

**Karakterisasi Besi Cor Kelabu Dengan Penambahan
FeMn 3% Berat Pada Proses Pengecoran
Dengan Cetakan Logam dan Cetakan Pasir**



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

Oleh:

A'AN CANDRA MUSTIKA

D 200 160 051

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

HALAMAN PERSETUJUAN

**Karakterisasi Besi Cor Kelabu Dengan Penambahan
FeMn 3% Berat Pada Proses Pengecoran
Dengan Cetakan Logam dan Cetakan Pasir**

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh:

A'AN CANDRA MUSTIKA

D 200 160 051

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen

Pembimbing



Agus Muliando S.T., M.T.

NIK.0622017101

HALAMAN PENGESAHAN

**Karakterisasi Besi Cor Kelabu Dengan Penambahan
FeMn 3% Berat Pada Proses Pengecoran
Dengan Cetakan Logam dan Cetakan Pasir**

OLEH

A'AN CANDRA MUSTIKA

D 200 160 051

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Kamis, 3 Juni 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. Patma Partono, S.T., M.T.

(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)

(.....)

(.....)



Dekan Fakultas Teknik

Roni Fatoni, S.T., MSc., Ph.D.

NIK/NIDN: 0603027401

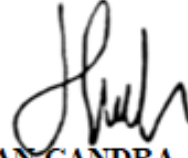
PERNYATAAN

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, 21 Juni 2021

Penulis



A'AN CANDRA MUSTIKA

D 200 160 051

Karakterisasi Besi Cor Kelabu Dengan Penambahan

FeMn 3% Berat Pada Proses Pengecoran

Dengan Cetakan Logam dan Cetakan Pasir

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh inoculasi unsur mangan (FeMn) terhadap nilai kekerasan, hasil foto struktur mikro dan hasil uji SEM EDS pada material besi cor kelabu dengan penambahan FeMn 3%. Pada proses pengecoran ini menggunakan tanur pelebur induksi dengan temperatur 1300 – 1400° C material yang digunakan untuk peleburan yaitu besi (Fe), besi dilebur kemudian dicampurkan dengan FeMn 3% setelah tercampur dituangkan kedalam cetakan logam dan pasir yang sudah disiapkan. Hasil pengujian kekerasan menunjukkan nilai kekerasan hasil cetakan logam bagian atas sebesar 215 BHN cetakan logam bagian tengah sebesar 257 BHN, cetakan logam bagian bawah sebesar 214 BHN. Nilai kekerasan hasil cetakan peralihan bagian atas sebesar 214 BHN, cetakan peralihan bagian tengah sebesar 251 BHN, cetakan peralihan bagian bawah sebesar 326 BHN. Nilai kekerasan hasil cetakan pasir bagian atas sebesar 187 BHN, cetakan pasir bagian tengah sebesar 209 BHN, cetakan pasir bagian bawah sebesar 229 BHN. Hasil pengujian struktur mikro dari hasil cetakan logam, cetakan peralihan, cetakan pasir pada bagian bawah yang paling keras karena grafit tersusun rapi dan terlihat dengan jelas. Hasil pengujian SEM EDS unsur Mn pada hasil cetakan logam terdeteksi sebesar 3,45% dan pada cetakan pasir 0,00%, pada hasil cetakan pasir Mn sebenarnya terdeteksi pada grafik tetapi tidak muncul pada tabel data karena tertutup oleh unsur Fe, C, dan Si.

Kata kunci : Mangan (FeMn), Uji Struktur Mikro, Uji Kekerasan, Uji SEM EDS

Abstract

This study aims to find out how the effect of manganese element inoculation (FeMn) on hardness values, microstructure photos and SEM EDS test results on gray cast iron material with the addition of FeMn 3%. In this casting process using induction smelting furnace with a temperature of 1300 - 1400 C material used for smelting ie iron (Fe), iron melted then mixed with FeMn 3% after mixing poured into the mold of metal and sand that has been prepared. Hardness test results showed the hardness value of the upper metal mold result of 215 BHN of the middle metal mold of 257 BHN, the lower metal mold of 334 BHN. The hardness value of the upper transition mold is 214 BHN, the middle transition mold is 251 BHN, the lower transition mold is 326 BHN. The hardness value of the upper sand mold is 187 BHN, the middle sand mold is 209 BHN, the bottom sand mold is 229 BHN. Microstructure test results from metal molds, transition molds, sand molds at the bottom are hardest because graphite is neatly arranged and clearly visible. Sem EDS Mn element test results on metal mold results were detected by 3.45% and at 0.00% sand mold, on Mn sand mold results were actually detected on the chart but did not appear on the data table because it was covered by Fe, C, and Si elements.

