

STUDI PENGARUH KOMPOSISI KIMIA DAN KETEBALAN CORAN TERHADAP STRUKTUR MIKRO BESI COR PADA KASUS PEMBUATAN BESI COR VERMICULAR

Eko Surojo, Didik Djoko Susilo, Teguh Triyono, Nugroho Fajar Wicaksono
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik UNS
Jl. Ir. Sutami No. 36A Surakarta 57126, Tlp. (0271) 632163

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah mempelajari pengaruh komposisi kimia dan ketebalan coran terhadap struktur mikro besi cor pada kasus pembuatan besi cor vermicular. Besi cor vermicular menarik diteliti karena memiliki kekuatan dan keuletan yang lebih tinggi dibandingkan dengan besi cor kelabu, serta memiliki konduktivitas panas, sifat damping, ketahanan panas dan kekuatan fatik yang lebih baik dibandingkan dengan besi cor nodular. Akan tetapi yang masih menjadi permasalahan adalah ketika proses pengecoran diperlukan komposisi kimia dan laju pendinginan yang tepat agar dihasilkan besi cor bergrafit vermicular. Terkait dengan hal itu, pada penelitian ini dilakukan perbandingan struktur mikro terhadap hasil coran dari sampel yang memiliki komposisi kimia dan ketebalan coran yang berbeda. Bahan besi cor dilebur menggunakan tungku induksi dan proses pemaduan Mg dilakukan di dalam ladle. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jika komposisi kimia besi cor (% Mg minimal) mampu mendorong terbentuknya grafit nodular maka terdapat kecenderungan semakin tebal coran menyebabkan semakin besarnya kemungkinan terbentuknya grafit vermicular. Pada komposisi besi cor 2,63 %C; 2,41 %Si; 0,428 %Mn; 0,006 %S; 0,07 %Mg; 0,015 %Ti; 0,067 %Cr; 0,019 %Mo; 0,043 %Ni; 0,009 %Al; 0,006 %Co; 0,12 %Cu; 0,007 %V; 0,024 %W dan ketebalan coran 40 mm mampu menghasilkan besi cor berstruktur vermicular.

Kata kunci : ketebalan coran, komposisi kima, besi cor vermicular

1. PENDAHULUAN

Compacted graphite iron (CGI) atau disebut juga *vermicular cast iron* memiliki kekuatan dan keuletan yang lebih tinggi dibandingkan dengan besi cor kelabu, serta memiliki konduktivitas panas, sifat *damping*, ketahanan panas dan kekuatan fatik yang lebih baik dibandingkan dengan besi cor nodular (Sun dkk, 2008; Dayong dkk, 2008). Besi cor bergrafit *vermicular* yang dipadu dengan pospor memiliki nilai koefisien gesek dan ketahanan aus yang lebih tinggi dibandingkan dengan besi cor bergrafit serpih maupun *nodular* (Zhang dkk, 1993). Akan tetapi pada besi cor *austempered* bergrafit vermicular memiliki ketahanan aus yang lebih rendah dibandingkan bergrafit nodular (Hatate dkk, 2001).

Besi cor vermicular antara lain diaplikasikan untuk pembuatan komponen *connecting fork*, *sproket wheel*, *exhaust manifold* dan piringan rem pada kereta api (Stefanescu, 1998). Besi cor vermicular juga diaplikasikan untuk bahan blok rem kereta api (Zhang dkk, 1993).

