

**Karakterisasi Material Besi Cor Kelabu
Akibat Pengaruh Fero Silikon (Fe-Si) 2%
pada Proses Pengecoran dengan Cetakan Logam dan Pasir**



**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan Program Studi
Strata I Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik**

Oleh:

NOVIAWAN

D 200 160 076

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2021**

HALAMAN PERSETUJUAN

**Karakterisasi Material Besi Cor Kelabu
Akibat Pengaruh Fero Silikon (Fe-Si) 2%
pada Proses Pengecoran dengan Cetakan Logam dan Pasir**

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh:

NOVIAWAN

D 200 160 076

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen
Pembimbing



AGUS YULIANTO S.T.,M.T.

NIK.0622017101

HALAMAN PENGESAHAN

**Karakterisasi Material Besi Cor Kelabu
Akibat Pengaruh Fero Silikon (Fe-Si) 2%
pada Proses Pengecoran dengan Cetakan Logam dan Pasir**

**OLEH
NOVIAWAN
D 200 160 076**

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Selasa, 8 Mei 2021
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji:

- 1. Agus Yulianto S.T.,M.T.
(Ketua Dewan Penguji)**
- 2. Bambang Waluyo F S.T.,M.T.
(Anggota I Dewan Penguji)**
- 3. Agus Hariyanto Ir.,M.T.
(Anggota II Dewan Penguji)**

(.....)

(.....)

(.....)



Dekan Fakultas Teknik

Rois Fatonni, S.T., M.Sc., Ph.D.

NIK/NIDN: 0603027401

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 ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan saya pertanggung jawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 16 Juni 2021

Penulis



NOVIWAN

D200160076

Karakterisasi Material Besi Cor Kelabu Akibat Pengaruh Fero Silikon (Fe-Si) 2% Pada Proses Pengecoran dengan Cetakan Logam dan Pasir

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakterisasi material besi cor kelabu akibat pengaruh Fero Silikon (Fe-Si) 2% pada proses Pengecoran dengan Cetakan Logam dan Pasir. Pembuatan spesimen dari bahan material besi cor kelabu proses pembuatan spesimen menggunakan pengecoran metode *sand casting* dan *iron casting*. Dari hasil pengujian kekerasan didapatkan hasil pengujian kekerasan dengan cetakan logam bagian atas sebesar 226 BHN, Bagian tengah mengalami kenaikan menjadi 251 BHN dan pada bagian bawah mengalami peningkatan tertinggi yaitu 264 BHN. Pada cetakan peralihan terjadi peningkatan kekerasan yaitu bagian atas 214 BHN, Bagian tengah mengalami kenaikan menjadi 224 BHN dan Bagian bawah mengalami peningkatan yaitu 231 BHN. Pada cetakan pasir bagian atas 189 BHN, bagian tengah mengalami kenaikan yaitu 208 BHN dan Bagian bawah juga mengalami kenaikan yaitu 226 BHN. Dari hasil pengujian kekerasan dari penambahan Fero Silikon (Fe-Si) 2% didapatkan nilai paling tinggi pada cetakan logam bagian bawah dengan nilai kekerasan 264 BHN.

Kata kunci: besi cor kelabu, *sand casting*, *iron casting*, dan pengujian kekerasan.

Abstract

This study aims to determine the characterization of gray cast iron material due to the influence of Silicon Fero (Fe-Si) 2% in the casting process with Metal and Sand Molds. Making specimens from cast iron material gray specimen making process using casting method sand casting and iron casting. From the hardness test results obtained hardness test results with the upper metal mold of 226 BHN, the middle part experienced an increase to 251 BHN and at the bottom experienced the highest increase of 264 BHN. In the transition mold there was an increase in hardness, namely the top 214 BHN, the middle part increased to 224 BHN and the bottom increased by 231 BHN. In the upper sand mold of 189 BHN, the middle part experienced an increase of 208 BHN and the bottom also experienced an increase of 226 BHN. From the hardness test results from the addition of Silicon Fero (Fe-Si) 2% obtained the highest value on the lower metal mold with a hardness value of 264 BHN.

Keywords: gray cast iron, sand casting, iron casting, and hardness testing.