Keywords : Manganese (FeMn), MicroStructure Test, Hardness Test, SEM EDS Test

1. PENDAHULUAN

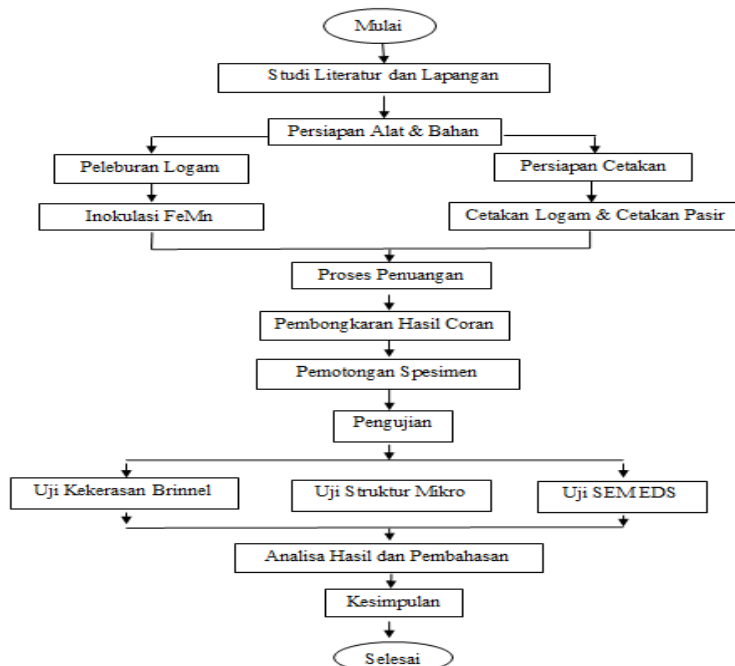
Beberapa industri menggunakan bahan berbasis logam terutama untuk alat-alat perkakas dan komponen-komponen otomotif. Baja karbon banyak digunakan pada komponen mesin seperti roda gigi, poros dan komponen lainnya yang memerlukan sifat kekerasan dan keuletan.

Permasalahan yang sering timbul adalah aspek kelelahan yang disebabkan keausan karena terkena pengaruh gaya luar sehingga terjadi deformasi atau perubahan bentuk. Hal ini dapat diatasi dengan menggunakan bahan yang mempunyai sifat keras dan ulet. Bahan yang memenuhi sifat keras dan ulet salah satu diantaranya adalah baja karbon, yang kebanyakan di pasaran mempunyai sifat kelelahan yang terbatas. Pembuatan barang perkakas dan komponen otomotif pasti sudah didasarkan pada sifat-sifat yang khas dari bahan, baik kekerasannya, keuletannya, kekokohnya, dsb. Besi cor kelabu merupakan paduan Fe-C dimana kemudahan proses pembuatan, mampu dibuat secara massal dan biaya proses yang kompetitif dll. Meskipun banyak menawarkan keuntungan, tetapi terdapat beberapa kekurangan yaitu sifat mekaniknya tidak setinggi baja (SurdiaTata, 1999).

Ferromangan (FeMn) merupakan bentuk paduan antara unsur besi dan unsur mangan dimana mangan merupakan unsur yang dominan. Ferromangan atau Spiegel Eisen pada umumnya dibuat dengan menggunakan tanur busur listrik untuk pembuatan besi kasar (Chakrabarti, 2010). Pada dasarnya pembuatan paduan-paduan tersebut merupakan proses reduksi dari bijih besi atau besiscrap dan bijih mangan di dalam tanur busur listrik, dimana logam besi dan mangan mencair. Kemudian akan saling larut membentuk suatu paduan yang dikenal sebagai ferromangan. (Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara Volume 9, Nomor 1, Januari 2013 : 50 – 60)

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 | 9. Kertas Amplas |
| 2. Tanur Peleburan | 10. Kain |
| 3. Kowi | 11. Autosol |
| 4. Ladel | 12. Alat Uji Kekerasan Brinell |
| 5. Palu | 13. Alat Uji Struktur Mikro |
| 6. Skrap | 14. Alat Uji Foto Struktur Mikro (SEM EDS) |
| 7. Cobek | |
| 8. Gerinda | |

2.2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- | | |
|--------------------|-----------------|
| 1. Besi Cor Kelabu | 4. Pasir Cetak |
| 2. Mangan (FeMn) | 5. Serbuk Kapur |
| 3. Resin | |

