

## Analisis Pengaruh 0.17% Tin Terhadap Pembentukan Grafit Vermicular Pada Material Compacted Graphite Iron

Al Ghifari<sup>1</sup>, R. Widodo ST., M.Eng<sup>2</sup>, Muhammad Nahrowi, ST., MT<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Teknologi Rekayasa

Manufaktur, Politeknik Manufaktur Bandung, Jalan Kanayakan No.21, Kota Bandung, 40135, Indonesia.  
Hp. 081286280415

<sup>2</sup>Teknologi Pengecoran Logam, Politeknik Manufaktur Bandung, Jalan Kanayakan No.21, Kota Bandung, 40135

\*E-mail : [alghi.14@gmail.com](mailto:alghi.14@gmail.com)

### INFO ARTIKEL

Article History:

Received

Accepted

Available online

Kata Kunci:

**Cast iron, Microstructure, Sn, Vermicular graphite, Compacted Graphite Iron**



### ABSTRAK

Penambahan unsur *tin* (Sn) saat pembuatan *compacted graphite iron* dalam jumlah tertentu, di klaim dapat meningkatkan kuat tarik, elongasi, tahan aus (*wear resistance*). Penambahan unsur Sn dapat meningkatkan fasa perlit dan mengurangi ferit bebas. Pengaruhnya terhadap perlit sangatlah kuat. Untuk membuat material *compacted graphite iron* dengan grade tinggi dengan fasa *pearlitic*, penambahan unsur Sn menjadi solusi yang tepat. Jumlah yang dibutuhkan untuk proses paduan jumlahnya sedikit. Sn selain dapat mempengaruhi sifat mekanik karena sifatnya yang meningkatkan volume perlit juga dapat mengganggu proses pembulatan grafit dan dapat meningkatkan persentase dari grafit vermicular. Penelitian ini menganalisis sejauh mana pengaruh penghambatan pembulatan grafit ini. Penelitian dilakukan dengan membandingkan material *compacted graphite cast iron* (CGI) dalam keadaan tidak diberi penambahan Sn dan yang diberi penambahan unsur Sn sebesar 0.17%. 0.17% di pilih berdasarkan dari penelitian awal yang dilakukan. Ketebalan sample uji dibuat bervariasi yaitu 5mm, 10mm, 15mm, 20mm, 25mm dengan bentuk sample uji *step casting*. Objek penelitian fokus pada bentuk dan jumlah grafit pada sampel uji. Hasil menunjukkan bahwa terdapat peningkatan persentase grafit vermicular yang terbentuk berbanding lurus dengan meningkatnya ketebalan sample uji. Perbandingan sample pada kandungan Sn yang berbeda dengan ketebalan yang sama, terjadi peningkatan jumlah persentase grafit vermicular.

## 1. PENDAHULUAN

Compacted Graphite Cast Iron (CGI) Biasa disebut vermicular besi grafit. merupakan besi cor yang memiliki sifat mekanik diantara besi cor kelabu dan besi cor nodular Ditemukan pada tahun 1940 merupakan bentuk grafitnya yang berbentuk vermicular yaitu bentuknya yang menyerupai cacing. Grafit yang terbentuk pada material CGI berbentuk lebih tebal dan pendek. Dalam material CGI grafit yang terbentuk berupa *compacted graphite* (CG)  $\pm 80\%$ , spheroidal graphite (SG)  $\pm 20\%$ , dan tanpa *flake graphite* (FG), yang mana pembentukan grafit pada besi cor ini sangat berpengaruh terhadap sifat yang akan dihasilkan dari material nantinya. [1] Compacted Graphite Cast Iron memiliki sifat mekanik yang merupakan penengah dari sifat mekanik yang dimiliki oleh besi cor bergrafit lamelar (FC) dan besi cor bergrafit ductile. Ciri khas dari CGI ini (FCD). CGI memiliki kekuatan yang lebih tinggi dari FC dan memiliki sifat mampu cor dan konduktivitas yang lebih baik dari FCD.

Membuat material Compacted Graphite Cast Iron (CGI) bisa saja dibuat tanpa paduan. Namun dalam beberapa kasus di industri, pembuatan material CGI dengan grade tinggi yang memiliki fasa pearlitic dan Compacted Graphite Cast Iron (CGI) yang memiliki *compacted graphite* (CG)  $\pm 80\%$  sering kali menambahkan unsur yang bersifat menaikkan volume pada perlit. Banyak faktor yang mempengaruhi pembentukan *compacted graphite*. Oleh karena itu salah satu upaya yang dilakukan yaitu penambahan paduan dengan unsur yang bersifat mengganggu pembulatan grafit (anti spheroidal grafit) menjadi salah satu alternatif cara. Unsur yang bersifat anti spheroidal grafit tersebut salah satunya adalah Tin (Sn).