1. PENDAHULUAN

Besi cor (Cast Iron) adalah paduan besi yang mengandung karbon, silisium, mangan, fosfor dan belerang. Besi cor ini digolongkan menjadi: besi cor kelabu, besi cor kelas tinggi, besi cor kkelabu paduan, besi cor bergrafit bulat, besi cor mampu tempa dan besi cor cil. Besi cor merupakan salah satu material yang paling banyak digunakan dalam industri logam baik di gunakan

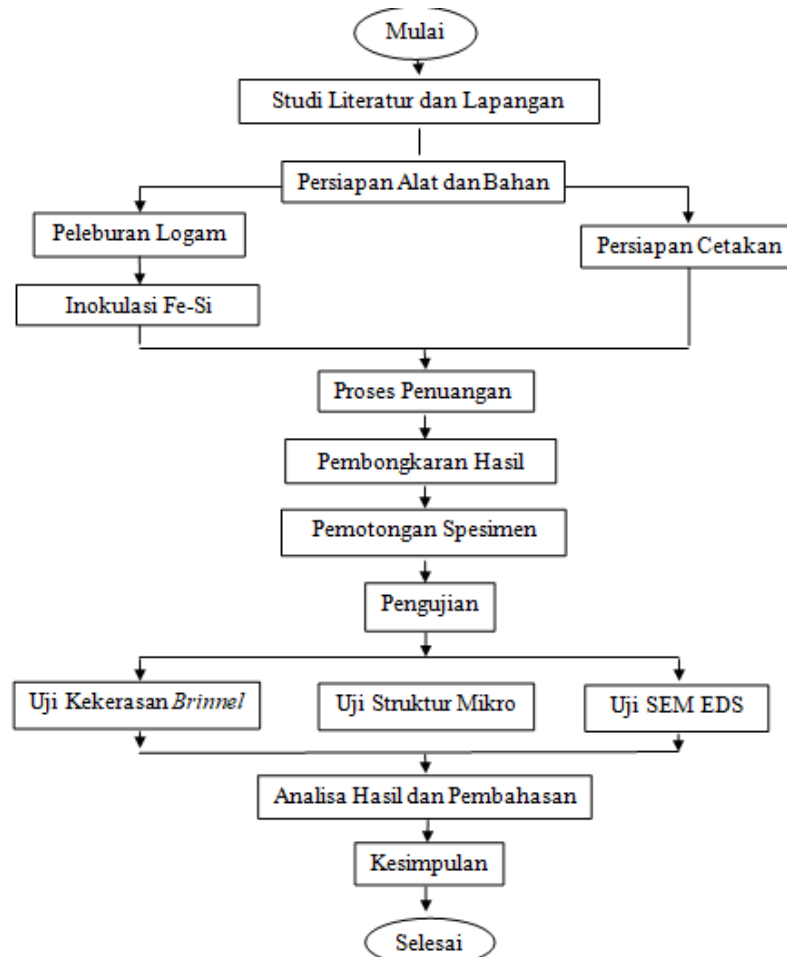
sebagai bahan dasar rangka industri hingga produk-produk lain seperti komponen-komponen kendaraan bermotor, pump casing, sistem perpindahan maupun dalam komponen generator, dan sifatnya yang tahan terhadap gesekan besi cor kelabu banyak digunakan untuk bagian dudukan atau luncuran bagian mesin yang bergerak.

Besi cor kelabu dapat ditingkatkan sifat-sifat mekanisnya dengan melakukan penambahan paduan dan perlakuan panas yang sesuai. Penelitian untuk meningkatkan sifat mekanis besi cor kelabu diperlukan untuk mendapatkan hasil komponen yang lebih baik dimasa depan. Dalam besi cor kelabu, terbentuknya grafit dan sementit tergantung pada laju pendinginan dalam komposisi kimia. Berbagai unsur terkandung atau sengaja ditambahkan untuk mendapatkan sifat-sifat mekanis yang diinginkan (Yusuf Umardani, Tomy Rizal Nurferdian).

Penambahan Silicon (Si) pada besi tuang abu-abu dapat memicu terjadinya dispersi grafit dimana grafit menjadi lebih kecil dan lebih merata. Penelitian ini mempelajari pengaruh konsentrasi Si 2,9% dan 3,8% terhadap kekuatan lelah besi cor kelabu. Si ditambahkan dengan proses pengecoran dengan metode sendok terbuka. Spesimen diproduksi dengan mengikuti ASTM E-466. Beberapa pengujian seperti uji tarik, uji kekerasan Brinell, dan pengamatan struktur mikro dilakukan sebelum pengujian fatik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi Si 3,8% cenderung meningkatkan kekuatan tarik hingga 1,3%, kekerasan 7,6%, dan batas kelelahan hingga 10%. Sedangkan spesimen rekahan fatik 3,8% Si menunjukkan kombinasi grafit tipe A dan tipe B dimana grafit lebih kecil dan lebih merata. Selain itu dengan menggunakan persamaan logistik, kekuatan fatik dapat diprediksi dengan baik. (I Made Wicaksana Ekaputra, Arnold A. I. Litaay, Budi Setyahandana).