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. Menghaluskan permukaan benda uji menggunakan amplas dengan kekasaran dari 100Cw, 400 Cw, 600 Cw, 800 Cw dan 1000 Cw agar permukaan benda uji menjadi rata dan sejajar. Dalam proses ini tidak perlu menggunakan bantuan air agar benda uji tidak mengalami oksidasi.
2. Setelah proses pengamplasan selesai, benda uji dibersihkan dengan digosok memakai autosol hingga benar-benar bersih.
3. Setelah itu alat uji di siapkan dan posisikan spesimen uji tegak lurus terhadap indenter agar pembebanan yang di berikan dapat maksimal.
4. Menentukan beban penekanan (dalam penelitian ini pembebanannya 187 kgf) dan syarat batas bekas injakan bola indenter (dari perhitungan diperoleh $d_{min} = 0,625 \text{ mm}$ dan $d_{maks} = 1,25 \text{ mm}$).
5. Lakukan penekanan indenter ke permukaan benda uji dengan cara memutar handel penekanan, kemudian tunggu.
6. Putar handel penekan ke arah sebaliknya untuk menghilangkan pembebanan dan lakukan kembali pada permukaan yang berbeda.

7. Ambil dan amati bekas lekukan injakan indentor pada spesimen uji menggunakan mikroskop.
8. Pengujian kekerasan dilakukan pada daerah yang berbeda di setiap spesimen.

2.4.3 Pengujian Struktur Mikro

1. Benda uji digabung menggunakan resin sesuai ukuran holder alat uji.
2. Meratakan sisi specimen yang akan di uji menggunakan amplas nomor 100,400,600, dan 1000. Memberi sedikit autosol di sebuah kain dan gosok ke sisi specimen.
3. Mengetsas benda uji dengan larutan NaOH dan didiamkan selama 1 menit.
4. .Pasang benda uji di holder alat uji yang telah disiapkan.
5. Menentukan dua titik yang akan diamati stuktur mikronya.
6. Setelah sudah menemukan titiknya, melakukan pengamatan struktur mikro dua titik tersebut hingga pembesaran lensa 200x.
7. Mengambil data dari pengamatan tersebut.

2.4.4 Pengujian SEM-EDS

1. Mempersiapkan alat dan bahan.
2. Benda uji dipotong dengan ukuran 1x1x2 cm, sesuai dengan ukuran holder alat pengujian di ATMI Surakarta.
3. Meratakan permukaan spesimen dengan menggunakan gerinda.
4. Berikutnya dilakukan proses pengamplasan dengan kertas ampas nomer 100,400,600 dan 1000.
5. Kemudian diberi autosol dan digosok dengan menggunakan kain supaya mendapatkan hasil yang maksimal.
6. Menentukan 2 titik yang akan diamati unsur – unsurnya.
7. 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 FeMn 3%

Tabel 1. Hasil Uji Kekerasan *Brinell*

No	Specimen	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Kekerasan (BHN)			Kekerasan rata-rata (BHN)
		D1 (mm)	D2 (mm)	D3 (mm)	Uji 1	Uji 2	Uji 3	
1	B1_a	1.03	1.03	1.03	215	215	215	215
2	B1_t	0.95	0.95	0.94	255	255	260	257
3	B1_b	0.84	0.83	0.83	329	337	337	334
4	B2_a	1.03	1.03	1.04	215	215	211	214
5	B2_t	0.96	0.96	0.95	249	249	255	251
6	B2_b	0.85	0.84	0.84	321	329	329	326
7	B3_a	1.10	1.10	1.10	187	187	187	187
8	B3_t	1.05	1.04	1.04	207	211	211	209
9	B3_b	1.00	1.00	1.00	224	229	229	229

Keterangan

B: FeMn 3%

1: Cetakan logam

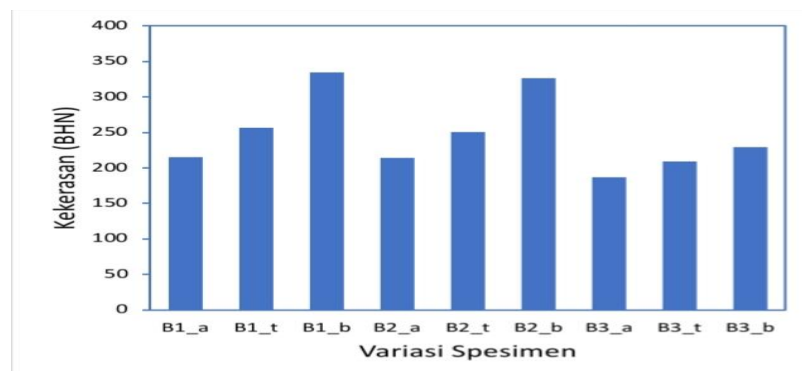
2: Cetakan peralihan antara logam dan pasir

3: Cetakan pasir

a: Bagian atas

t: Bagian tengah

b: Bagian bawah



Gambar 1. Diagram Hasil Pengujian pengujian Brinell dengan paduan FeMn 3%

Dari hasil pengujian kekerasan menunjukkan bahwa nilai kekerasan material dengan cetakan logam bagian atas sebesar 215 BHN. Kemudian pada cetakan logam bagian tengah sebesar 257 BHN. Lalu untuk cetakan logam bagian bawah sebesar 334 BHN.

