlihatkan struktur mikro terbentuknya ferit dan pearlit. Dengan membandingkan pada diagram fase biner besi-karbon dapat diperoleh perbandingan fase-fase apa saja yang terjadi pada struktur mikro besi tuang kelabu FC 250 dengan komposisi karbon sebesar 3,3565 % tersebut. Pada perbandingan tersebut dapat dilihat bahwa saat titik pembekuan terakhir dengan kandungan karbon sebesar 3 % akan terbentuk fase ferit berupa grafit dan fase pearlit yang merupakan gabungan fase ferit (α) dan fase sementit (Fe_3C). Jadi terbukti bahwa dengan kandungan

karbon sebesar 3-3,5 % pada saat pembekuan terakhir pada besi tuang kelabu FC 250 akan terbentuk ferit dan pearlit.

Tidak dietsa

100x

Gambar 6.. Struktur mikro besi tuang kelabu FC 250, bentuk grafit tersebar merata orientasi sebarang (tipe A), dengan sedikit distribusi grafit bentuk rosette (type B), komposisi C 3.47 %, Si 1,92 %, Mn 0.735 %, P 0.0187 %, Si 0.0282 %.

Tidak dietsa

400x

Gambar 7. Struktur mikro besi tuang kelabu FC 250, bentuk grafit tersebar merata orientasi sebarang (tipe A), dengan sedikit distribusi grafit bentuk rosette (type B), komposisi C 3.41 %, Si 2,07 %, Mn 0.755 %, S 0.0540 %

Etsa Nital 2%

100x

Gambar 8. Struktur Mikro Besi Tuang Kelabu FC 250, Dengan matrik perlitik, bagian putih ferit, Hitam pearlit, hitam serpih grafit, komposisi C 3.41 %, Si 2,07 %, Mn 0,755 %, P 0.0177 %, S 0.0540 %.

Etsa Nital 2%

400x

Gambar 9. Struktur Mikro Besi Tuang Kelabu FC 250, dengan matrik perlitik, bagian putih ferrit, hitam pearlit, hitam serpih grafit, komposisi C 3.41 %, Si 2.07 %, Mn 0.755 %, P 0.0177 %, S 0.0540 %.

4.2.6. Analisis Cacat Coran Secara Visual

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan, seperti ditunjukkan pada tabel 7 dan gambar 10, maka diketahui cacat-cacat yang terjadi pada produk *fly wheel*. Hasil pengamatan secara langsung atau secara visual terlihat dapat dilihat pada foto-foto yang ditunjukkan pada gambar 11 s/d 16.

Tabel 7. Jenis cacat tuang secara visual

Jenis cacat	Banyaknya (%)		
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3
1. Inklusi terak	17	2	22
2. Sintering	0	1	0
3. Sirip	0	0	2
4. <i>Scrabbing</i>	25	5	16
5. <i>Blow hole</i>	0	0	2

Gambar. 10. Presentasi cacat yang terjadi.

Gambar 11. Jenis cacat coran inklusi pasir

Gambar 12. Jenis cacat cetakan rontok

Gambar 13. Jenis cacat *scabbing*.

Gambar 14. Jenis cacat coran sirip (*fins*)

Gambar 15. Jenis cacat coran sintering.

Gambar 16. Jenis cacat coran rongga udara (*Blow Hole*)

Berdasarkan foto produk *fly wheel* secara visual seperti ditunjukkan gambar 11 s/d gambar 16 diketahui 7 jenis cacat coran, yaitu :

1. Cacat coran jenis rongga gas (*blow hole*)
Terjadi pada saat kesetimbangan antara tekanan balik pada cetakan dan tekanan yang dilepaskan oleh gas dari logam cair yang masuk ke dalam cetakan. Cacat coran jenis rongga gas ini berbentuk cekungan atau mempunyai bentuk yang rata dengan permukaan dalam yang halus.
2. Cacat coran jenis pasir rontok
Terjadi karena pecahnya cetakan, pecahan pasir akan menyebabkan inklusi pasir di tempat yang lain, inklusi pasir akan menimbulkan adanya bentuk bengkakan yang tak menentu di tempat tersebut.
3. Cacat coran jenis inklusi terak
Berupa rongga-rongga pada permukaan produk coran yang terjadi karena adanya terak yang terbawa masuk ke dalam *cavity* pada saat proses penuangan logam cair ke dalam cetakan dan menempel di sekitar daerah antara logam cair dengan dinding dari cetakan pasir.

