

**ANALISA PERMUKAAN PATAHAN SPESIMEN UJI IMPAK
BESI COR NODULAR DENGAN VARIASI KANDUNGAN
MAGNESIUM 0,0296%, 0,0307% DAN 0,0336%**



Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Jurusan Teknik
Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

Disusun Oleh :

ROMAN RIO SAPUTRA

NIM : D200130048

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2020

HALAMAN PERSETUJUAN

ANALISA PERMUKAAN PATAHAN SPESIMEN UJI IMPAK BESI COR NODULAR DENGAN VARIASI KANDUNGAN MAGNESIUM 0,0296%, 0,0307% DAN 0,0336%

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh :

ROMAN RIO SAPUTRA
D200130048

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen
Pembimbing



(Agung Setyo Darmawan, S.T., M.T.)

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISA PERMUKAAN PATAHAN SPESIMEN UJI IMPAK BESI
COR NODULAR DENGAN VARIASI KANDUNGAN MAGNESIUM
0,0296%, 0,0307% DAN 0,0336%**

Oleh :

ROMAN RIO SAPUTRA

D200130048

Telah diterima dan disahkan oleh Dewan Penguji Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Sabtu tanggal, 15 Agustus 2020

Dewan Penguji :

1. Agung Setyo Darmawan, S.T., M.T
(Ketua Dewan Penguji)
2. Ir. Agus Hariyanto, M.T
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Bambang Waluyo F, S.T., M.T
(Anggota II Dewan Penguji)



Dekan,



Ir. H. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D

NIK.682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidak benaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan saya pertanggung jawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 1 September 2020

Penulis



ROMAN RIO SAPUTRA
D200130048

ANALISA PERMUKAAN PATAHAN SPESIMEN UJI IMPAK BESI COR NODULAR DENGAN VARIASI KANDUNGAN MAGNESIUM 0,0296%, 0,0307% DAN 0,0336%

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi kandungan magnesium (Mg) besi cor nodular terhadap struktur mikro dan permukaan patahan spesimen uji impak besi cor nodular. Penelitian ini menggunakan bahan FCD (*ferro casting ductile*) sebagai bahan awal yang kemudian dilebur di dalam tungku pelebur. Proses pembentukan besi cor bergrafit bulat dilakukan dengan sistem ladle terbuka, yaitu variasi penambahan FeSiMg 0 gram (raw material), 50 gram dan 100 gram yang diletakan di dasar ladle berkapasitas 15 kg sesaat sebelum besi cair dituangkan dalam ladle. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin banyak kandungan magnesium (Mg) maka butiran grafit yang dihasilkan cenderung semakin berkurang dan cenderung mengecil, perlit semakin banyak dan ferit semakin sedikit. Sedangkan dari pengujian SEM bahwa setiap spesimen memiliki patahan campuran yaitu patahan liat dan getas. Permukaan patahan memperlihatkan semakin banyak kandungan magnesium semakin banyak daerah patah getas ini sesuai dengan penelitian Kartika (2019). Tetapi pada spesimen 3 terlihat mempunyai daerah patah liat yang lebih banyak, hal ini disebabkan oleh pencampuran FeSiMg yang tidak merata.

Kata Kunci: *Besi nodular, foto mikro dan SEM*

Abstract

This study aims to determine the effect of variations in the content of magnesium (Mg) nodular cast iron on the microstructure and fracture surface of nodular cast iron impact test specimens. This research uses FCD (*ferro casting ductile*) as a starting material which is then melted in a melting furnace. The process of forming round graphite cast iron is carried out using an open ladle system, namely the variation of the addition of FeSiMg 0 grams (raw material), 50 grams and 100 grams which is placed at the bottom of the ladle with a capacity of 15 kg just before the molten iron is poured into the ladle. The results showed that the more magnesium (Mg) content, the resulting graphite grains tended to decrease and tend to shrink, more pearlite and less ferrite. Meanwhile, from SEM testing that each specimen has a mixed fracture, namely clay and brittle fractures. The fracture surface shows the more magnesium content the more brittle fracture areas are according to Kartika's research (2019). However, specimen 3 appears to have more clay fracture areas, this is due to the uneven mixing of FeSiMg.