Besi cor vermicular dapat terbentuk pada proses pengecoran besi cor nodular jika terjadi *undertreatment* paduan Mg (Angus, 1976; Stefanescu, 2005). Di dalam proses pengecoran

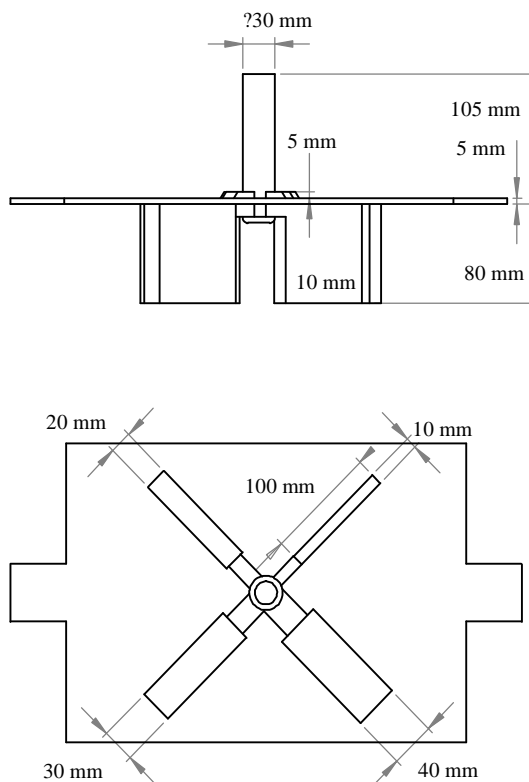
besi cor, unsur paduan Ti dan Al membantu terbentuknya grafit vermicular (Elbel dan Hampl, 2009). Selain Mg, Ti dan Al, unsur yang mendorong terbentuknya grafit vermicular adalah unsur kalsium dan cerium (Stefanescu, 1998).

Terkait dengan potensi aplikasi besi cor vermicular untuk pembuatan komponen yang memiliki karakteristik lebih unggul dibandingkan besi cor kelabu dan besi cor nodular maka dilakukanlah penelitian ini. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh komposisi kimia dan ketebalan coran terhadap struktur mikro pada proses pembuatan besi cor vermicular. Ketebalan coran perlu diteliti karena berkorelasi langsung dengan laju pendinginan logam coran dimana semakin tebal coran menyebabkan laju pendinginan yang semakin lambat. Pada proses pembuatan besi cor vermicular, fasa matrik dan morfologi grafitnya sensitif terhadap laju pendinginan (Stefanescu, 2005). Selain itu, seperti yang dijelaskan pada paragraf sebelumnya bahwa karena pembentukan grafit vermicular sangat dipengaruhi oleh komposisi kimia maka di dalam penelitian ini juga diperbandingkan struktur mikro hasil coran dari tiga komposisi kimia besi cor yang berbeda.

2. METODE PENELITIAN

Bahan yang diteliti memiliki komposisi kimia seperti ditunjukkan oleh Tabel 1 (sampel A), Tabel 2 (sampel B) dan Tabel 3 (sampel C). Bahan tersebut dihasilkan dari proses peleburan sekrap baja yang dicampurkan dengan arang batok kelapa. Peleburan bahan dilakukan menggunakan tungku induksi kapasitas 50 kg. Proses penambahan unsur paduan Mg dilakukan di dalam ladle dengan menggunakan FeSiMg. Sedangkan penuangan besi cor cair dari tungku induksi ke ladle dilakukan pada temperatur 1450 °C.

Besi cor cair yang sudah dipadu dengan unsur Mg dituang ke dalam cetakan pasir basah. Disain pola yang digunakan diperlihatkan pada Gambar 1. Hasil coran kemudian dipotong untuk dilakukan pengamatan struktur mikro.



Gambar 1. Pola yang digunakan.