Tin (Sn) bersifat dapat menghambat efek dari penambahan FeSiMg[3]. Dimana artinya unsur tin bersifat anti spheroidal yang akan mengganggu pembentukan grafit berbentuk bulat. Hal ini dapat dimanfaatkan untuk pembuatan material Compacted Graphite Cast Iron. Pemberian Sn pada CGI selain dapat mengganggu pembentukan grafit spheroidal (bulat) juga berfungsi sebagai promote perlit. Dalam jumlah tertentu hasil pemberian Sn dapat meningkatkan ketahanan aus dan meningkatkan mampu tarik[4].

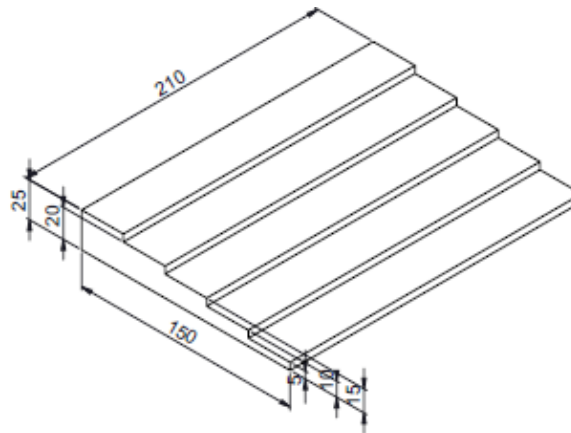
Tin dapat mengecilkan ukuran rata-rata dari grafit vermicular dan dapat mempersempit carak antara grafit vermicular dengan perlit sehingga dapat menaikkan ketahanan aus material tersebut. Pemilihan unsur tin (Sn)

Dari teori ini muncul suatu metode pembuatan material *Compacted Graphite Cast Iron* (CGI) dengan memadukan tin. Karena dengan memadukan tin pada saat pembuatan *compacted graphite cast Iron* dapat merubah pembentukan grafit nodular menjadi vermicular dan dapat meningkatkan wear resistance.[4] Penelitian ini memfokuskan Seberapa besar peranan 0.17% Sn terhadap pembentukan grafit vermicular pada material *Compacted Graphite Cast Iron* (CGI) yang akan dicari pada penelitian ini. Untuk mencapai hasil data yang diinginkan, maka dilakukan lah penelitian awal. Berdasarkan penelitian awal yang dilakukan didapatkan lah hasil Sn sebesar 0.17% yang menjadi salah satu fokus parameter pada penelitian ini. Parameter variatif pada penelitian ini merupakan ketebalan dimensi sample uji yang berbeda beda, yaitu 5,10,15,20,25mm dengan bentuk sample uji step casting. Dengan perlakuan Mg treatment dengan metode *sandwich* dan pemberian inokulasi. Dicor menggunakan media pasir *greensand*

## 2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, dengan melaksanakan percobaan untuk menguji pengaruh *tin* terhadap pengaruh pembentukan grafit vermicular. Variabel bebas pada penelitian ini adalah ketebalan sample uji yang bervariasi. variasi tersebut digunakan untuk pengaruh yang di timbulkan dari perbedaan ketebalan dan laju pendinginan. Untuk variabel tetap pada penelitian ini adalah penambahan Sn yaitu sebesar 0.17% dan yang tidak diberi tambahan Sn, yang menjadi data untuk di analisa yaitu hasil uji komposisi dan foto struktur dari material coran tersebut.

Dalam melakukan penelitian ini tidak ada element lain selain Sn. Untuk menambahkan kandungan unsur Sn bahan yang digunakan adalah timah putih murni dengan kandungan Sn 99%. Untuk membuat cairan pada peleburan digunakan tanur induksi dengan frekuensi menengah dan lining netral dengan kapasitas 320 kg. Charge material yang digunakan yaitu besi daur ulang FCD 500, besi daur ulang FC 250, sekrap baja low Mn, FeSi75, Carburizer. Untuk *treatment* pada cairan yang dilakukan yaitu inokulasi dan Nodulizer. Pada proses nodulizer yang digunakan adalah *Mg Treatment* dengan spesifikasi FeSiMg.



Gambar 1. Sample uji

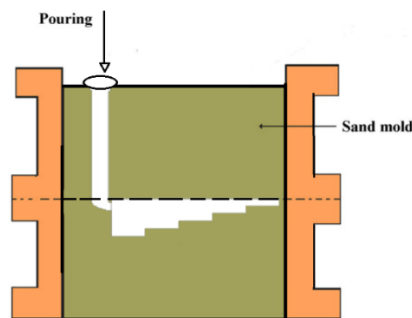
Pembuatan pola sample uji pada penelitian ini yaitu menggunakan pola step casting, yaitu pola balok yang memiliki ketebalan bertingkat dan variasi. Ketebalan yang di miliki yaitu 5,10,15,20,15mm.