2. METODE

2.1 Diagram Alir Penelitian



2.2 Alat dan Bahan Penelitian

2.2.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Cetakan
2. Tungku Peleburan
3. Kowi
4. Ladel Tuang
5. Kompiler
6. Skop Kecil
7. Kayu Penumbuk
8. Cetakan Sprue
9. Cetakan Kayu
10. Alat Uji Kekerasan
11. Alat Uji Struktur Mikro
12. Alat Uji SEM-EDS
13. Gerinda Potong
14. Kertas Amplas
15. Kain Poles

2.2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Besi Cor Kelabu
2. Pasir RCS (*Resin Coated Sand*)
3. Pasir Cetak
4. Serbuk Batu Kapur
5. Fero Silicon (Fe-Si)
6. Autosol

2.3 Rancangan Penelitian

Penelitian dilakukan dengan membuat spesimen dengan proses pengecoran, kemudian mengambil sebagian spesimen untuk diuji dan untuk pengambilan data. Sebelum pembuatan produk, terlebih dahulu dilakukan perancangan produk 2D dan 3D menggunakan aplikasi *Solidworks* dengan satuan millimeter (mm).

2.4 Proses Penelitian

2.4.1 Proses Pengecoran

1. Mempersiapkan Alat dan Bahan
2. Melakukan Peleburan Besi Cor Kelabu
3. Menghaluskan FeSi dan FeMn agar halus
4. Mempersiapkan Cetakan Logam dan Cetakan Pasir
5. Melakukan Inokulasi FeSi dan FeMn dengan Logam Cair pada Ladel
6. Menuangkan Logam Cair Pada Cetakan
7. Melakukan Pembongkaran Hasil Coran

2.4.2 Pengujian Kekerasan Brinell

Langkah-langkah pengujian kekerasan brinell sebagai berikut:

1. Permukaan spesimen dibersihkan dengan menggunakan amplas untuk mendapatkan hasil yang benar-benar rata.
2. Setelah itu alat uji disiapkan dan posisikan spesimen uji tegak lurus terhadap indenter agar pembebanan yang diberikan dapat maksimal.
3. Beban penekanan ditentukan sesuai dengan tabel 3.1 yaitu 187,5 kgf, dan syarat bola indenter yang akan digunakan.
4. Lakukan penekanan indenter ke permukaan benda uji dengan cara memutar hendel penekan, kemudian tunggu.
5. Putar hendel penekan ke arah sebaliknya untuk menghilangkan pembebanan, dan lakukan kembali pada permukaan yang berbeda.
6. Ambil dan amati bekas lekukan injakan indenter pada spesimen uji menggunakan mikroskop.

7. Pengujian kekerasan dilakukan pada daerah yang berbeda di setiap spesimen.

2.4.3 Pengujian Struktur Mikro

1. Melakukan pemolesan secara bertahap hingga lebih halus dari 0.5 mikron, dilakukan dengan menggunakan amplas secara bertahap dimulai dari grid yang keil (100) hingga grid yang besar (2000). Dilanjutkan dengan pemolesan dengan mesin poles dibantu dengan larutan pemoles.
2. Etsa dilakukan setelah memperluas struktur mikro. Etsa adalah membilas atau mencelupkan permukaan material yang akan diamati kedalam sebuah larutan kimia yang dibuat sesuai dengan kandungan pada logamnya. Hal ini dilakukan untuk memunculkan fasa-fasa yang ada dalam struktur mikro.
3. Setelah semua tahap selesai, material dilakukan proses pengujian.

2.4.4 Pengujian SEM-EDS

1. Mempersiapkan alat dan bahan.
2. Meratakan permukaan spesimen dengan menggunakan gerinda.
3. Berikutnya dilakukan proses pengamplasan dengan kertas ampas nomer 100,400,600 dan 1000.
4. Kemudian diberi autosol dan digosok dengan menggunakan kain supaya mendapatkan hasil yang maksimal.
5. Melakukan pengamatan struktur mikro dengan menggunakan mikroskop optik dengan pembesaran lensa 2000x.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Kekerasan Brinell

Penelitian ini menggunakan metode pengujian kekerasan Brinell dengan diameter bola indentor 2,5 mm dengan pembebanan 187,5 kgf. Dilakukan pada material besi cor kelabu dengan paduan silikon 2%.