Tabel 1. Komposisi kimia sampel A (% berat)

C	Si	Mn	S	Mg
3,45	1,61	0,434	0,007	0,062
Ti	Cr	Ni	Cu	W
0,021	0,068	0,043	0,123	0,022
Mo	Al	Co	V	
0,016	0,006	0,006	0,005	

Tabel 2. Komposisi kimia sampel B (% berat)

C	Si	Mn	S	Mg
2,63	2,41	0,428	0,006	0,07
Ti	Cr	Ni	Cu	W
0,021	0,068	0,043	0,123	0,022
Mo	Al	Co	V	
0,019	0,009	0,006	0,007	

Tabel 3. Komposisi kimia sampel C (% berat)

C	Si	Mn	S	Mg
2,43	2,73	0,431	0,006	0,075
Ti	Cr	Ni	Cu	W
0,016	0,068	0,042	0,123	0,024
Mo	Al	Co	V	
0,019	0,01	0,006	0,003	

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil coran diperlihatkan pada Gambar 2 dan struktur mikronya ditunjukkan pada Gambar 3, Gambar 4 dan Gambar 5. Dari Gambar 3 terlihat bahwa sampel A (di semua ketebalan) terbentuk struktur besi cor kelabu. Struktur mikro tersusun atas grafit berbentuk serpih dan matrik yang didominasi fasa ferit dan sedikit fasa perlit. Meskipun kandungan Mg sudah mencapai 0,062 % tetapi sampel A masih bergrafit serpih. Padahal hasil penelitian Elbel dan Hampl (2009) memperlihatkan bahwa kandungan Mg sebesar 0,018 % menghasilkan grafit vermicular dan 0,023% menghasilkan grafit nodular.

Terbentuknya grafit serpih pada sampel A kemungkinan disebabkan oleh kurang tingginya kandungan Si. Stefanescu (1998) menyatakan bahwa pada komposisi CE tetap, nodularitas grafit semakin tinggi dengan semakin tingginya kandungan Si. Meskipun kandungan Mg sudah mencapai 0,062 %, tetapi karena kandungan Si hanya 1,61 % kemungkinan belum mampu mendorong terbentuknya grafit vermicular

terlebih grafit nodular. Masih menurut Stefanescu (1998) kandungan Si pada besi cor vermicular adalah 1,7-3,0%.

Selanjutnya struktur mikro sampel B diperlihatkan pada Gambar 4. Fasa matrik terdiri atas fasa ferit dan perlit. Pada tebal coran 10 mm, 20 mm dan 30 mm berstruktur grafit nodular sedangkan pada tebal 40 mm mampu menghasilkan struktur grafit vermicular. Hal ini menunjukkan bahwa struktur grafit selain dipengaruhi oleh komposisi kimia juga dipengaruhi oleh tebal coran (laju pendinginan). Hal ini sejalan dengan pernyataan Stefanescu (2005) yang menyebutkan bahwa pada proses pembuatan besi cor vermicular, fasa matrik dan morfologi grafitnya sensitif terhadap laju pendinginan. Jadi, hasil sampel B ini memperlihatkan bahwa struktur vermicular dapat diperoleh pada kombinasi paduan besi cor dan laju pendinginan yang tepat. Struktur mikro pada sampel B bisa berbeda dengan struktur mikro A dikarenakan oleh 2 kemungkinan yaitu adanya perbedaan kandungan Mg dan kandungan Si. Kedua unsur paduan ini berpengaruh terhadap nodularitas grafit. Sampel B memiliki kandungan Mg dan Si yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel A. Semakin tinggi unsur paduan Mg dan Si menyebabkan grafit semakin cenderung terbentuk nodular. Selain itu, laju pendinginan yang semakin cepat menyebabkan bentuk grafit semakin nodular (Stefanescu, 2005) dan hal ini terjadi pada ketebalan coran 10 mm, 20 mm dan 30 mm. Sedangkan laju pendinginan pada ketebalan coran 40 mm relatif lebih lambat sehingga memungkinkan terbentuk grafit vermicular. Komposisi kimia yakni 0,07 %Mg pada sampel B ini juga patut diduga merupakan batas minimal untuk pembentukan besi cor nodular.

Selanjutnya struktur mikro sampel C diperlihatkan pada Gambar 5. Dari Gambar 5 terlihat bahwa sampel C merupakan besi cor nodular. Fasa matrik terdiri atas fasa ferit dan perlit serta grafit berbentuk nodular. Sampel C ini cenderung terbentuk besi cor nodular dikarenakan kandungan residual Mg dan Si yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel A dan sampel B.



