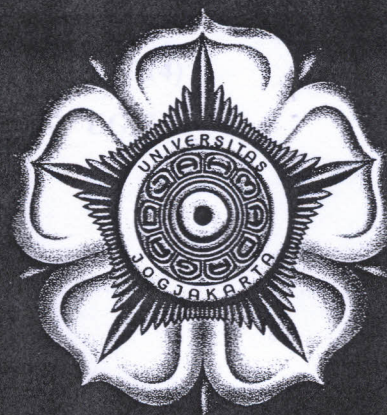


SEMINAR NASIONAL TEKNOLOGI TERAPAN



"Membangun Kedaulatan Bangsa
melalui Budaya, Sains, dan Teknologi"

PROSIDING

BUKU
1

Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (PPM)
Sekolah Vokasi UGM

Supported By



PT CIKARANG LISTRINDO
POWER COMPANY

mandiri

Bank  **BTN**

 **BNI**

 **BANK BRI**

 **TELKOMSEL**

**SEMINAR NASIONAL TEKNOLOGI TERAPAN 2014 (SNTT 2014)
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS GADJAH MADA (SV UGM)**

“Membangun Kedaulatan Bangsa Melalui Budaya, Sains, dan Teknologi”

Yogyakarta, 15 November 2014



**SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS GADJAH MADA
YOGYAKARTA
2014**

SUSUNAN PANITIA

Penanggung Jawab

Ir. Hotma Prawoto S., M.T. (Direktur Sekolah Vokasi)
Ma'un Budiyanto, ST., MT. (Wakil Direktur Bidang Penelitian Pengabdian Masyarakat dan Kerjasama)
Wikan Sakarinto, ST., M.Sc., Ph.D. (Wakil Direktur bidang Akademik dan Kemahasiswaan)
Ir. Heru Budi Utomo, MT. (Wakil Direktur bidang SDM dan Keuangan)

Tim Penelitian dan Pengabdian (PPM) SV UGM Tahun 2014

Andhi Akhmad Ismail, ST., M.Eng
Alif Subardono, ST., M.Eng.
drh. Fatkhanuddin Aziz, M.Biotech

Ketua Panitia

Ir. F. Eko Wismo Winarto, M.Sc., Ph.D.

Tim Pelaksana

Ihda Arifin Faiz, SE., M.Sc (Koordinator)

Sekretaris	: Dwinda Meilia Rizqi	Perkap	: Achmad Bakhtiar
	: Wiwid Haryunika		: Ryanda Dwi Nindya
Bendahara	: Peni Purnawati		: Putra Diyan N
Tim Kreatif	: Almas Barliyan		: Luhur Wasisa
	: Mohammad Tsalatsa Rizal	Edit	: Aditya Rikky S
Acara	: Adin Putri Wijaya		: Aldryn Lazari
	: Nurul Wulandari		: Rofi Addy Nugroho
	: M. Bagus Gading		: Indra Lukmana
Humas	: Joni Iskandar		: Liana Nurlita Sari
	: Sri Kusumastuti		: Ja'far
	: Nasrohtin		

TIM REVIEWER

Drs. Winarto
Aris Muandar, SS., M.Hum
Drs. Muslikh Madiyanto, M.Hum
Drs. Machmoed Effendie, M.Hum
Drs. Suprpto, M.Ikom
Abdul Ro'uf, M.Ikom
Dr. Wahyudi Istiono, M.Kes
Ir. Lukman Subekti, MT.
Muhammad Arrofiq, ST., MT., Ph.D.
Dr. Ir. Adi Djoko Guritno, MSIE
Dr. Moh. Affan Fajar Falah, STP., M.Agr
Agus Kurniawan., ST., MT., Ph.D
Nursyamsu Hidayat, ST., MT., Ph.D

Dr. Budiadi, S.Hut., M.Agr.Sc
Rohman, S.Hut., MP
Drh. Erif Maha Nugraha Setiawan, M.Sc
Lilik Dwi Setyana, ST., MT
Ir. Felixtianus Eko Wisni Winarto, M.Sc., Ph.D
Prof. Tri Widodo, M.Ec.Dev., Ph.D
Dr. Sony Warsono, MAFIS
Drs. Retnadi Heru Jatmiko, M.Sc
Dr. Nurul Khahim, S.Si., M.Si
Ir. Prijono Nugroho, MS., Ph.D
Joko Setiono, SH., M.Hum
Prof. Bambang Purwanto, MA.