Keywords: Nodular iron, micro photo and SEM

1. PENDAHULUAN

Besi cor adalah paduan besi yang mengandung karbon, silisium, mangan, fosfor dan belerang (Karim, 2008). Besi cor merupakan istilah yang diterapkan untuk jenis besi paduan, dimana yang membedakannya adalah kadar karbonnya yang lebih dari 1,7% (Reynaud, 2010). Besi cor pada umumnya digunakan untuk bahan konstruksi, otomotif, pompa air dan peralatan rumah tangga. Berdasarkan jenisnya besi cor terdiri dari besi cor kelabu (*gray cast iron*), besi

cor nodular (*ferro carbon ductile*), besi cor putih (*white cast iron*), dan besi cor mampu tempa (*malleable cast iron*).

Besi cor kelabu merupakan jenis besi cor yang paling banyak digunakan karena sifat peredam getaran dan *self lubrication* yang baik. Grafit pada besi kelabu yang membentuk *flake* terbentuk pada saat pembekuan. Proses penggrafitan dipengaruhi oleh tingginya kadar karbon, unsur *grafite stabilizer* (silikon), temperatur penuangan tinggi dan pendinginan yang lambat. Patahan penampang besi cor akan berwarna kelabu yang disebabkan banyaknya jumlah grafit. Grafit besi cor kelabu berbentuk *flake* (serpih), berupa lempeng-lempeng kecil yang melengkung. Ujung-ujung grafit berbentuk runcing yang menyebabkan ketangguhan besi cor kelabu rendah (Surdia & Saito, 1997).

Besi cor nodular atau *ferro carbon ductile* (FCD) sudah dikenal sejak akhir tahun 40-an. FCD memiliki matrik ferit dan perlit dengan grafit yang berbentuk bulat (*spheroidal*) oleh karena itu FCD mempunyai kekuatan, ketangguhan yang cukup tinggi dibandingkan dengan besi cor kelabu (Forrest, 1987). Besi cor nodular merupakan besi cor atau *cast iron* yang memiliki kandungan karbon diatas 2%. Kandungan karbon pada besi cor nodular bisa sampai 3,8%. Dengan tingginya kandungan karbon tersebut temperatur peleburan besi cor nodular cukup rendah yaitu sekitar ± 1450 °C dibanding baja cor yang memiliki temperatur cor sebesar ± 1600 °C. Dengan demikian proses peleburan besi cor lebih mudah dan murah dibanding baja cor. Besi cor nodular memiliki kekuatan antara 40 kgf/mm² sampai dengan 80 kgf/mm². Perpanjangan yang dimiliki menurun dari 17% sampai 2%, dengan meningkatnya kekuatan (Bandanadjaja, 2010).

Dari uraian di atas dilakukan penelitian dengan judul “analisa permukaan patahan spesimen uji impak besi cor nodular dengan variasi kandungan magnesium 0,0296%, 0,0307% dan 0,0336%”.

1.1 Pembatasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah di atas, perlu adanya pembatasan masalah yang akan diteliti yaitu:

1. Bahan yang digunakan adalah besi cor nodular.
2. Penambahan FeSiMg adalah 0 gram (*Raw Material*), 50 gram, 100 gram.
3. Pengujian yang dilakukan adalah, pengujianstruktur mikro dengan menggunakan mikroskop optik dan analisa permukaan patahan dengan menggunakan SEM berdasar elektron sekunder.
4. Data uji komposisi dan uji impak diambil dari penelitian Kartika (2019).