(a) Sampel A.

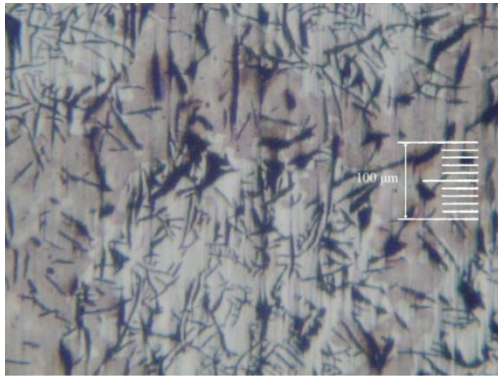


(b) Sampel B.

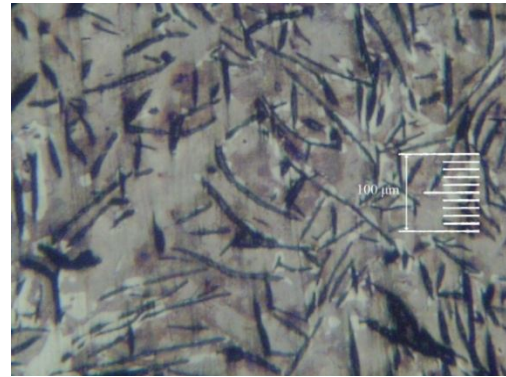


(c) Sampel C.

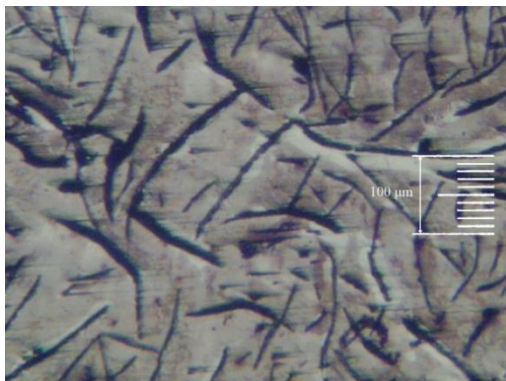
Gambar 2. Hasil coran.



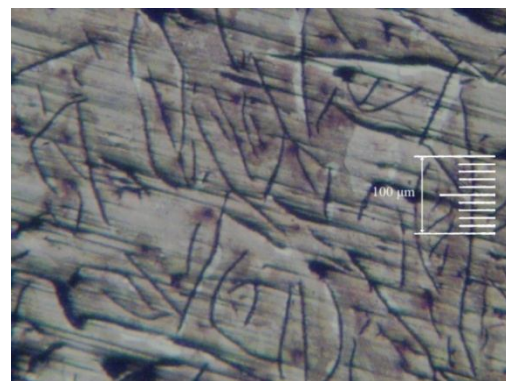
(a) Tebal coran 10 mm.



(b) Tebal coran 20 mm.

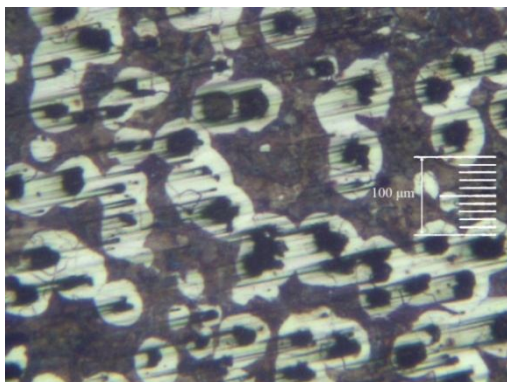


(c) Tebal coran 30 mm.