Dikarenakan pada penelitian ini tidak haya di lakukan uji komposisi dan mikrostruktur. Maka diputuskan proses pembuatan cetakan tidak diberikan riser (penambah).

Proses pembuatan cetakan dilakukan pada rangka cetak atas dan bawah dengan ukuran sebagai berikut.

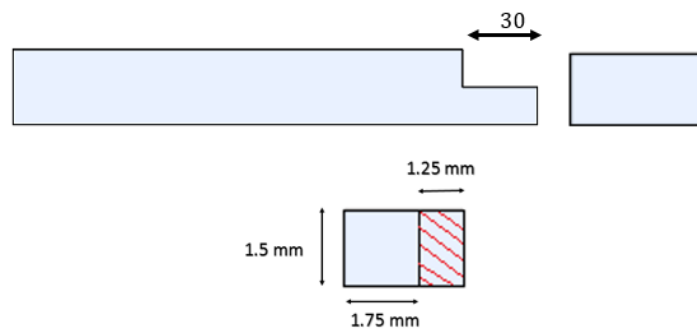
- Rangka cetak atas: 165 X 100 X150
- Rangka cetak bawah: 165 X 100 X 100

Proses pembuatan cetakan *dry sand* dilakukan di sektor cetakan inti bengkel pengecoran logam Polman Bandung



Gambar 2. Skema pola dalam cetakan

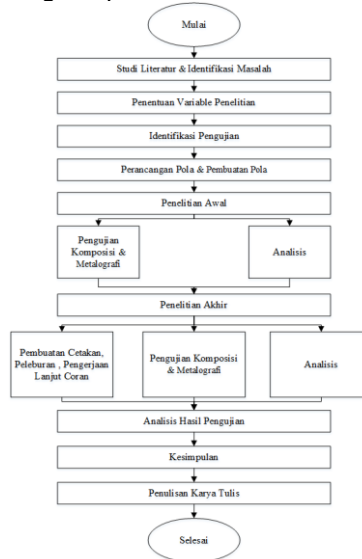
Proses penentuan bagian sample pada penelitian digambarkan pada ilustrasi pada Gambar



Gambar 3. Skema pengambilan sample

Proses pemotongan dimulai dengan pemotongan horizontal pada bagian gap antar ketebalan. Tujuannya untuk memisahkan sample berdasarkan ketebalannya. Lalu pemotongan sample di ambil 30mm dari bagian samping.

Berikut merupakan flowchart dari langkah penelitian.



Gambar 4. Diagram metodologi penelitian

Untuk mencapai tujuan pada penelitian akhir diperlukan beberapa penelitian dilapangan. Oleh karena tahap proses penelitian di bagi menjadi dua. Yaitu penelitian awal dan akhir.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 1.1 Penelitian Awal

##### 1.1.1 Perhitungan loses Sn

Perhitungan loses yang di alami oleh Sn pada saat di tambahkan pada peleburan bertujuan untuk membuat sample uji pada penelitian akhir tepat sesuai target. Pada perhitungan loses ini ladell yang di gunakan adalah ladell dengan kapasitas 20 kg dengan temperatur tapping 1500°C waktu fading selama 2 menit. timah putih yang digunakan adalah timah putih murni dengan kandungan timah 99%.

##### 1.1.2 Pengujian komposisi

Pengujian komposisi pada penelitian awal ini dilakukan sebanyak 5 kali. Yaitu pada saat sebelum tapping (pada tungku) dan 4 yang lain pada masing masing variasinya. Berikut merupakan hasil dari pengujian komposisi yang di lakukan pada tiap variasi yang dihasilkan dalam ladell yang sama dan setelah pemberian Mg Treatment.

Komposisi	Parameter Unsur							
	C %	Si %	CE	Mn %	P %	S %	Mg %	Sn %
ASM Vol 1	2.5 - 4.0	1.0 - 3.0	3.7 - 4.7	0.2 - 1	0.01 - 0.1	0.01 - 0.03	0.01 - 0.03	-
S1	3.09	3.17	4.15	0.35	0.012	0.005	0.023	0.002
S2	3.01	3.19	4.07	0.35	0.012	0.004	0.022	0.100
S3	2.92	3.17	3.98	0.36	0.013	0.004	0.020	0.118
S4	3.73	3.13	4.77	0.35	0.011	0.005	0.028	0.175