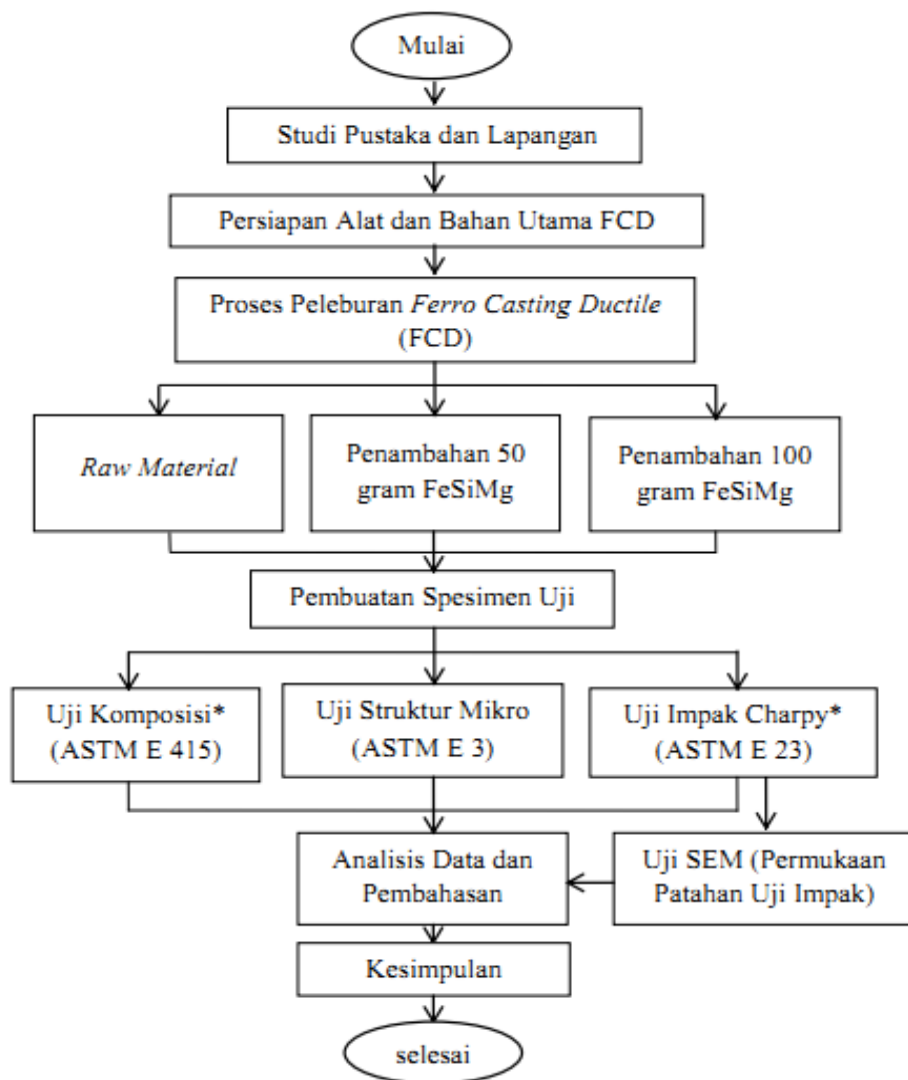
1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan pembatasan masalah di atas, maka tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh penambahan FeSiMg terhadap struktur mikro besi cor nodular.
2. Mengetahui pengaruh penambahan FeSiMg terhadap permukaan patah spesimen uji impak besi cor nodular.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

2.2 Alat dan Bahan Dalam Peleburan Besi Cor Nodular

2.2.1 Alat

1. Tungku (tanur pelebur)
2. Timbangan
3. Thermometer

4. Ladel penuang
5. Cetakan

2.2.2 Bahan

1. Ferro Casting Ductile (FCD)
2. Ferro Silicon Magnesium (FeSiMg)

2.3 Langkah Penelitian

Proses pembuatan besi cor nodular dan penambahan magnesium menjadi spesimen uji dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

1. Memasukkan bahan utama FCD ke dalam tungku pelebur (peleburan).
2. Menuangkan hasil pengecoran kedalam ladel besar berkapasitas 75 kg.
3. Meletakkan paduan FeSiMg kedasar ladel kecil berkapasitas 15 kg dengan variasi FeSiMg sebesar 0 gram (*Raw Material*), 50 gram, 100gram. Kemudian menuangkan logam cair dari ladel besar ke ladel kecil. Metode nodularisasi menggunakan sistem ladel terbuka (*open ladle*). Sistem ini digunakan karena mempunyai beberapa keuntungan yaitu sederhana dan penggunaannya yang luas, tetapi juga menimbulkan kerugian berupa reaksinya yang hebat, sehingga menghasilkan uap dan asap. Kemudian ladel yang berisi paduan FeSiMg ditambahkan logam cair hasil peleburan dengan suhu $\pm 1200^{\circ}\text{C}$ dan digoyang dengan harapan FeSiMg dapat tercampur secara merata sehingga dapat menghasilkan grafit berbentuk bulat dan tersebar merata.
4. Menuangkan logam cair hasil penambahan paduan *ferro silicon magnesium* (FeSiMg) kedalam cetakan pasir.
5. Membongkar hasil pengecoran dan membersihkannya.
6. Mempersiapkan hasil pengecoran yang berukuran 300×35 mm dan tebal 15 mm untuk dilakukan proses pemesinan sebelum dilakukan proses pengujian komposisi, struktur mikro dan analisa permukaan patahan uji impak. Hasil pengecoran yang akan diuji.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Hasil Uji Komposisi Kimia