Tabel 1. Hasil Uji Kekerasan *Brinell*

No	Spesimen	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Kekerasan (BHN)			Kekerasan rata-rata (BHN)
		D1	D2	D3	Uji	Uji	Uji	
		(mm)	(mm)	(mm)	1	2	3	
1	C1_a	1.00	1.01	1.01	229	224	224	226
2	C1_t	0.95	0.96	0.96	255	249	249	251
3	C1_b	0.93	0.93	0.94	266	266	260	264
4	C2_a	1.03	1.04	1.03	215	211	215	214
5	C2_t	1.01	1.01	1.01	224	224	224	224
6	C2_b	1.00	1.00	0.99	229	229	234	231
7	C3_a	1.10	1.10	1.09	187	187	191	189
8	C3_t	1.05	1.05	1.04	207	207	211	208
9	C3_b	1.00	1.01	1.01	229	224	224	226

Keterangan:

1. Pengujian menggunakan metode Brinell dengan pembebanan 187,5 kgf
2. Pengujian menggunakan alat Universal Hardness Tester
3. Pengujian dilakukan tanggal 27 Juli 2020

Kode:

C: Si 2%

1: Cetakan logam

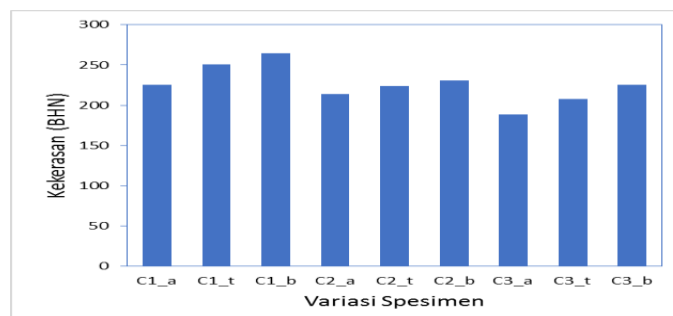
2: Cetakan peralihan antara logam dan pasir

3: Cetakan pasir

a: Bagian atas

t: Bagian tengah

b: Bagian bawah



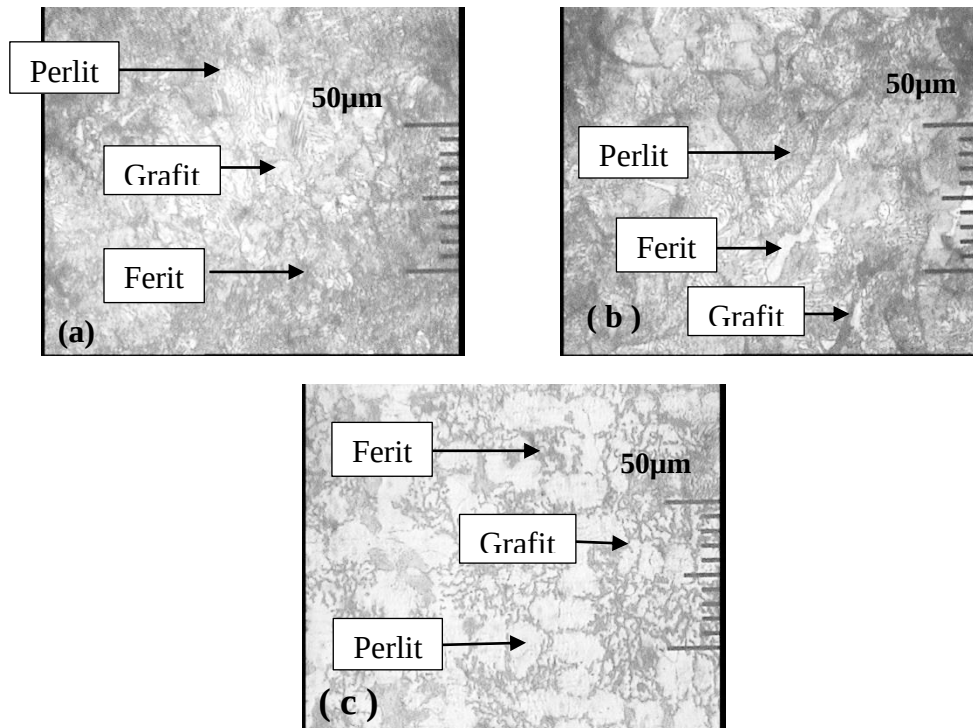
Gambar 1. Diagram Hasil Pengujian pengujian Brinell Si 2%

Besi cor kelabu dengan inokulasi Si 2% pada cetakan logam atas, tengah dan bawah, peralihan atas, tengah, dan bawah, dan cetakan

pasir atas, tengah, dan bawah. Kekerasan tertinggi terjadi pada logam bagian bawah yaitu 264 BHN, Hal ini terjadi karena pada cetakan logam bahian bawah tingkat kepadatan dan kerapatanya terjadi lebih tinggi dibandingkan cetakan peralihan dan cetakan pasir yang mempunyai tingkat kekerasan tertinggi 231 BHN dan 226 BHN.