Tabel 1. Hasil uji spektro komposisi cairan pada penelitian awal

Berdasarkan tabel 4.1 dapat di lihat hasil dari uji komposisi dari masing masing sample yang telah di buat. Dari data di atas dapat di lihat bahwa komposisi yang terdapat pada sample kecuali kandungan silicon sudah sesuai dengan komposisi Compacted Graphite Iron ASM Vol 1. Kandungan karbon, silikon, sulfur, mangan tidak berbeda jauh. Hal ini di sebabkan karena pembuatan sample uji masih

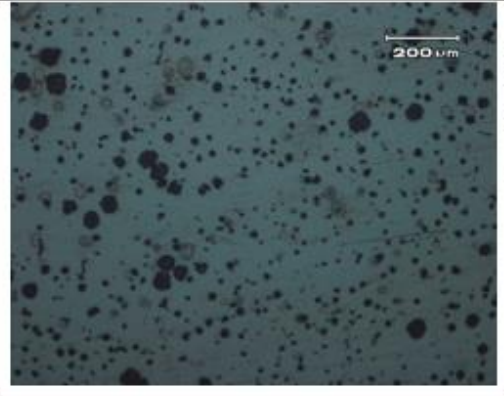
dalam ladle yang sama. Kandungan Sn sengaja di buat bervariasi hal ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan dari perusakan Sn terhadap grafit pada material CGI ini.

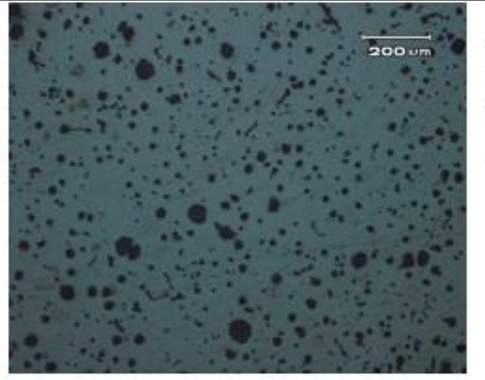
Penomoran sample dibuat sesuai dengan urutan penuangan cairan. Sample 1 (S1) merupakan sample yang terlebih dahulu di tuang selanjutnya sample 2 lalu seterusnya.

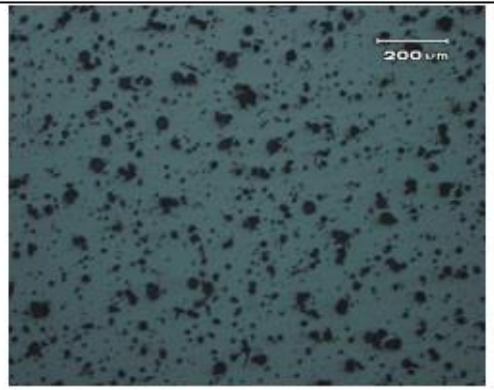
### 1.1.3 Pengujian Metalografi

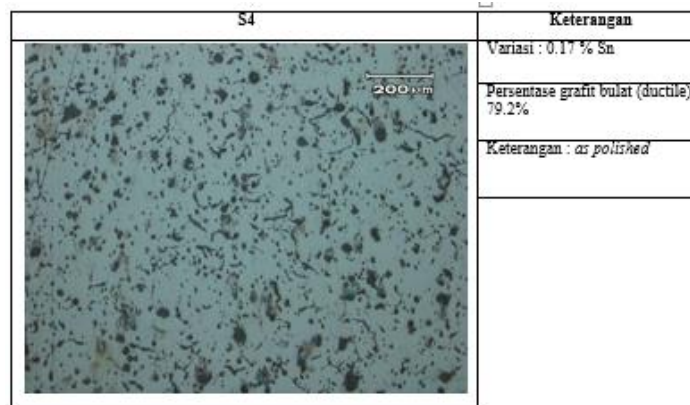
Pengujian metalografi ini dilakukan tidak menggunakan *etching* dikarenakan yang di amati merupakan distribusi, ukuran, dan jumlah grafit yang terbentuk. Tujuan di lakukannya penelitian awal ini bertujuan untuk mengetahui seberapa jauh perusakan grafit yang di sebabkan oleh penambahan Sn.

Berikut merupakan hasil yang di dapat dari pengujian metalografi dengan perbesaran 100x pada penelitian pertama sebagai berikut.