Tabel 1 Hasil Uji Komposisi

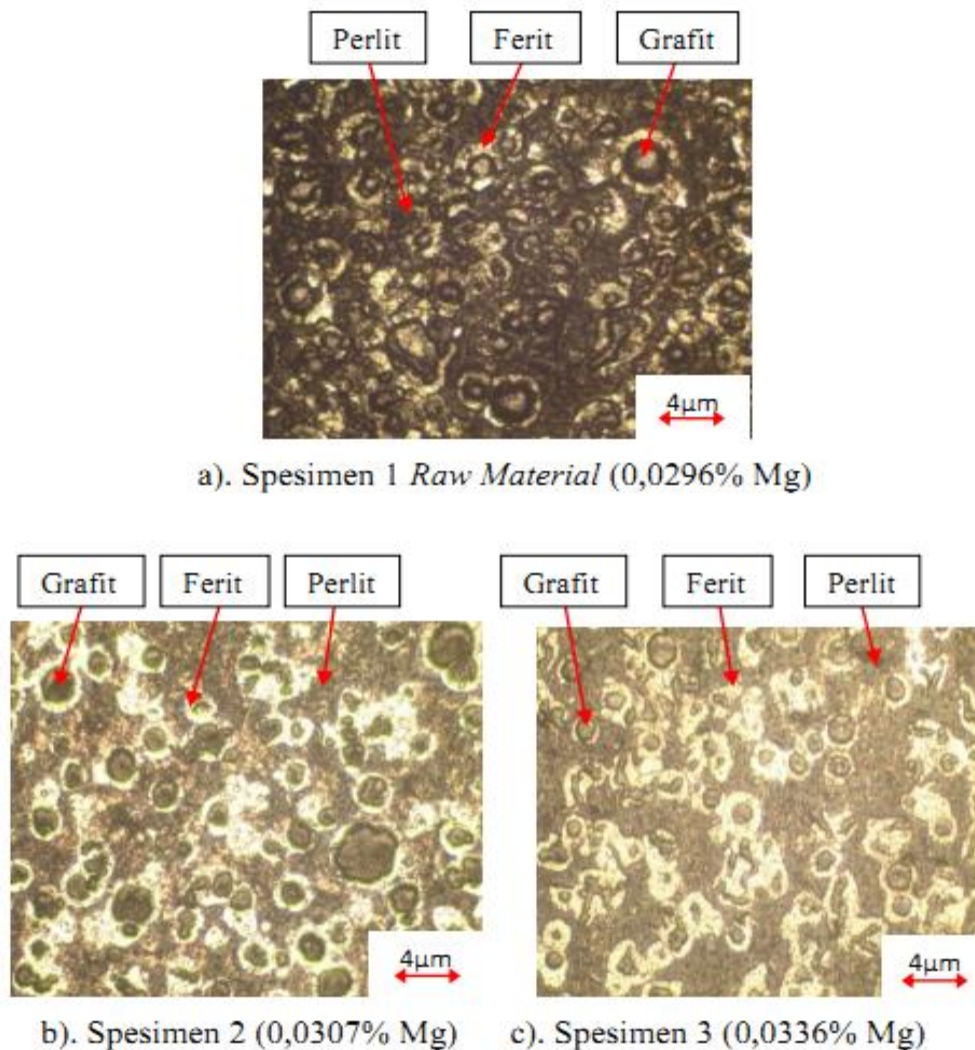
Unsur	Penambahan FeSiMg kedalam ladel peleburan besi cor berkapasitas 15 kg		
	Spesimen 1 Raw Material (%)	Spesimen 2 Penambahan 50 gram (%)	Spesimen 3 Penambahan 100 gram (%)