Alamat Sekretariat
Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada
Jl. Kaliurang Km 1, Sekip 1 Yogyakarta
Telp/Fax: (0274) 541020

Website: www.sntt.sv.ugm.ac.id
Email: sv@ugm.ac.id

Rancang Bangun Aplikasi Tracking Pengguna Jejaring Sosial Komunitas Berbasis Android (Moehammad Sarosa)	313
Sistem Pendeteksian Ketersediaan Parkir Mobil Berbasis Video Processing (Ariesta Martiningtyas Handayani, S.Si.)	318
Alat Ukur Digital Untuk Deteksi Suara Detak Jantung Berbasis Arduino (Budi Sumanto, S.Si., M.Eng)	323
Pengembangan Sistem Monitoring Arus pada Panel Distribusi Utama (Muhammad Arrofiq, S.T., M.T., Ph.D)	327
Penerapan Algoritma Kendali PID Pada Sistem Real Time Untuk Analisa Tanggapan Transien (Studi Kasus: Kendali Kecepatan Motor DC Jarak Jauh dengan Komunikasi Xbee) (Isnain Nur Rifai, S.Si., M.Eng)	331
Pengembangan Sistem Kendali Electro-Pneumatic Berbasis PLC pada Kendali Sekuensial (Ir. Rizal)	336
Perancangan Sistem Akuisisi Ucapan Suara untuk Pengaman Pintu dengan Metode Pengolahan Grafik Sederhana (Esti Puspitaningrum, S.T., M.Eng)	340
ANALISIS KUALITAS LAYANAN WEBSITE JARINGAN DOKUMENTASI DAN INFORMASI HUKUM (JDIH) SULTENG MENGGUNAKAN MODEL MODIFIKASI KESUKSESAN SISTEM INFORMASI DeLone dan McLean (D&M) (Studi Kasus Pada Biro/Bagian Hukum Sekretariat Daerah Provinsi/Kabupaten/Kota se Sulawesi Tengah) (Mohamad Affan)	344
CONVERTER TEXT TO BRAILLE SEBAGAI ALAT BANTU BACA UNTUK TUNANETRA (Mohamad Ramdhani)	348
PENGARUH TEGANGAN SINUS CACAT PADA UNJUK KERJA VARIAC TEGANGAN RENDAH 1 FASE (Wahyo Setyono / Sri Lestari)	353
Pengaruh Elektrode Sangkar Delta pada Nilai Resistans Pertanahan 1 Batang Pentanah di Lokasi Sempit (Sri Lestari, Ir., M.T)	357
PENGARUH KANDUNGAN TEMBAGA TERHADAP STRUKTUR MIKRO BESI COR NODULAR UNTUK SIDECORE (Mohammad Nur Hidajatullah)	364
SISTEM PENDETEKSI VOLUME PREMIUM DALAM TANGKI MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER BERBASIS LOKASI (Muchammad Husni)	369
Pemantau Tekanan Darah dan Detak Jantung Berbasis Android (Nur Sulistyawati, S.T., M.T)	374
Kajian Sifat Lampu LED terhadap Perubahan Tegangan (Suyoto, Ir)	378
PENGARUH PERLAKUAN PANAS TERHADAP HASIL KEKASARAN PEMESINAN BUBUT PADA MATERIAL ASTM A217 C5 (Muhammad Nahrowi)	383
Kajian Perilaku dan Kekuatan Batako Dengan Penggunaan Serat Alami dan Serat Buatan (Dian Sesting Ayu, S.T., M.T)	388

Pengaruh Kandungan Tembaga terhadap Struktur Mikro Besi Cor Nodular untuk Sidecore

Mohammad Nur Hidajatullah

Program studi Teknik Pengecoran Logam Politeknik Manufaktur Negeri Bandung
mnurhidajat@gmail.com ; nurhidajat@polman-bandung.ac.id