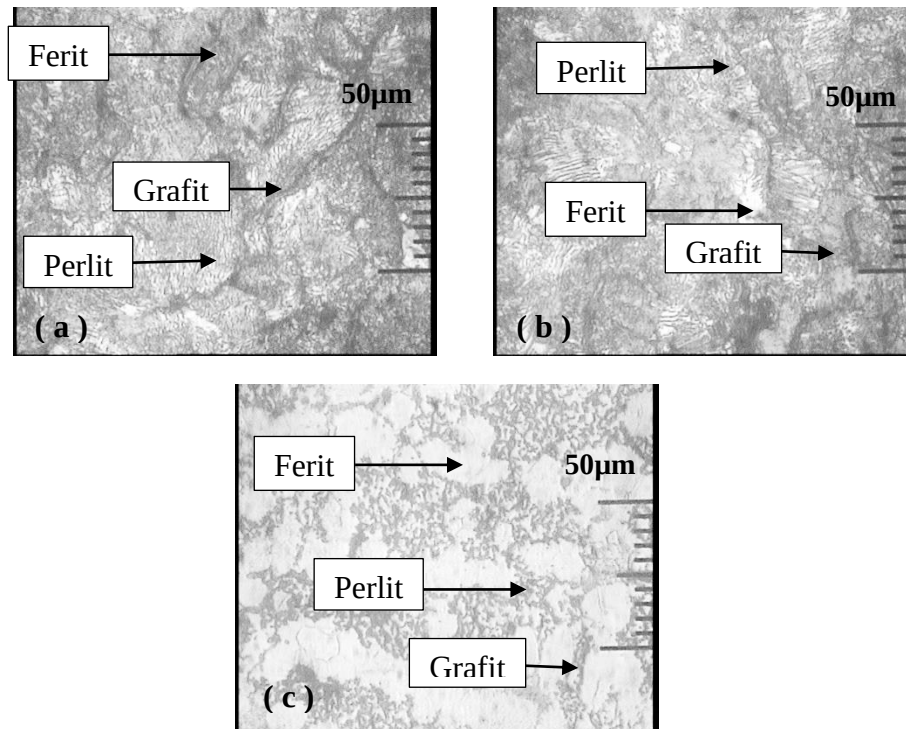
3.2 Hasil Pengujian Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro pada specimen besi cor kelabu setelah proses peleburan besi cor kelabu dengan inokulasi Si 2% dengan cetakan logam, cetakan pasir, dan peralihan cetakan logam dan pasir. Foto struktur mikro dengan menggunakan pembesaran 200x. Berikut merupakan Foto Struktur Mikro Cetakan Logam :



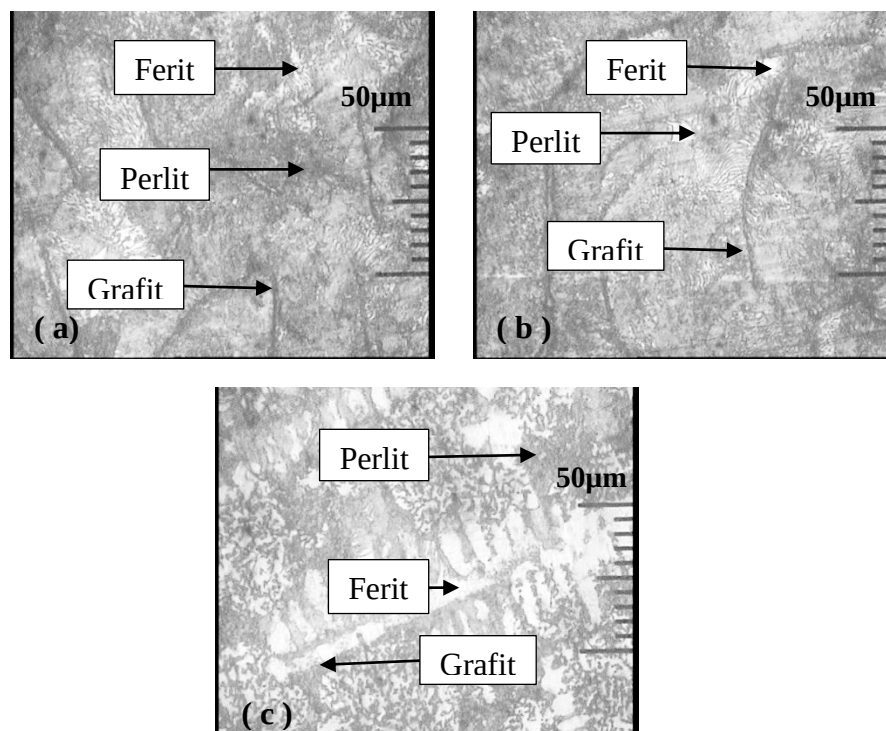
Gambar 2. Foto Struktur Mikro Cetakan Logam (a) Bagian Atas (b) Bagian Tengah (c) Bagian Bawah.