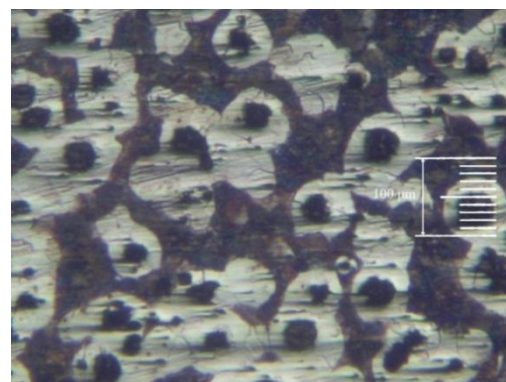


(d) Tebal coran 40 mm.

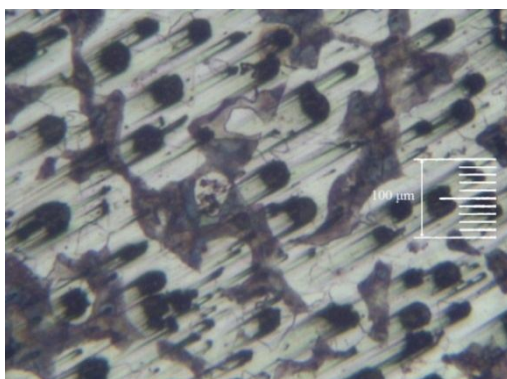
Gambar 3. Struktur mikro sampel A.



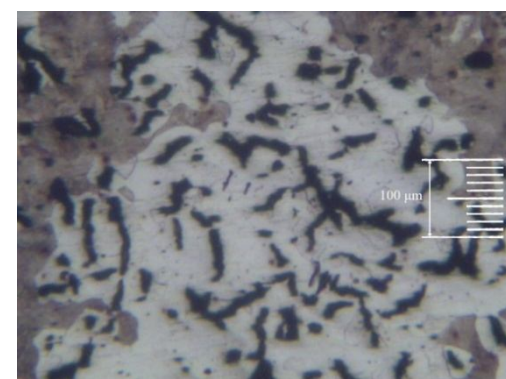
(a) Tebal coran 10 mm.



(b) Tebal coran 20 mm.

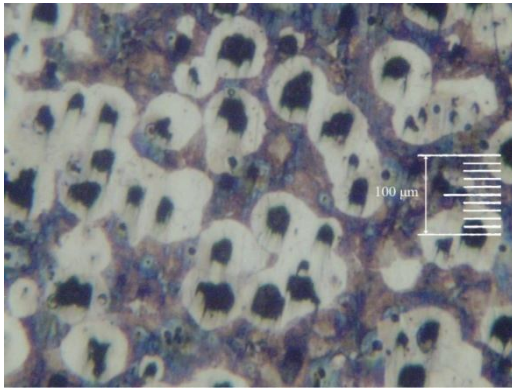


(c) Tebal coran 30 mm.

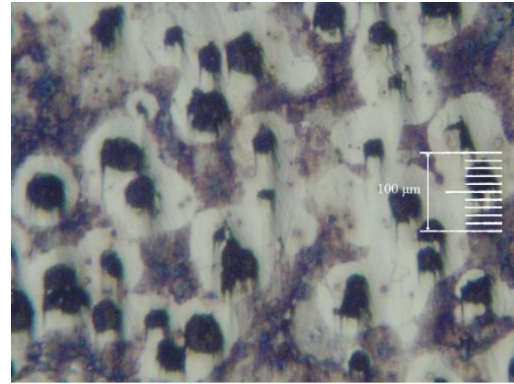


(d) Tebal coran 40 mm.

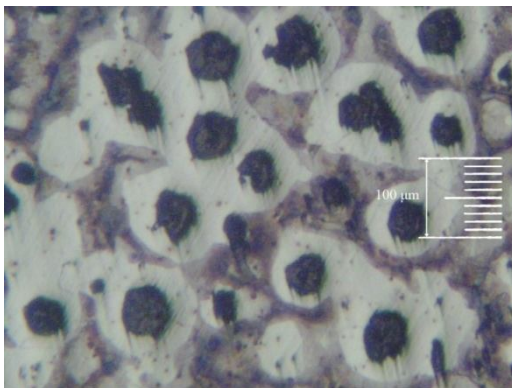
Gambar 4. Struktur mikro sampel B.