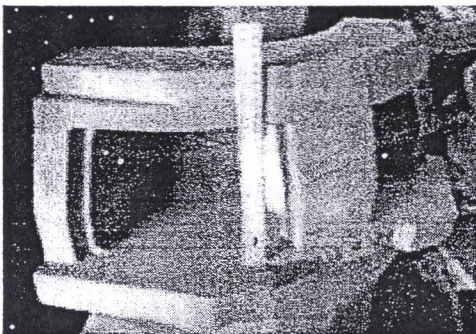
Intisari— Sidecore merupakan salah satu komponen dies pada pengecoran tetap bertekanan rendah. Material yang digunakan untuk Sidecore adalah FCD 500 yang memiliki dasar struktur mikro Ferrit - Perlit. Permasalahan yang terjadi pada proses pengecorannya adalah tidak tercapainya bentuk dasar struktur mikro Ferrit - Perlit, melainkan cenderung Ferrit. Dari modus kegagalan yang terjadi, dirancang penanggulangannya dengan pemberian unsur pembentuk Perlit pada proses peleburan. Salah satu unsur pembentuk perlit adalah tembaga.

Penelitian dimulai dari perencanaan dan perancangan proses pengecoran dengan memvariasikan komposisi Tembaga 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, dan 0.6 %. Kemudian dilanjutkan dengan pembuatan pola dan pengecoran sampel uji sesuai rancangan. Setelah sampel jadi, dilakukan pengujian metalografi struktur mikro, uji keras, dan uji tarik. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, disimpulkan bahwa: pemberian tembaga sebesar 0.2% menghasilkan besi cor nodular FCD 500 berstruktur mikro (48% ferrit - 52% perlit) pada ketebalan dinding cor 25mm.

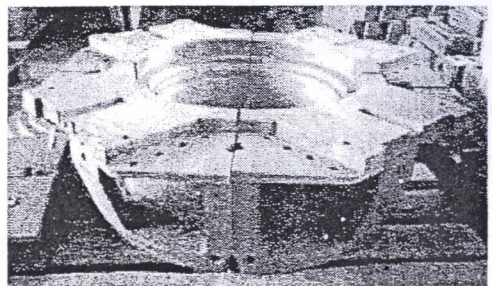
Keywords— Sidecore, besi cor nodular, pembentuk perlit, pengaruh tembaga.

I. PENDAHULUAN

Sidecore adalah bagian cetakan pada mesin Low Pressure Die Casting. Sidecore ini merupakan bagian samping dari cetakan coran roda otomotif. Dalam proses operasinya komponen ini mengalami beban tekanan dan panas dari cairan aluminium yang diinjeksikan, sehingga mengakibatkan muai dan susut berulang. Material yang dipergunakan untuk produk ini adalah BCN 500. (FCD 500 - JIS G 552)



Gambar I.1 Produk Sidecore hasil cor



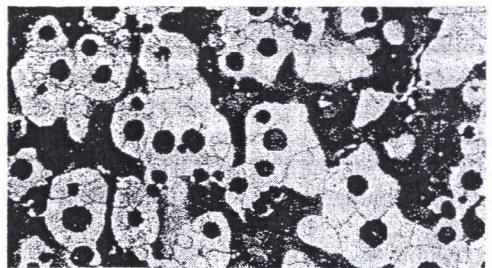
Gambar I.2 Produk Sidecore hasil cor setelah pemesian

Permasalahan yang terjadi pada produksi pembuatan Sidecore di Polman adalah: ketidaksuaian dimensi, keropos dan porositas, serta ketidaksuaian struktur mikro.

Ketidaksuaian struktur mikro pada material BCN yang sering terjadi yakni :

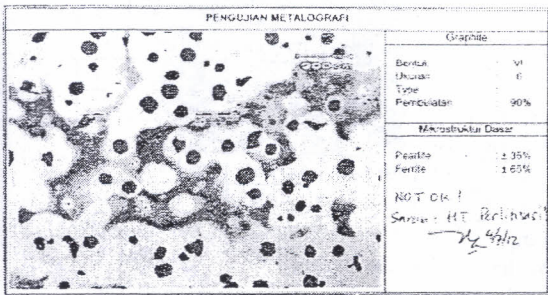
- Tingkat kebulatan grafit
- Pembentukan matriks struktur mikro

Pembulatan grafit pada BCN produk Sidecore buatan Polman termasuk standar grafit type I, ukuran 6, dengan pembulatan 90-100% (mengacu kepada standar ASTM 247 - 67), namun pada pembentukan dasar struktur mikro ferrit-perlit memerlukan kajian lebih lanjut karena struktur mikro yang terbentuk adalah ferrit. Gambar I.3 adalah struktur mikro yang di inginkan. Gambar I.4 adalah struktur mikro dari produk:



EN GJS500-7 . Ferrit 50%, Perlit 50%, Nodularisasi >90%

Gambar I.3 Struktur Mikro Besi Cor Nodular EN-GJS-500-7¹¹



Graphite	
Bentuk	VI
Ukuran	0
Tipe	
Persentase	90%
Mikrostruktur Dasar	
Perlit	± 35%
Ferrit	± 65%
NOT OK!	
Sampel: HT Relinasi	

PENGEUJIAN SPECTROMETRI										
C	Si	S	P	Mn	Ni	Cr	Mo	V	Zn	Cu
3,08855	2,76356	0,01427	0,01529	0,79836	0,02907	0,06831	0,0048	0,00241	0,09606	
W	Fe	Sr	Al	Pb	Sb	Nb	Mg		Co	
	0,00901	0,00546	0,01957	0,00068	0,00238	0,00262	0,00553	0,00984	82,0718	

Gambar 1.4 Hasil uji metalografi dan komposisi bahan FCD Sidcore

Sifat fisik dan mekanik FCD yang diinginkan mengacu pada standar JIS (tabel I.1):

TABEL I.1 BCN MENURUT STANDAR JIS G 552 – 1995^[8]

Symbol of grade	Tensile strength N/mm ²	Yield strength N/mm ²	Elongation %	Charpy absorption energy			Informative reference	
				Test Temperature °C	Mean value of 3 points J	Individual value J	Hardness HB	Matrix structure
FCD 230-22	350 min.	220 min.	22 min.	22 ± 5	17 min.	14 min.	150 max.	Ferrite
FCD 330-22S	350 min.	250 min.	22 min.	-60 ± 2	12 min.	9 min.		
FCD 400-18	400 min.	250 min.	18 min.	23 ± 5	14 min.	13 min.	150 to 190	
FCD 400-18C	400 min.	250 min.	18 min.	-20 ± 2	12 min.	9 min.		
FCD 400-15	400 min.	250 min.	15 min.					
FCD 450-10	450 min.	280 min.	10 min.				140 to 230	
FCD 500-7	500 min.	320 min.	7 min.				150 to 230	Ferrite + perlit
FCD 600-2	600 min.	370 min.	2 min.				170 to 250	Perlit + ferrite
FCD 700-2	700 min.	430 min.	2 min.				180 to 260	Perlit
FCD 800-2	800 min.	490 min.	2 min.				200 to 290	Perlite or tempered structure

Dari modulus kegagalan yang terjadi, pembentukan dasar struktur mikro ferrit-perlit dapat dikendalikan melalui pemberian unsur pembentuk (promote) perlit pada BCN, salah satunya adalah unsur tembaga.

Dalam hal ini perlu diteliti mengenai kandungan unsur tembaga yang sesuai untuk BCN pada produk cor Sidcore tersebut.

Tujuan

- Penelitian bertujuan untuk:
 - Mengkaji pembuatan besi cor nodular bermatriks struktur mikro ferrit 50% - perlit 50% secara as-cast.
 - Mengetahui korelasi unsur Tembaga pada jumlah tertentu terhadap pembentukan struktur mikro ferrit - perlit pada besi cor nodular.

Tinjauan Pustaka

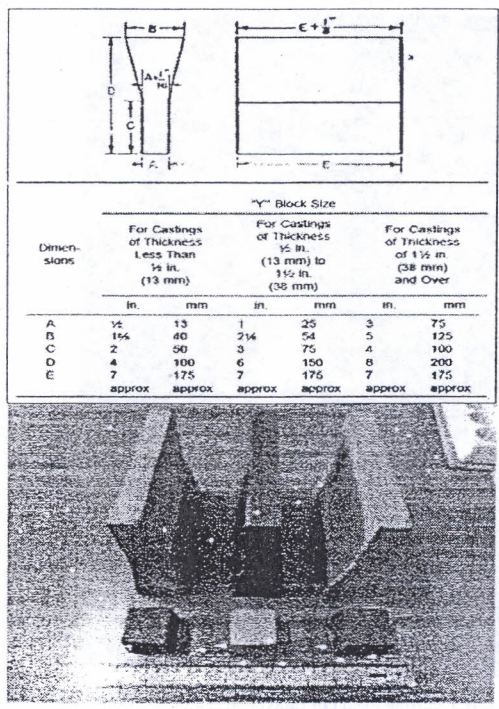
Tembaga banyak digunakan sebagai pembentuk perlit dengan variasi komposisi sekitar 0,2% sampai 2,0% untuk mengendalikan jumlah perlit yang diinginkan. Kandungan tembaga 0,2% hingga