S1	Keterangan
	Variasi : 0 % Sn
	Persentase grafit bulat (ductile) : 97.7%
	Keterangan : as <i>polished</i>

S2	Keterangan
	Variasi : 0.10 % Sn
	Persentase grafit bulat (ductile) : 92.2%
	Keterangan : as <i>polished</i>

S3	Keterangan
	Variasi : 0.11 % Sn
	Persentase grafit bulat (ductile) : 90.2%
	Keterangan : as <i>polished</i>



Gambar 5. Perhitungan persentase grafit dari sample uji metalografi penelitian awal

Dari hasil yang di dapat pada penelitian awal, dapat dilihat bahwa dengan hasil komposisi yang di dapat terutama Mg residu yang di hasilkan seharusnya membentuk grafit vermicular. Namun data aktual menghasilkan grafit bulat (ductile) lebih dari 95%. Hal ini di perkirakan karena pemberian inokulasi yang berlebihan sehingga kandungan Si nya melibihi dari batas. Bahan peleburan yang di gunakan terlalu bersih dari sulfur, sehingga kandungan sulfur yang di hasilkan sangat rendah bahkan setengah dari batas minimal pada literatur.

Efek perusakan pembulatan grafit yang ditimbulkan akibat dari penambahan Sn mulai tampak. Semakin banyak jumlah Sn yang di berikan semakin bertambah grafit vermicular yang terbentuk. Pemberian sebanyak 0.17% Sn membentuk grafit vermicular paling banyak. Oleh karena itu pemberian 0.17% Sn di pilih sebagai tujuan yang akan di lakukan pada penelitian akhir karena membentuk grafit vermicular terbanyak .

## 1.2 Penelitian Akhir

### 1.2.1 Pengujian Komposisi

Berikut merupakan hasil dari pengujian komposisi yang di lakukan pada tiap variasi yang di hasilkan dalam ladell yang sama dan setelah pemberian Mg Treatment.

Komposisi	Parameter Unsur							
	C %	Si %	CE	Mn %	P %	S %	Mg %	Sn %
ASM Vol 1	2.5 - 4.0	1.0 - 3.0	3.7 - 4.7	0.2 - 1	0.01 - 0.1	0.01 - 0.03	0.01 - 0.03	-
S1	3.304	2.394	4.10	0.388	0.012	0.006	0.013	0.002
S2	3.308	2.439	4.12	0.395	0.012	0.007	0.012	0.173

Tabel 2. Hasil uji spektro komposisi cairan pada penelitian akhir.

Berdasarkan hasil data pengujian komposisi menggunakan OES (*Optical Emission Spectrometer*) pada tabel 4.3 dapat di peroleh informasi bahwa hasil pengujian sudah mencapai target dalam literatur Compacted Graphite Iron pada ASM Vol 1

Pembuatan kedua sample tersebut di buat dalam ladell yang sama. Itu artinya kedua sample yang di buat dalam proses penambahan inokulasi dan mg *treatment* yang sama.




### 1.2.2 Metalografi

Berikut merupakan hasil dari pengujian komposisi yang di lakukan

#### 3.2.2.1 Validasi Bentuk Grafit

Untuk melakukan validasi bentuk grafit yang dihasilkan dari proses pembuatan sample pertama bisa dengan menggunakan metode di bandingkan dengan sumber-sumber yang telah ada. Dilihat dalam gambar mikrostruktur dengan perbesaran 100x. Pada bentuk 2 dimensi grafit vermicular, memiliki bentuk yang memanjang dan terlihat tumpul/radius dalam bagian ujung, ini yang menjadi ciri khas dari bentuk grafit vermicular ini. Diharapkan hasil yang di dapat kan hanya memiliki bentuk vermicular dan spheroidal (ductile).

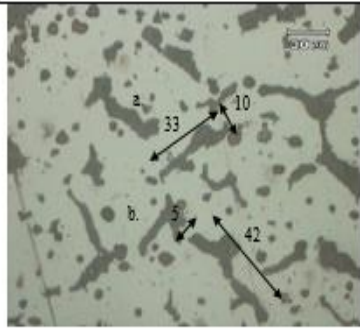


		
(a) Gambar yang di hasilkan dari uji metalografi pada sample 2 ketebalan 25 mm	(b) Gambar Compacted Graphite. (Sumber: Marcin Gorny. Cast Iron compacted graphite )	(c) Gambar Compacted Graphite. (Sumber: Marcin Gorny. Cast Iron compacted graphite )

Tabel 3. Validasi bentuk grafit berdasarkan literatur

Dengan membandingkan gambar hasil uji mikrostruktur yang di peroleh dengan sumber literatur yang ada maka dapat dinilai bahwa bentuk grafit yang di dihasilkan mirip dengan gambar (b) pada tabel 4.4 yang merupakan grafit compacted. Maka dapat di simpulkan bahwa grafit yang dihasilkan merupakan compacted graphite (grafit vermicular).