Foto stuktur Mikro Cetakan Peralihan :



Gambar 3. Foto Struktur Mikro Cetakan Peralihan (a) Bagian Atas (b) Bagian Tengah (c) Bagian Bawah.

Foto Struktur Mikro Cetakan Pasir :



Gambar 4. Foto Struktur Mikro Cetakan Pasir (a) Bagian Atas (b) Bagian

Tengah (c) Bagian Bawah..

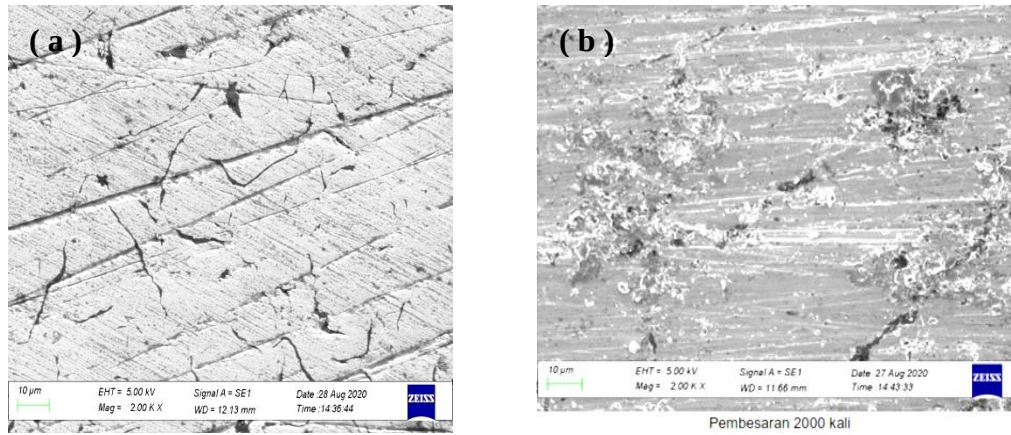
Pada cetakan logam bagian atas menunjukkan bahwa unsur paling mendominasi yaitu unsur ferit dan perlit, jadi memiliki kekerasan yang lebih rendah dan terbentuknya grafit karena adanya unsur karbon. Pada cetakan logam bagian tengah menunjukkan bahwa unsur perlit paling mendominasi dari pada unsur Ferit, oleh karena itu terjadi pendinginan yang lebih lambat pada cetakan bagian tengah. Pada cetakan logam bagian bawah menunjukkan bahwa unsur yang mendominasi yaitu unsur Ferit dan juga dipengaruhi oleh proses pendinginannya agak cepat dibanding unsur lain, jadi bagian bawah lebih keras dari bagian tengah dan atas.

Pada cetakan pasir bagian atas menunjukkan bahwa unsur Grafitnya sangat kasar dan unsur perlit sangat mendominasi, dikarenakan pendinginannya yang agak cepat. Pada cetakan pasir bagian tengah unsur ferit sangat sedikit dibanding unsur perlit, karena ferit terbentuk pada pendinginan yang lambat dan pendinginannya cepat dibagian tengah. Pada cetakan pasir bagian bawah unsur ferit banyak mendominasi dikarenakan pendinginannya yang sangat lambat sehingga membentuk unsur grafit yang sangat halus.

Pada cetakan peralihan bagian atas menunjukkan bahwa unsur perlit lebih mendominasi karena kandungan dari besi carbon yang tinggi membentuk unsur Perlit yang cukup banyak. Untuk cetakan peralihan bagian tengah menunjukkan unsur Perlit dan ferit yang mendominasi dari pada Grafit jadi menunjukkan struktur yang tidak teratur. Sedangkan bagian bawah menunjukkan unsur ferit paling mendominasi dari unsur perlit dan grafit jadi bagian bawah lebih keras dari bagian lainnya.

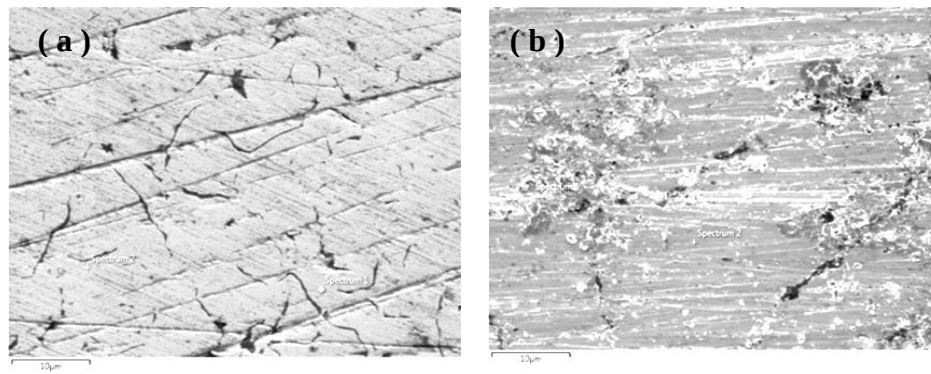
3.3 Hasil pengujian SEM-EDS

Pengujian SEM-EDS pembesaran 2000x pada besi cor dengan inoculasi Si 2% dengan cetakan logam dan cetakan pasir.