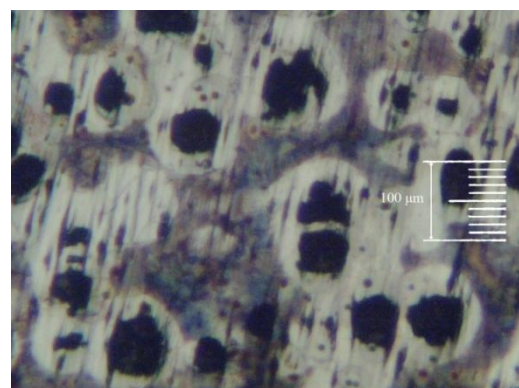
(a) Tebal coran 10 mm.



(b) Tebal coran 20 mm.



(c) Tebal coran 30 mm.



(d) Tebal coran 40 mm.

Gambar 5. Struktur mikro sampel C.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Struktur mikro hasil pengecoran pada besi cor yang mengandung paduan Mg dipengaruhi oleh ketebalan coran. Jika komposisi kimia (% Mg minimal) mampu mendorong terbentuknya grafit nodular maka terdapat kecenderungan bahwa semakin tebal coran mendorong terbentuknya grafit vermicular. Sebaliknya logam coran yang semakin tipis cenderung menghasilkan grafit nodular.
2. Pada komposisi besi cor 2,63 %C; 2,41 %Si; 0,428 % Mn; 0,006 %S; 0,07 %Mg; 0,015 %Ti; 0,067 %Cr; 0,019 %Mo; 0,043 %Ni; 0,009 %Al; 0,006 %Co; 0,12 %Cu; 0,007 %V; 0,024 %W dan ketebalan coran 40 mm mampu menghasilkan besi cor berstruktur vermicular.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada LPPM UNS yang telah membiayai penelitian ini melalui skema Penelitian Hibah Bersaing Pendanaan DIPA BLU UNS Tahun 2012.

DAFTAR PUSTAKA

- Angus, H.T., 1976, *Cast Iron : Physical and Engineering Properties*, Butterworths, London.
- Craig, D.B., Hornung, M.J., and McCluhan, T.K., 1998, *Gray Iron*, ASM Handbook, Vol.5 (Casting).
- Dayong, L., Dequan, S., and Lihua, W., 2008, *Monitoring of Quality of Vermicular Cast Iron from the Front of the Furnace*, Tsinghua Science and Technology, Vol. 2, pp. 137-141.
- Elbel, T and Hampf, J., 2009, *Influence of Al and Ti on Microstructure and Quality of Compacted Graphite Iron Casting*, *Metabk* 48 (4), pp. 243-247.

- Hatate, M., Shiota, T., Takahashi, N. and Shimizu, K., 2001, *Influences of Graphite Shapes on Wear Characteristics of Austempered Cast Iron*, *Wear* (251), pp. 885-889.
- Stefanescu, DM., 2005, *Compacted Graphite Iron*, ASM Handbook, Vol.1(Properties and Selection : Irons, Steels, and High Performance Alloys).
- Stefanescu, DM., 1998, *Compacted Graphite Iron*", ASM Handbook, Vol.5 (Casting).
- Sun, XJ., Li, YX., and Chen, X., 2008, "Identification and Evaluation of Modification Level for Compacted Graphite Cast Iron, *Journal of Materials Processing Technology* 200, pp. 471-480.
- Zhang, Y.Z., Chen, Y., He., R. and Shen., B., 1993, *Investigation of Tribological Properties of Brake Shoe Materials Phosphorous Cast Irons with Different Graphite Morphologies*, *Wear* 166, hal. 179-18.