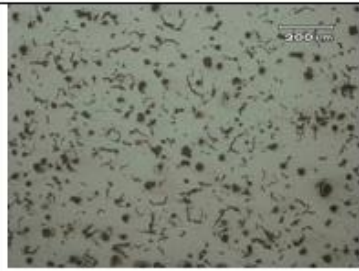
Untuk mendukung validisasi bentuk grafit yang di dihasilkan dengan membandingkan bentuk dari literatur maka di lakukan perhitungan faktor bentuk yang di gunakan untuk validasi data grafit. Perhitungan bersumber dari ISO 16112.2006. *Compacted graphite cast iron* yang di kutip dari S Charoenvilaisiri ; D.M Stefanoscu; R Ruxanda; T,Piwonka "Thin Wall Compacted Graphite iron Casting"

Gambar uji metalografi perbesaran 500x	Perhitungan Lenght To Thickness Ratio
	<p>a.</p> <p><math>L_{max} = 33</math></p> <p><math>L_{min} = 10</math></p> <p>Length to thickness ratio = <math>\frac{L_{max}}{L_{min}} = \frac{33}{10} = 3.3</math></p>
	<p>a.</p> <p><math>L_{max} = 42</math></p> <p><math>L_{min} = 5</math></p> <p>Length to thickness ratio = <math>\frac{L_{max}}{L_{min}} = \frac{42}{5} = 8.4</math></p>

Tabel 4. Perhitungan lenght to thicness ratio

### 3.2.2.2 Bentuk, Distribusi, dan Jumlah Grafit

Untuk mengklasifikasi jenis bentuk, ukuran, sebaran mengacu pada VDG-Merkblatt P441. Untuk perhitungan jumlah grafit dilakukan pada gambar hasil uji metalografi pada perbesaran 100x.

Sample 1 Ketebalan 25	Sample 2 Ketebalan 25
	
Bentuk = I (Spheroidal) & IV (Vermicular)	Bentuk = I (Spheroidal) & IV (Vermicular)
Distribusi = A	Distribusi = A
Jumlah Grafit = 405	Jumlah Grafit = 470
Jumlah grafit vermicular = 194	Jumlah grafit vermicular = 271
Jumlah grafit Spheroidal = 210	Jumlah grafit Spheroidal = 199
Persentase grafit vermicular = 47.62%	Persentase grafit vermicular = 56.459%

Tabel 5. Hasil data analisa metalografi

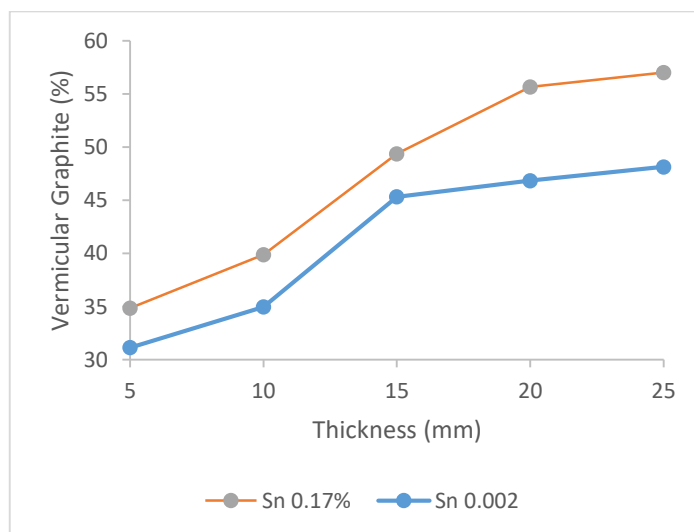
Pada perwakilan dari data yang di peroleh. Sample dengan ketebalan uji yang sama namun memiliki perbedaan kandungan Sn. Mengacu pada buku *Foseco Ferrous Foundryman's Handbook* bahwa bentuk grafit yang terbentuk pada kedua sample tersebut merupakan bentuk spheroidal (I) dan vermicular (II).

Untuk perhitungan jumlah grafit dilakukan sebanyak 2 gambar pada setiap sampelnya dan diambil jumlah rata ratanya. Terdapat sebanyak 10 sample yang di hasilkan dari variasi penambahan Sn dan ketebalan. Dari perhitungan jumlah grafit pada semua sampel, didapatkan data sebagai berikut.