4. Cacat coran jenis *sintering*

Terjadi dimana campuran halus antara logam dan pasir disebabkan sebagian pasir muka dari cetakan bercampur dan melekat pada permukaan coran. Cacat coran jenis ini tampak jelas pada permukaan produk coran berupa tonjolan pada permukaan produk coran tersebut.

5. Cacat coran jenis sirip (*fins*)

Terjadi dimana sirip berupa lembaran yang tipis dari besi tuang pada daerah permukaan pisah dari cetakan.

6. Cacat coran jenis kekasaran permukaan cetakan

Terjadi dimana terjadi penetrasi dari logam cair ke dalam cetakan pasir. Pasir cetak yang terlepas karena erosi dari permukaan cetakan disebabkan jatuhnya pasir dari bagian *cope* yang melemah karena tingginya temperatur dari logam cair yang digunakan. Bisa juga diakibatkan oleh pengikat pasir yang kurang baik sehingga butir-butir pasir terlepas dari ikatannya dan bergerak dalam rongga cetakan, terutama di permukaan *cope* yang akan mengakibatkan inklusi pasir.

Dari data yang diperoleh bahwa penguapan air di dalam cetakan yaitu 0,25 %/jam. Waktu yang diperlukan dari pembuatan cetakan sampai ke penuangan 2 jam. Untuk mendapatkan kekuatan cetakan yang maksimum perlu ditambahkan kadar air 0,5 %.

7. Cacat *expansion scabs*

Cacat ini terjadi pada daerah kondensasi basah dengan kekuatan yang rendah, yang diikuti dengan pembentukan "*Crust*" dari pasir kering yang berkembang dan ditahan oleh tekanan dari dinding cetakan. Gaya tekan *crust* ini melawan pasir yang disebabkan oleh adanya logam cair, menyebabkan pasir ambruk/hancur. Logam cair yang tersaring pada bagian kosong dibelakang *crust* membentuk lapisan tipis yang menekan *scabs*.

Untuk mengurangi atau menghilangkan penyebab dari ke 7 jenis cacat coran seperti diuraikan di atas maka dilakukan upaya-upaya pencegahannya, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 8 sampai dengan tabel 13 (lampiran).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Dari hasil pengecekan dimensi produk *fly wheel* terdapat dua macam cacat coran, yaitu : (a) cacat *miss match*, (b) cacat *shrinkage*. Cacat *shrinkage* terdapat pada daerah-daerah permesinan yang masih dalam batas toleransi dan dapat dihilangkan saat dilakukan tahap *finishing*. Sehingga cacat tersebut tidak begitu mengganggu jalannya proses pengecoran yang dilakukan.
2. Hasil uji komposisi kimia dan harga kekerasan dari benda cor adalah sesuai dengan persyaratan pada Standard JIS G4303 dan JIS 5501 (tabel 6).
3. Hasil analisis foto produk *fly wheel* secara visual ada 7 jenis cacat coran, yaitu : (a) *blow hole*, (b) pasir rontok, (c) inklusi terak, (d) *sintering*, (e) sirip, (f) kekasaran permukaan, (g) *expantion scab*. Dengan perbandingan 10 % cacat berat dan 90 % cacat ringan, sehingga masih dapat dilakukan perbaikan pada cacat-cacat tersebut.
4. Diharapkan cacat coran yang terjadi seperti cacat coran jenis kekasaran permukaan yang diakibatkan oleh erosi dan cacat lainnya dapat ditekan seminimal mungkin.
5. Dari hasil percobaan 1 s/d 3, maka diambil kondisi pasir cetak pada percobaan ke-2 dengan komposisi : (a) kadar air = 4, (b) kadar bentonit = 8,36, (c) kuat geser (gr/cm^2) = 370, (d) kuat tekan (gr/cm^2) = 1370, (e) kekerasan cetakan (N/mm^2) = 19,85 -21,4, (f) *permeability* =110.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kepada Bapak Dr. Ir. Abdul Wahid Msc. Yaitu Ka. Puslitbang Teknologi BPPI Departemen Perindustrian, Jakarta yang telah memberikan bimbingan dan sarannya dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Heine, Richard W, "*Principle of Metal Casting*", Tata Mc. Graw Hill, New Delhi, 1987, India, hal.60.
2. Bambang Indrayadi, Ferry S. Umar, "*Pengaruh Bentuk Riser Terhadap Cacat Permukaan Coran Aluminium Cetakan Pasir*", Jurnal teknologi Politek, Universitas Brawijaya, Malang, 2003, hal. 67.
3. Roslina, "*Analisis Proses Pengecoran Pembuatan Roda Gila Di Balai Besar Logam dan Mesin*", Tugas Akhir Metalurgi Unjani, Bandung, 2004, hal. 18.
4. MIDC, "*Development For Casting technology*", MIDC, Bandung, 2002, hal. 1.
5. Tata Surdia dan Kenjii Chijiwa, "*Teknologi Pengecoran Logam*", Cetakan Kedua, Penerbit PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 1976.
6. BBLM, "*Pengembangan Teknologi Pembuatan Produk Besi Cor Nodular Di Sentra Industri Kecil Pengecoran Logam*", Laporan Studi BBLM, Deperindag. Bandung.
7. Agus Hermawan, "*Penelitian Benda Cor Tanpa Riser Pada Besi Cor Nodular*", Tugas Akhir Teknik Metalurgi Unjani, Bandung, hal. 61.
8. Rochim Suratman, "*Karakteristik Berkualitas Tinggi*", Seminar on Iron Casting Technology, MIDC dan JICA Jepang, Bandung, 20 Maret 2003, hal. 10.