C	3,4599	3,5100	3,5664
Si	2,6302	2,5997	2,5926
S	0,0147	0,0132	0,0108
P	0,0139	0,0177	0,0152
Mn	0,3459	0,5279	0,5034
Mg	0,0296	0,0307	0,0336
Ni	0,0119	0,0115	0,0114
Cr	0,0829	0,0921	0,0889
Mo	0,0016	0,0020	0,0017
U	0,0298	0,0231	0,0213
W	0,0000	0,0000	0,0000
Ti	0,0307	0,0360	0,0349
Sn	0,0083	0,0090	0,0887
Al	0,0129	0,0119	0,0114
Nb	0,0002	0,0002	0,0002
V	0,0034	0,0045	0,0041
Co	0,0030	0,0030	0,0029
Pb	0,0000	0,0000	0,0000
Ca	0,0353	0,0337	0,0322
Zn	0,0010	0,0007	0,0005
Fe	93,32	93,11	92,51

Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan bahwa spesimen 1 *raw material* dan dengan penambahan unsur pembulat grafit FeSiMg sebesar 50 gram, 100 gram pada *raw material* FCD dengan system ladle terbuka berkapasitas 15 kg besi cor cair tiap variasinya menghasilkan prosentase magnesium (Mg) spesimen 1, 2 dan 3, secara berturut-turut adalah 0,0296%, 0,0307% dan 0,0336% seperti diperlihatkan pada gambar 3.1. Dengan kadar kandungan magnesium sebesar 0,0296%, 0,0307% dan 0,0336%, maka hasil dari variasi

kandungan unsur magnesium (Mg) pada spesimen 1, 2 dan 3 mencapai kadar kandungan magnesium (Mg) yang dianjurkan dalam besi cor nodular, dikarenakan kadar kandungan magnesium yang dianjurkan dalam besi cor bergrafit bulat adalah antara 0,02-0,08% Mg sesuai dengan persyaratan dari *Atomic Fluorescence Spectrometry (AFS)* 1992.

3.2 Pengujian Struktur Mikro



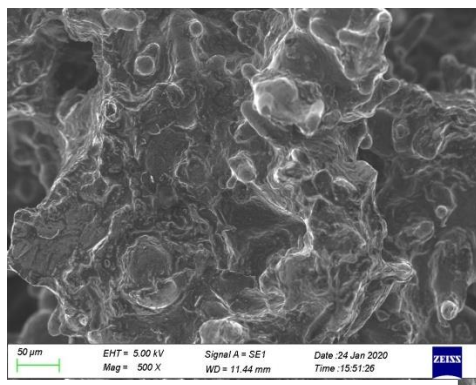
Gambar 2 Struktur Mikro Besi Cor Nodular

Hasil uji struktur mikro pada gambar 2 memperlihatkan dengan jelas adanya fasa-fasa dalam besi cor nodular yaitu grafit, ferit, dan perlit. Grafit yang berbentuk bulat berwarna gelap terlihat dikelilingi oleh fasa ferit yang berwarna terang dalam matrik perlit yang berbentuk lamel-lamel berwarna selang seling terang gelap. Hasil pengujian struktur mikro menunjukkan bahwa semakin banyak kandungan magnesium (Mg) besi cor maka bentuk grafit yang dihasilkan cenderung semakin berkurang dengan ukuran butir grafit

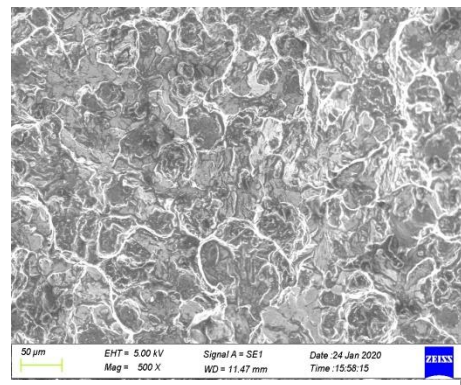
cenderung mengecil, bentuk grafit bulat ini menunjukkan bahwa telah cukup kandungan magnesium (Mg) yang ditambahkan dalam paduan besi cor, hal tersebut dapat dilihat pada hasil pengujian stuktur mikro pada masing-masing spesimen. Selain itu dapat dilihat pula bahwa perlit akan meningkat dengan bertambahnya prosentase Mg.