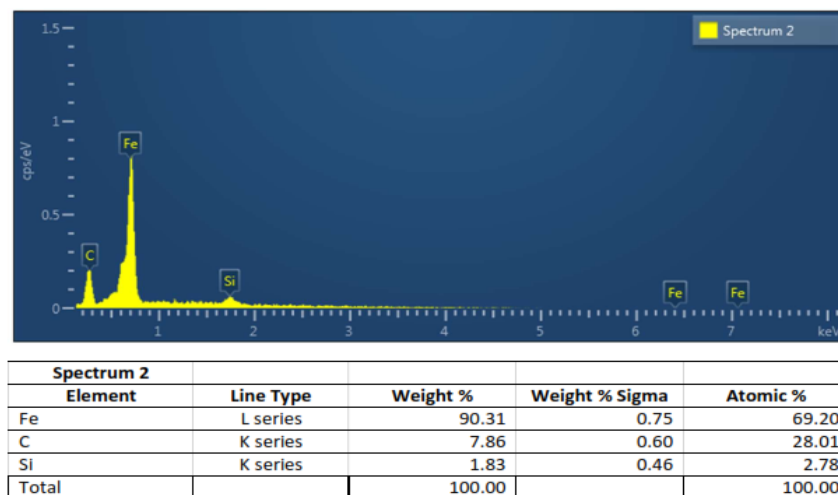


Gambar 5. Foto SEM Pembesaran 2000x (a) Cetakan logam (b) Cetakan Pasir

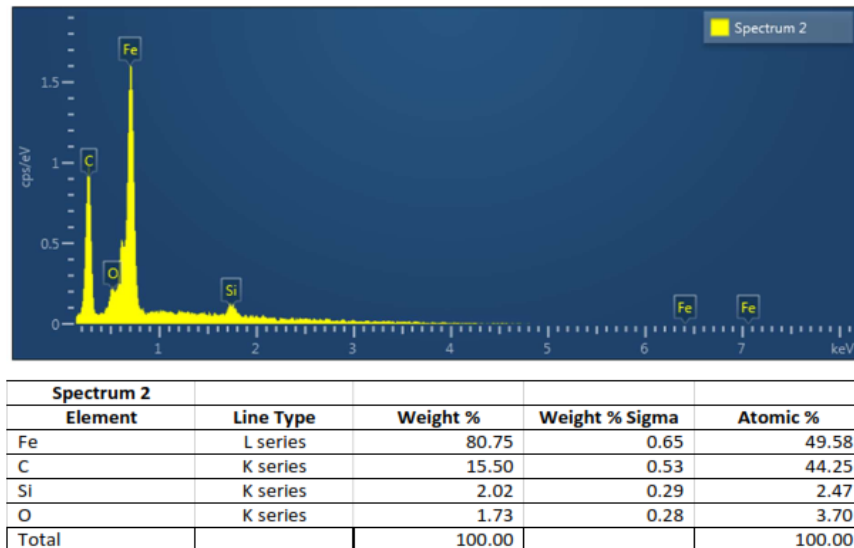
Titik Pengujian EDS :



Gambar 6. Titik Pengujian EDS (a) Cetakan logam (b) Cetakan Pasir



Gambar 7. Grafik dan Hasil Pengujian EDS Cetakan Logam



Gambar 8. Grafik dan Hasil Pengujian EDS Cetakan pasir.

Pada cetakan logam dengan kandungan logam Si 2% terlihat bahwa diagram yang tergambar menunjukkan bahwa pada spectrum 2 pada diagram menunjukkan bahwa unsur Fe juga sangat tinggi dan untuk unsur Si terlihat sangat tipis diikuti dengan munculnya unsur C karena besi juga mengandung unsur carbon. Untuk persentasenya adalah Fe 90,31% weight, 0,75% weight sigma dan 69,20% atomic. Untuk unsur C 7,86% weight, 0,60% weight sigma dan 28,01% atomic dan untuk unsur Si terlihat 1,83% weight, 0,46% weight sigma dan 2,78% atomic.