Sn (%)	5 mm	10 mm	15 mm	20 mm	25 mm
S1 (Sn 0.002%)	31.14 %	34.96 %	45.32 %	46.84 %	48.14
S1 (Sn 0.17%)	34.84 %	39.88 %	49.38 %	55.65 %	57.02 %

Tabel 6. Persentase jumlah grafit vermicular pada material

Dari tabel 6 maka hasil data yang di peroleh dapat di buat menjadi grafik seperti pada gambar berikut

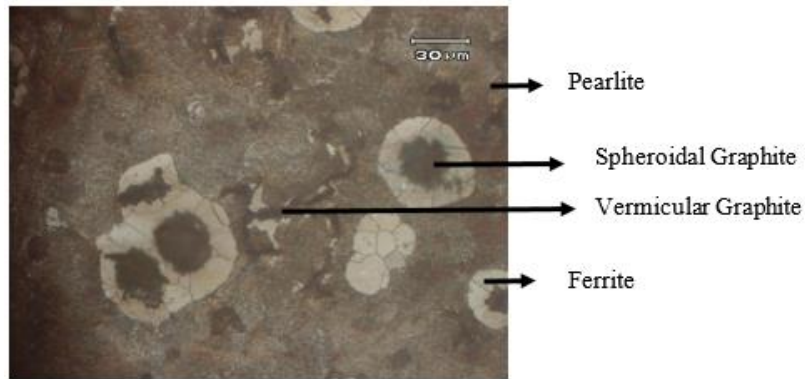




Gambar 4.1 Kurva compacted graphite (CG) berdasarkan jumlah penambahannya serta ketebalan uji yang bervariasi..

### 5.2.2.3 Fasa Yang terbentuk


Untuk mengetahui fasa yang terbentuk pada sample uji dilakukan proses etsa menggunakan nital 3%.



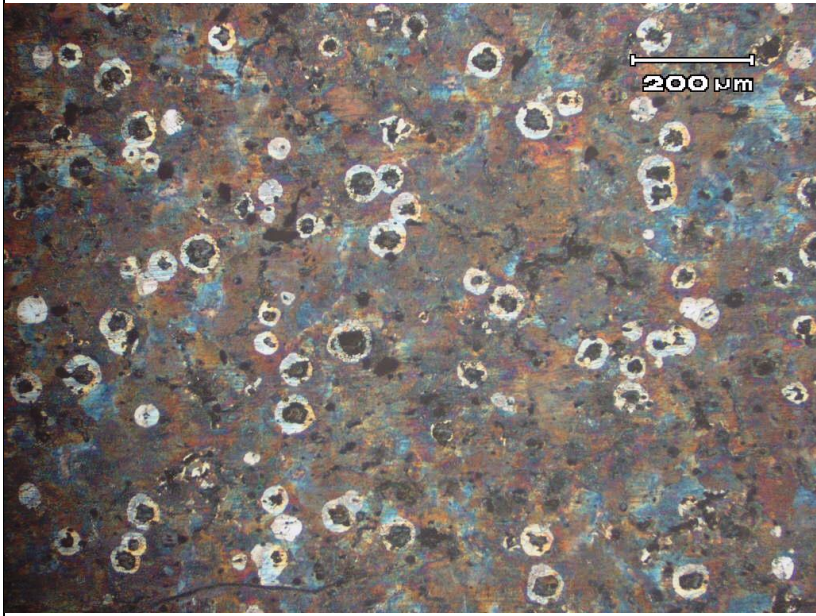
Gambar 4.2 Fasa strukturmikro pada 0.17% Sn ketebalan 15mm *as etched*

Penambahan Sn pada besi cor bersifat promote *pearlite* dan mengurangi fasa *ferrite*<sup>1</sup>. Untuk mengetahui lebih lanjut efek dari penambahan unsur Sn sebagai promote *pearlite*. Maka dilakukan proses perhitungan persentase fasa pada hasil uji metalografi. Sampel gambar yang digunakan merupakan hasil dari pengamatan dengan perbesaran 100x dan proses perhitungan persentase dibantu dengan *software image colour summarize*. Berikut merupakan hasil dari perhitungan.

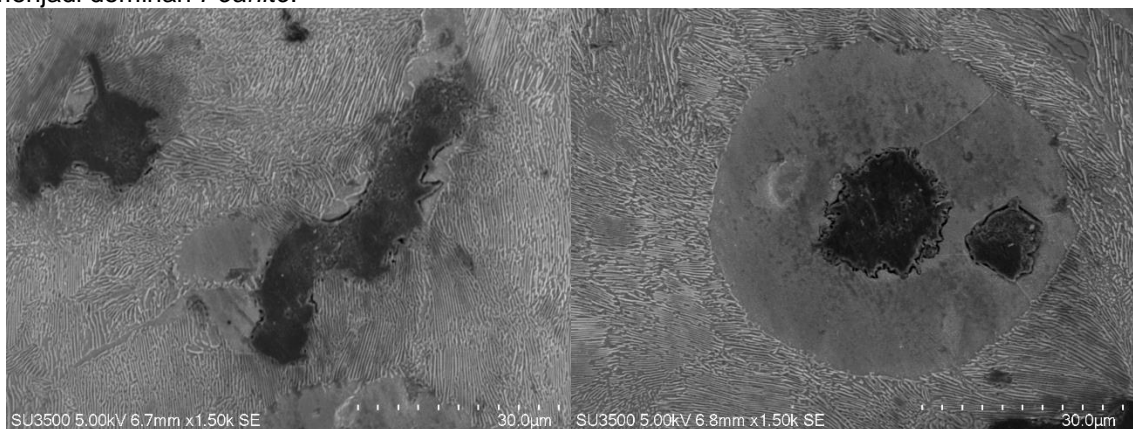
Tabel 4.10 Hasil perhitungan persentase fasa