0,5% dianjurkan untuk kelas ferrit-perlit, sedangkan untuk matriks sepenuhnya perlitis kelas 600/3 dan 700/2 anjurannya 0,6% hingga 1,5% tembaga^[20]. Nilai kritis tembaga untuk fraksi perlit bergeser ke tingkat lebih tinggi selaras dengan penurunan komposisi mangan^[12]. Penambahan mangan dan tembaga secara progresif berdampak kepada peningkatan kandungan perlit, praktis tidak menyisakan ferrit pada paduan besi cor nodular^[21].

II. PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini dilakukan verifikasi hasil uji komposisi dan struktur mikro dari beberapa sampel peleburan BCN pada produksi Sidcore serta kesuaiannya terhadap standar.

Data hasil pengujian diteliti sebagai acuan untuk meramu komposisi baru dengan pengaturan komposisi tembaga untuk tujuan mendapatkan pembekuan coran dengan dasar struktur mikro ferrit 50% - perlit 50%. Gambar II.1 adalah standar pembuatan sampel uji tarik menurut ASTM :



Gambar II.1 Y-Blok Standar ASTM A536-84 R99^[1]

Untuk kebutuhan pemeriksaan dibuatkan sampel uji yang di cor dalam bentuk Y- blok dengan ketebalan uji terpakai 25 mm (standard ASTM 536-84 Nr.2) untuk uji tarik dan uji keras, dan uji struktur mikro.

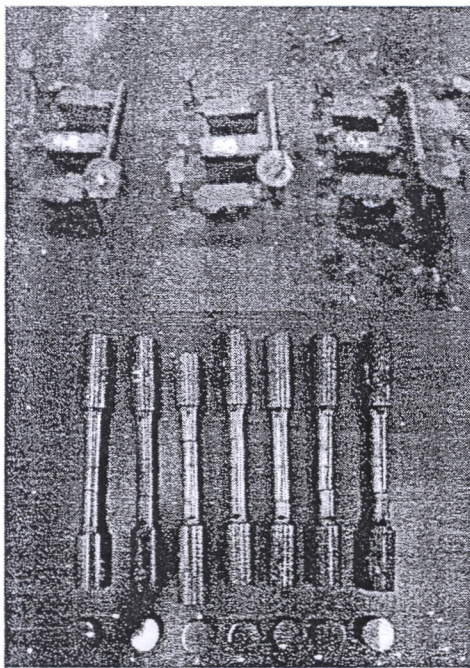
Variasi komposisi Tembaga yang di coba adalah : 0%, 0,1%, 0,2%, 0,3%, 0,4%, 0,5%, dan 0,6% sedangkan paduan lain dibuat tetap. Komposisi

dasar menggunakan rekomendasi BCIRA (British Cast Iron Research Association):

TABEL II.1 KOMPOSISI BCN YANG DIREKOMENDASIKAN OLEH BCIRA^[3]

Tebal Coran	BCN 700 ; BCN 600			BCN 500		
	C	Si	Mn (maks.)	C	Si	Mn (maks.)
< 13 mm	3,6-3,8	2,6-2,8	0,5	3,6-3,8	2,6-2,8	0,3
13 - 25 mm	3,5-3,6	2,2-2,5	0,5	3,5-3,6	2,2-2,5	0,3
25 - 50 mm	3,5-3,6	2,2-2,5	0,5	3,5-3,6	2,2-2,4	0,3
50 - 100 mm	3,5-3,4	2,0-2,2	0,5	3,5-3,4	2,2-2,4	0,3
Tambahan	1 % Cu atau 0,1 % Sn			Cu 0,3 %		
Tebal Coran	BCN 450			BCN 400 ; BCN 350		
	C	Si	Mn (maks.)	C	Si	Mn (maks.)
< 13 mm	3,6-3,8	2,6-2,8	0,2	3,5-3,7	2,2-2,5	0,2
13 - 25 mm	3,5-3,6	2,2-2,5	0,2	3,4-3,5	2,2-2,5	0,2
25 - 50 mm	3,5-3,6	2,2-2,4	0,2	3,4-3,5	2,2-2,4	0,2
50 - 100 mm	3,5-3,4	2,2-2,4	0,2	3,4-3,5	2,0-2,2	0,2

Hasil cor dengan komposisi baru diuji dan dianalisa struktur mikro, kekerasan, dan kuat tariknya serta membandingkannya terhadap nilai standar.