Pada spectrum 2 cetakan pasir dengan inokulasi Si 2% menunjukkan bahwa unsur Fe paling tinggi dibanding unsur lain kemudian dibawahnya unsur C, kemudian unsur Si lalu yang paling rendah unsur O. Untuk persentase unsur Fe adalah 80,75% weight, 0,65% weight sigma dan 49,58% atomic. Untuk unsur C menunjukkan 15,50% weight, 0,53% weight sigma dan 44,25% atomic. Kemudian unsur Si menunjukkan 2,02% weight, 0,29% weight sigma dan 2,47% atomic. Lalu unsur O menunjukkan 1,73% weight, 0,28% weight sigma dan 3,70% atomic.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

1. Inokulasi besi cor kelabu dengan unsur silikon (Si) 2 % menyebabkan dispersi grafit lebih merata sehingga memiliki nilai kekerasan pada

bagian cetakan logam 264 BHN sedangkan nilai kekerasan cetakan pasir 226 BHN hal ini menunjukkan penggunaan cetakan logam lebih optimal dibanding cetakan pasir.

2. Hasil foto struktur mikro pada besi cor kelabu dengan inoculasi Si 2 % menunjukkan bahwa pada cetakan logam bagian bawah terlihat unsur grafit yang tersusun sangat halus dan rapi.
3. kadungan unsur besi cor kelabu dengan inoculasi silikon (Si) 2 % pada hasil Pengujian SEM-EDS menunjukkan Grafik unsur Si terlihat sangat tipis prosentasaenya selain itu terdapat unsur lain seperti unsur oksigen (O) dan unsur Carbon (C) ditunjukkan pada cetakan logam unsur Fe 90,31% weight ; unsur C 7,86% weight dan unsur Si 1,83% weight. Sedangkan pada cetakan Pasir menunjukkan unsur Fe 80,75% weight; unsur C 15,50% weight; unsur Si 2,02% weight dan unsur O 1,73% weight.

DAFTAR PUSTAKA

Agunsoye, J. O., Ochulor, E. F., Talabi, S. I., & Olatunji, S. (2012). Effect of manganese additions and wear parameter on the tribological behaviour of NFGrey (8) cast iron. *Tribology in Industry*, 34(4), 239–246.

Daryanto, T., & Hidayat, M. (2020). *Perbaikan Teknik Relining Tanur Induksi Untuk Mencegah Terbentuknya Rongga Lining dan Penghematan Biaya Proses Peleburan*. 1(2), 72–81.

Ekaputra, I, M, W., Litaay, A.A.L., & Setyahandana, B (2019). Pengaruh komposisi 2,9% dan 3,8% Si terhadap Kekuatan Lelah Besi Cor Kelabu. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 10(3), 227-234, <https://doi.org/10.21176/ub.jrm.2019.010.03.3>

Fraś, E., & Górny, M. (2012). Inoculation Effects of Cast Iron. *Archives of Foundry Engineering*, 12(4), 39–46. <https://doi.org/10.2478/v10266-012-0104-z>

Nugroho, P. J., Teknik, J., Fakultas, M., & Surakarta, U. M. (2015). *Naskah publikasi tugas akhir pengaruh waktu kecepatan pendinginan pada besi cor inoculasi whisker terhadap struktur mikro dan sifat mekanis*.

Rao, T.V.(2013). Metal Casting : Prinsiples And Practice. New age International

Setyana, L. D. (2015). Jurnal Material Teknologi Proses. *Studi Ukuran Grafit Besi Cor Kelabu Terhadap Laju Keausan Pada Produk Blok Rem Metalik Kereta Api*, 1(1), 17–21.

Suhadi, A., & Seodihono. (2014). *Teknologi Inokulasi Besi Cor Kelabu Fc-250 Untuk Mencegah Pengerasan Pada Dove Tale Inoculation Technology of Gray Cast Iron Fc-250 To Prevent Solidification on Dove Tale Ragum*. 16(2), 40–48.

Uwardani, Y., & Rizal Nurferdian, T.(2009). PENGARUH PENAMBAHAN KANDUNGAN SILIKON PADA BESI COR KELABU DENGAN METODE FLUIDITAS STRIP MOULD TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO. *PENGARUH PENAMBAHAN KANDUNGAN SILIKON PADA BESI COR KELABU DENGAN METODE FLUIDITAS STRIP MOULD TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO*, 11(3), 5-12, <https://doi.org.11.3.5-12>

Voronkov, M. G. (2007). Silicon era. In *Russian Journal of Applied Chemistry* (Vol. 80, Issue 12, pp. 2190–2196). <https://doi.org/10.1134/S1070427207120397>

Yulianto, A. (2012). *Rekayasa besi cor cil sebagai dasar pembuatan cylperb*. 29–34.