3.3 Pengujian SEM

Pengujian SEM dilakukan bertujuan untuk menganalisa permukaan patahan dari uji impact besi cor nodular dengan variasi kandungan FeSiMg sebesar 0 gram, 50 gram dan 100 gram. Hasil pengujian SEM spesimen 1, 2 dan 3 dari patahan uji impact dengan variasi kandungan FeSiMg sebesar 0 gram, 50 gram dan 100 gram dengan perbesaran 500x pada lensa magnetik dapat dilihat pada gambar 3. Foto permukaan spesimen 1, 2 dan 3 dari patahan uji impact dapat dilihat pada gambar 4.

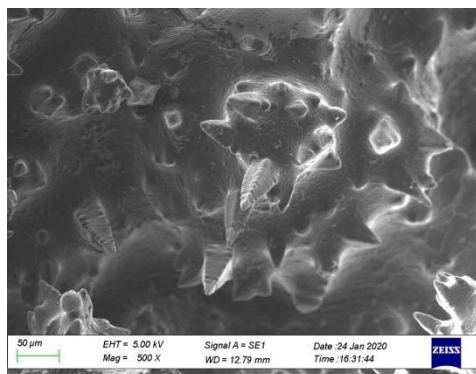


Bagian jurang

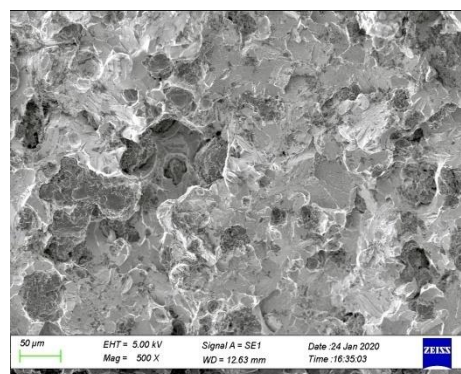


Bagian rata

a). Spesimen 1 *Raw Material* (0,0296% Mg)

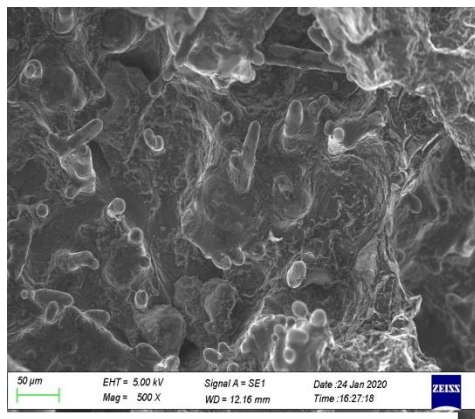


Bagian jurang

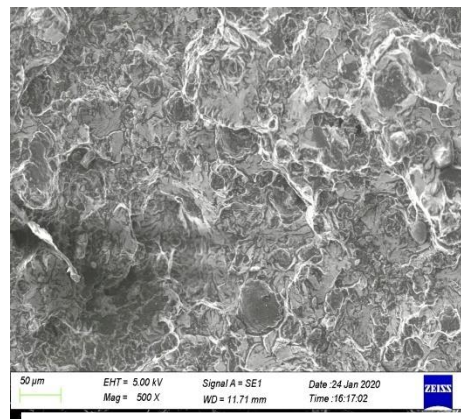


Bagian rata

FeSi



Bagian jurang

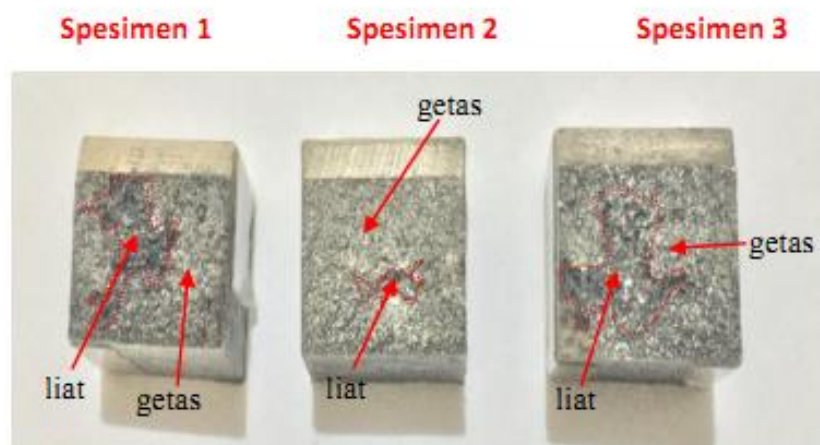


Bagian rata

c). Spesimen 3 Penambahan FeSiMg 100 gram (0,0336% Mg)