*) , **) dan ***) Peneliti BBLM/MIDC Departemen Perindustrian, Bandung.

Tabel 8. Penyebab dan pencegahan cacat rongga gas

No	Penyebab	Pencegahan
1	Tingkat permeabilitas yang rendah dari cetakan pasir.	Meningkatkan temperatur tuang.
2	Banyaknya gas yang terbentuk dalam waktu yang singkat pada cetakan.	Mengeringkan ladle dengan baik.
3	Gas dari logam cair dilepaskan selama pembekuan dan sebagian tersisa di dalam coran.	Jangan menggunakan logam cair yang dapat dengan mudah teroksidasi.
4	Gas yang terbentuk akibat dari reaksi bahan-bahan pasir cetak dengan logam cair memasuki coran dan terjebak di dalamnya.	Memeriksa dengan cermat sistem saluran agar logam cair dapat dengan lancar melalui sistem saluran tersebut.

Tabel 9. Penyebab dan pencegahan cacat coran jenis pasir rontok

No	Penyebab	Pencegahan
1	Bagian yang lemah dari cetakan pecah karena penarikan pola yang tidak hati-hati, atau akibat dari kemiringan pola yang tidak cukup.	Memperbaiki cetakan dengan baik.
2	Kekuatan pasir yang tidak cukup tinggi.	Berhati-hati agar tidak menjatuhkan pasir dalam pengerjaan penutupan cetakan pasir.

Tabel 10. Penyebab dan pencegahan cacat coran jenis inklusi terak

No	Penyebab	Pencegahan
1	Oksidasi logam cair.	Memperbaiki cetakan dengan baik.
2	Penyingkiran terak dari permukaan cairan logam dalam ladle tidak cukup.	Waktu penuangan dipercepat.
3	Waktu penuangan yang terlalu lama.	-
4	Perencanaan saluran turun tidak sempurna.	-

Tabel 11. Penyebab dan pencegahan cacat coran jenis *sintering*

No	Penyebab	Pencegahan
1	Temperatur penuangan yang terlalu tinggi.	Harus dipergunakan pasir yang mempunyai tahanan panas yang tinggi.
2	Pasir terlalu kasar dan penumbukan yang tidak cukup.	Harus mempergunakan pasir yang mempunyai daerah distribusi luas.
3	Pasir mempunyai tahanan panas yang kurang.	<i>Seacoal</i> harus dicampurkan dengan baik ke dalam pasir.
4	Pengikat yang terlalu banyak.	-

Tabel 12. Penyebab dan pencegahan cacat coran jenis sirip

No	Penyebab	Pencegahan
1	Saat penutupan cetakan pasir tidak baik sehingga terdapat sedikit celah pada permukaan pisah, yang mengakibatkan logam cair melakukan penetrasi ke daerah permukaan pisah.	Meningkatkan berat dari pemberat yang digunakan untuk mencegah terjadinya <i>swelling</i>
2	-	Hindari penghalusan permukaan cetakan yang terlalu banyak.
3	-	Berhati-hati pada saat penutupan cetakan.

Tabel 13. Penyebab dan pencegahan cacat kekasaran permukaan cetakan

No	Penyebab	Pencegahan
1	Tingginya temperatur dari logam cair.	Memperendah temperatur tuang
2	Komposisi bentonit yang kurang baik.	Mengoptimalkan pemakaian bahan baku dari cetakan pasir yang digunakan.
3	Waktu tuang yang terlalu lama.	-
4	Lubang angin yang kurang pada cetakan.	-
5	Kekuatan dan kekerasan pasir yang terlalu rendah.	-