Gambar II.2 Y-Blok hasil cor (atas) dan sampel uji (bawah)

A. Komposisi kimia

Komposisi kimia sampel hasil peleburan di periksa menggunakan mesin spektrometer (Optical Emissions Spectrometry) adalah sebagai berikut:

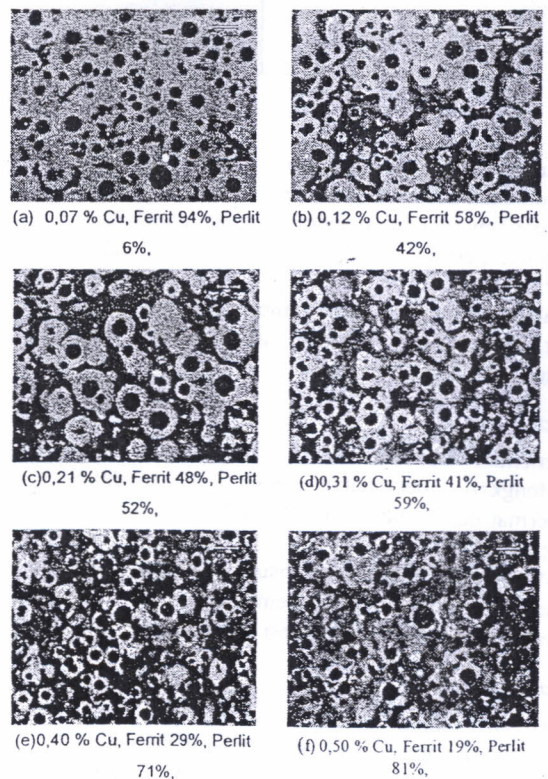
TABEL II.2 DATA KOMPOSISI KIMIA HASIL PENGUJIAN SPEKTROMETRI

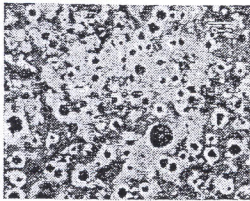
	C	Si	S	P	Mn	Cr	Cu	Mg	CE
Sampel 1	3.43	2.71	0.008	0.011	0.35	0.07	0.07	0.065	4.3
Sampel 2	3.61	2.29	0.015	0.009	0.33	0.11	0.12	0.045	4.4
Sampel 3	3.31	3.37	0.016	0.011	0.31	0.05	0.21	0.061	4.4
Sampel 4	3.84	2.64	0.012	0.009	0.31	0.05	0.31	0.052	4.7
Sampel 5	3.26	2.41	0.013	0.01	0.33	0.09	0.40	0.043	4.1
Sampel 6	3.59	2.51	0.014	0.011	0.31	0.04	0.50	0.050	4.4
Sampel 7	3.46	3.37	0.016	0.01	0.30	0.04	0.58	0.042	4.6

Komposisi C yang direncanakan adalah 3,5-3,6 %, hasil peleburan didapatkan C 3,31-3,84 %, komposisi Si rencana 2,2-2,4 %, sedangkan yang terjadi setelah peleburan Si 2,37-3,37 %. Rentang komposisi C dan Si membesar setelah peleburan. Penambahan Cu 0,1-0,7% dengan tahapan 0,1% terjadi penyimpangan -0,02 hingga +0,02%, dan untuk 0% Cu (tanpa penambahan) diwakili 0,07% Cu karena bawaan kotoran dari scrap muatan peleburan. CE direncanakan 4,2-4,4, sedangkan CE hasil peleburan 4,1-4,7, penyimpangan ini terjadi akibat rentang komposisi C maupun Si setelah perlakuan (Mg-treatment).