Gambar 3 Hasil Uji SEM

Dari hasil uji SEM pada gambar 3 memperlihatkan pada spesimen 1 (*Raw Material*) di bagian jurang mengalami patahan liat (ductile) yang berserat (*fibrous fracture*). Sedangkan di bagian rata mengalami patahan getas terlihat dari pembelahan butir yang relatif rata. Pada spesimen 2 dengan penambahan FeSiMg 50 gram di bagian jurang memiliki patahan liat yang seratnya membentuk seperti runcing. Untuk bagian rata memiliki patahan getas dimana patahan getasnya lebih banyak dari spesimen 1 dan 3. Untuk spesimen 3 dengan penambahan FeSiMg 100 gram pada bagian jurang memiliki patahan liat yang seratnya berbentuk seperti kapsul, dan area patahan liatnya lebih banyak dari spesimen 1 dan 3. Sedangkan pada bagian rata memiliki patahan getas.



Gambar 4 Permukaan Patahan Spesimen Uji Impak.

Dari pengujian SEM menunjukkan bahwa setiap spesimen memiliki patahan campuran yaitu patahan liat dan getas. Permukaan patahan memperlihatkan semakin banyak

magnesium semakin banyak daerah patah getas ini sesuai dengan penelitian Kartika (2019). Tetapi pada spesimen 3 terlihat mempunyai daerah patah liat yang lebih banyak. Hal ini disebabkan oleh pencampuran FeSiMg yang tidak merata.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, analisis data dan hasil pembahasan tentang analisa permukaan patahan spesimen uji impak besi cor nodular dengan variasi kandungan magnesium 0,0296%, 0,0307% dan 0,0336% maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin banyak kandungan magnesium (Mg) maka butiran grafit yang dihasilkan cenderung semakin bulat dengan ukuran butir grafit seragam dan cenderung mengecil, perlit semakin banyak dan ferit semakin sedikit
2. Dari pengujian SEM menunjukkan bahwa setiap spesimen memiliki patahan campuran yaitu patahan liat dan getas. Permukaan patahan memperlihatkan semakin banyak magnesium semakin banyak daerah patah getas ini sesuai dengan penelitian Kartika (2019). Tetapi pada spesimen 3 terlihat mempunyai daerah patah liat yang lebih banyak. Hal ini disebabkan oleh pencampuran FeSiMg yang tidak merata.

4.2 Saran

Dalam penelitian selanjutnya, penulis mempunyai beberapa saran yang mungkin dapat digunakan untuk mengembangkan penelitian ini, antara lain:

1. Pemilihan temperatur pencampuran, waktu dan metode inokulasi merupakan faktor-faktor yang sangat menentukan sekali dalam proses nodularisasi pada pembuatan besi cor nodular, oleh karena itu diharapkan pada penelitian selanjutnya agar pemilihan faktor-faktor tersebut diperhitungkan dengan sebaiknya agar magnesium (Mg) lebih efektif dan efisien dalam menghasilkan grafit berbentuk bulat.
2. Pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan uji SEM dengan pembesaran yang lebih besar agar mendapatkan gambar yang lebih jelas pada patahan spesimen uji impak.

DAFTAR PUSTAKA

Bandanadjaja, B. (2010). *Penyeragaman Struktur Bainit Pada Besi Cor Nodular Bainit Melalui Pengendalian Unsur Silisium dan Tembaga*. Politeknik Manufaktur Negeri Bandung .

- Karim, A. (2008). *Pengaruh Penambahan Cu 0,4% dan Ni 0,6% Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Pada Besi Cor Kelabu*. Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta .
- Kartika, N. D. (2019). *Pengaruh Variasi Kandungan Magnesium (Mg) Dalam Proses Pembuatan Besi Cor Nodular Terhadap Kekuatan Impak*. Universitas Muhammadiyah Surakarta .
- Reynaud, A. (2010). *Corrosion Of Cast Irons. Reference Module in Materials Science and Material Engineering*. Shreir's Corrosion , 3, 1737-1788.
- Surdia, T., & Saito, S. (1997). *Pengetahuan Bahan Teknik* . Jakarta : PT Pradnya Paramita.