0.002% Sn	Keterangan
	<b>Fasa Yang Terbentuk :</b> Pearlite dan Ferrite
	<b>Matriks Dasar :</b> Ferrite
	<b>Persentase Perlite :</b> 9.45 %
	<b>Persentase Ferrite :</b> 66,85 %
	<b>Persentase Graphite :</b> 23.69 %

<sup>1</sup> J. R. Brown, *Foseco Ferrous Foundryman's Handbook*, Oxford: Butterworth-Heinemann, 2000.

0.170% Sn	Keterangan
	<b>Fasa Yang Terbentuk :</b> Pearlite dan Ferrite
	<b>Matriks Dasar :</b> Pearlite
	<b>Persentase Perlite :</b> 63,67 %
	<b>Persentase Ferrite :</b> 13,90 %
	<b>Persentase Graphite :</b> 22,43%

Secara visual sudah nampak jelas perbedaan dari fasa yang terbentuk. Efek Sn sebagai promote *pearlite* membuktikan bahwa dengan menambahkan unsur Sn sebanyak 0.17% sudah cukup membuat fasa menjadi dominan *Pearlite*.



Gambar 4.3. Hasil uji SEM (a) grafit *vermicular* (b) grafit *spheroidal*

Efek Sn sebagai memperpendek jarak ferrite juga terbukti pada gambar 4.3. Fasa *ferrite* pada sekitar grafit *vermicular* sangat kecil volumenya berbeda dengan yang di sekitar grafit *spheroidal*. Perbedaan ini dimungkinkan karena unsur Sn pada grafit *spheroidal* kurang sehingga efek yang ditimbulkan tidak seperti pada *ferrite* di sekitar grafit *vermicular*

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari data penelitian pengaruh unsur 0.17% Sn terhadap pembentukan grafit *vermicular* pada material *compacted graphite iron* dengan ketebalan sample uji yang bervariasi yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa

- Penambahan unsur Sn terbukti dapat meningkatkan persentase grafit *vermicular*. Dapat dilihat pada setiap variasi kandungan Sn dengan ketebalan yang sama terdapat perbedaan persentase grafit dimana pada sample yang ditambahkan unsur Sn memiliki persentase *vermicular* yang lebih

tinggi. Efek dari penambahan unsur Sn sebanyak 0.17% sudah cukup membuat material menjadi *pearlitic*.

- Persentase grafit vermicular pada ketebalan yang berbeda-beda dalam kandungan komposisi yang sama menghasilkan persentase grafit vermicular yang berbeda-beda. Semakin tebal sample uji persentase grafit vermicular semakin tinggi.

#### **UCAPAN TERIMAKASIH**

Penulis pada kesempatan ini mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu baik berupa materi maupun pikiran sehingga penelitian dan paper ini dapat terselesaikan dengan baik. Yang kedua penulis mengapresiasi Jurusan Teknik Pengecoran Logam di Politeknik Manufaktur Bandung atas fasilitas yang dipergunakan dalam penelitian ini.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

1. ASM. (1990). ASM METAL HANDBOOK VOL. 1: PROPERTIES AND SELECTION: IRONS, STEELS AND HIGH-PERFORMANCE ALLOYS. New York. ASM Handbook Committee.
2. ASM. (1992). ASM METAL HANDBOOK VOL. 15: CASTING. New York. ASM Handbook Committee.
3. B,R,John,. 2000. Foseco Ferrous Foundryman's Handbook. British: A division of Reed Educational and Professional Publishing Ltd
4. ASM. (2004). ASM METAL HANDBOOK VOL. 9: METALOGRAFIE AND MICROSTRUCTURES. New York. ASM Handbook Committee
5. Lyu Yezhe, "Abrasive Wear of Compacted Graphite Cast Iron with Added Tin"
6. Yezhe, Y. Sun, S. Liu & J. Zhao, "Effect of tin on microstructure and mechanical properties of compacted graphite iron"
7. Go' rny Marcin "Cast Iron: Compacted Graphite"
8. Sugwon Kim, S.L.Cockcroft, A.M.Omran."Optimization of the process parameters affecting the microstructures and properties of compacted graphite iron"
9. J.Lacaze, J Sertucha, Effect of Cu, Mn and Sn on pearlite growth kinetics in as-cast ductile iron