B. Metalografi

Uji metalografi terhadap semua sampel hasil uji coba penelitian menunjukkan perbedaan struktur mikro akibat pengaruh kandungan unsur tembaga (Cu). Gambar 2.3 (a)-(g) menunjukkan struktur mikro hasil uji



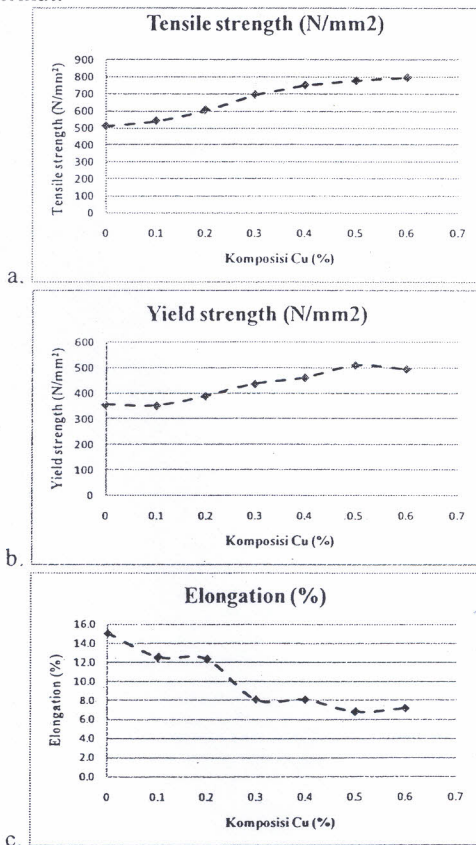


(g) 0,58 % Cu, Ferrit 17%, Perlit 83%

Gambar II.3 Struktur mikro Sampel uji dengan variasi komposisi Cu

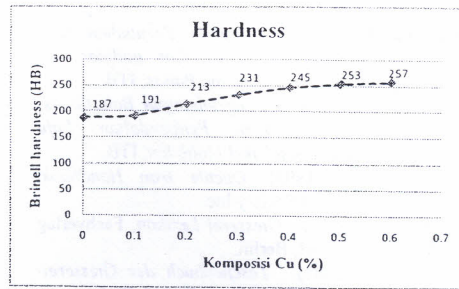
C. Uji Tarik dan Keras

Hasil uji tarik dapat diplot pada grafik sebagai berikut:



Gambar II.4 Grafik uji tarik vs komposisi Cu

Dari grafik uji tarik pada gambar II.4(a) dapat dilihat bahwa Tensile strength dimulai dari 510 N/mm² untuk Cu 0,0 % dan terus meningkat hingga 796 N/mm² pada Cu 0,6%. Hal ini menunjukkan bahwa nilai tersebut memenuhi standar (minimal 500 N/mm²). Pada gambar II.4(b) menunjukkan Yield strength sebesar 352-511 N/mm², bila merujuk tabel I.1 juga memenuhi nilai standar JIS G-552 (minimal 320 N/mm²). Nilai hasil uji Elongation II.4(c) berfluktuasi mulai 6.8-15.0%, namun masih diatas nilai standar.



Gambar II.5 Grafik uji keras vs komposisi Cu

Nilai Kekerasan Brinell Meningkat selaras dengan penambahan komposisi Cu, bila dibanding dengan standar pada tabel I.1 maka: komposisi Cu 0-0,3% masuk kepada FCD 500-7 sedangkan Cu 0,4-0,6% termasuk kepada kelompok FCD 600-3, FCD 700-2, maupun FCD 800-2.

D. Pengaruh komposisi kimia

Tembaga diberi sebanyak 0,1-0,6% berdampak besar terhadap pembentukan struktur mikro perlit, hal tersebut terlihat jelas pada komposisi Cu 0.1% mendorong pembentukan struktur perlit sebesar 42% sedangkan Cu 0,2% dapat membentuk 52% perlit. Untuk kebutuhan pembuatan FCD / Besi cor nodular 500 dengan matriks struktur mikro ferrit-perlit, 50% : 50% dapat dilakukan dengan pemberian Cu sebesar 0,2%.

E. Analisis pembentukan struktur

Pembentukan struktur mikro perlit oleh Cu pada FCD masih selalu menjadi perbincangan para ahli material pengecoran. Banyak pendapat mengatakan bahwa mekanisme Cu adalah menstabilkan perlit. Lapisan tipis larutan padat tembaga pada permukaan grafit/matriks melindungi dekomposisi perlit. Alternatif lain bila tembaga dan mangan diberikan bersama-sama, maka tembaga dalam ferrit akan mengkonsentrasikan mangan dalam sementit. Mangan menyelimuti karbida menjadi lebih stabil, dengan demikian sementit dalam perlit menjadi stabil terlindung. Masato Tsujikawa, dkk.^[12] meneliti Stabilitas sementit pada besi cor nodular dengan kandungan Cu.

III. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa: pemberian tembaga sebesar 0,2% pada peleburan FCD menghasilkan besi cor nodular FCD 500 berstruktur mikro (48% ferrit – 52% perlit) pada spesimen Y-block 25mm ASTM A536-84 R99 (berlaku untuk ketebalan dinding cor 13-38mm).

REFERENSI

- [1] ASTM Standards (1999): A536-84 R99. *Specification for Ductile Iron Castings*

- [2] Bandanadaja Beny (2001): *Analisis Perubahan Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Besi Cor nodular 700 Setelah Mengalami Proses Perlakuan Panas*, ITB.
- [3] Bandanadaja Beny (2004): *Pengembangan Bainitic As-Cast Ductile Iron dengan Pengendalian Laju Pendinginan dan Komposisi Nikel Molibden*, ITB.
- [4] Burdit Michael F. (1993): *Ductile Iron Handbook*, American Foundrymen's Society Inc.
- [5] Brunhuber Ernst (1991): *Giesserei Lexikon*, Fachverlag Schiele & Schoen GmbH, Berlin.
- [6] Brunhuber Ernst (2004): *Taschenbuch der Giesserei-Praxis*, Fachverlag Schiele & Schoen GmbH, Berlin.
- [7] F. Iacoviello, V. Di Cocco, M. Cavallini, Ductile cast irons: microstructure influence on fatigue crack propagation resistance, <http://www.gruppofrattura.it/ors/index.php/fis/article/view/88/76> tanggal 17.11.2011
- [8] Foseco, *Metallurgy & Production of Grey & Ductile Iron*, BCIRA membership services.
- [9] <http://www.castingstechnology.com/public/services/technologies/teclowpressurediecasting.asp> tanggal 12.3.2012.
- [10] <http://www.ductile.org/didata/Section12/12intro.htm> tanggal 16.3.2012.
- [11] Istvan Karsay Stephen (1985) : *Ductile Iron production practices*, American Foundrymen's Society.
- [12] Masato Tsujikawa, Norikazu Matsumoto, Koji Nakamoto, and Yoshisada Michiura (2011): Pearlite Stabilisation by Copper on Ductile Cast Iron, www.scientific.net/KEM.457.151 tanggal 21.6.2012
- [13] QIT (1990) : *Ductile Iron Data for Design Engineers* , QIT-Fer et Titane Inc , Canada.
- [14] William D Callister, Jr, (1997) : *Materials Science and Engineering an Introduction*, 4th edition, John Willey and Sons, inc.,
- [15] ASM International; ASM Handbook Vol. 15 (1998): *Casting*, 9th ed.
- [16] ASM International; ASM Handbook Vol. 9 (1998): *Metallography and Microstructure*, 9th ed.
- [17] Lacaze, J., Boudot, A., Gerval, V., Oquab, D., Santos, H.(1997): *The Role of Mn and Cu in the Eutectoid Transformation of Spheroidal Graphite Cast Iron*, Metallurgical and Materials Transaction 28A: pp. 2015 – 2025.
- [18] Cai Qizhou and Wei Bokang (2008), *Recent development of ductile cast iron production technology in China*, CHINA FOUNDRY Vol.5 No.2 (State Key Lab of Material Processing and Dies & Mould Technology, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074),
- [19] Zhu Xianyong, Liu Yaohui, et al. (2007), *Study on as-cast high strength pearlite ductile iron*, Transactions of Materials and Heat Treatment, 2007, 28(2): 85–88.
- [20] Dr.-Ing. K. Roehrig, Dipl.-Ing. Hans-Guenther Gerlach, und Dr. rer.nat Otto Nickel (1974): *Legiertes Gusseisen Band 2*, VDG, Duesseldorf.
- [21] Ranjan Kumar Dasgupta, et al. (2011): Microstructure and Mechanical Properties of As-Cast Ductile Irons Alloyed with Manganese and Copper , journal of Materials Engineering and Performance, ASM International 1736—Volume 21(8) August 2012