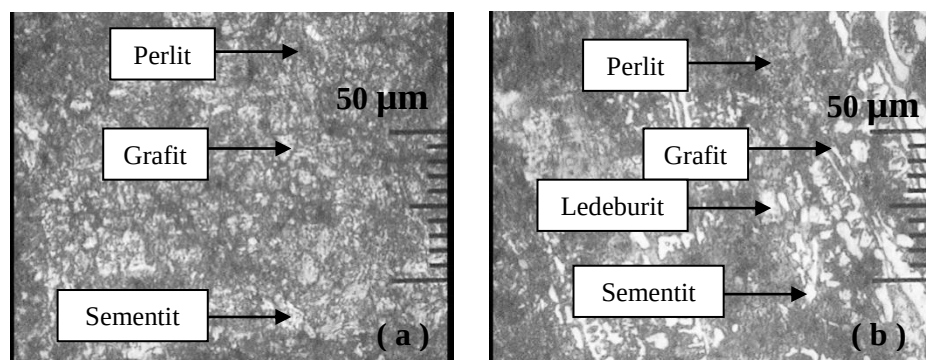
Dari hasil pengujian kekerasan menunjukkan bahwa nilai kekerasan material dengan cetakan peralihan bagian atas sebesar 214 BHN, bagian tengah sebesar 251 BHN dan bagian bawah sebesar 326 BHN.

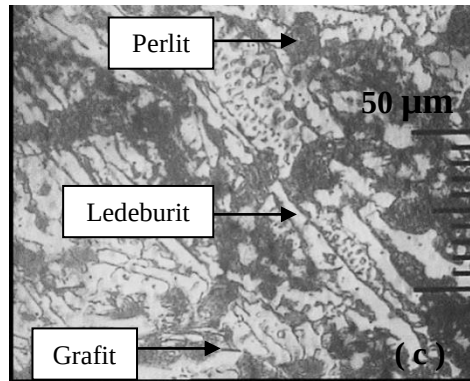
Dari hasil pengujian kekerasan menunjukkan bahwa nilai kekerasan material dengan cetakan pasir bagian atas sebesar 187 BHN. Bagian tengah sebesar 209 BHN dan bagian bawah sebesar 229 BHN.

3.2 Hasil Pengujian Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro bertujuan untuk mengamati bentuk, ukuran, dan penyebaran butiran pada specimen besi cor kelabu setelah proses peleburan besi cor kelabu dengan inokulasi Si 4% dan Mn 4% 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 :

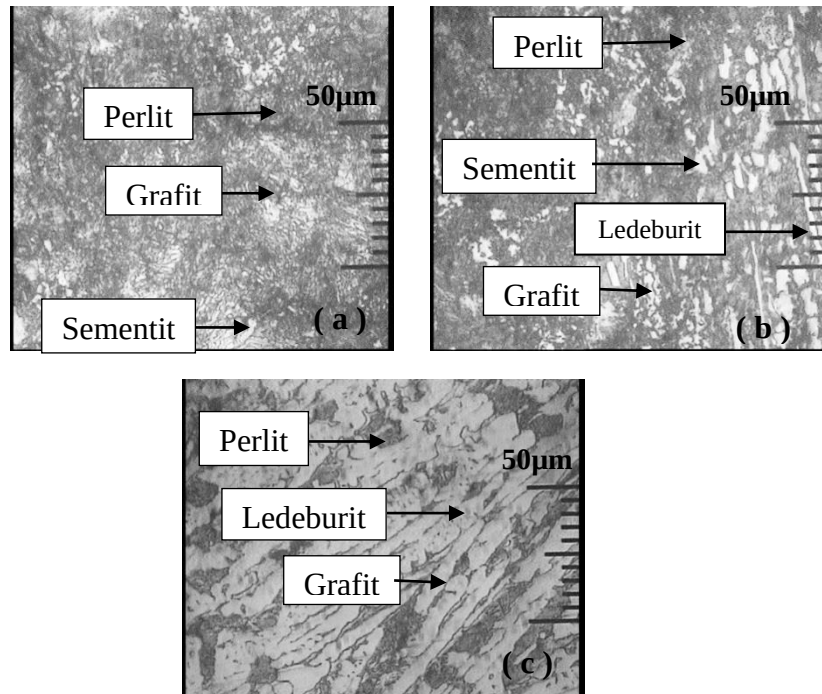
1. Foto Struktur mikro Hasil Coran Cetakan Logam





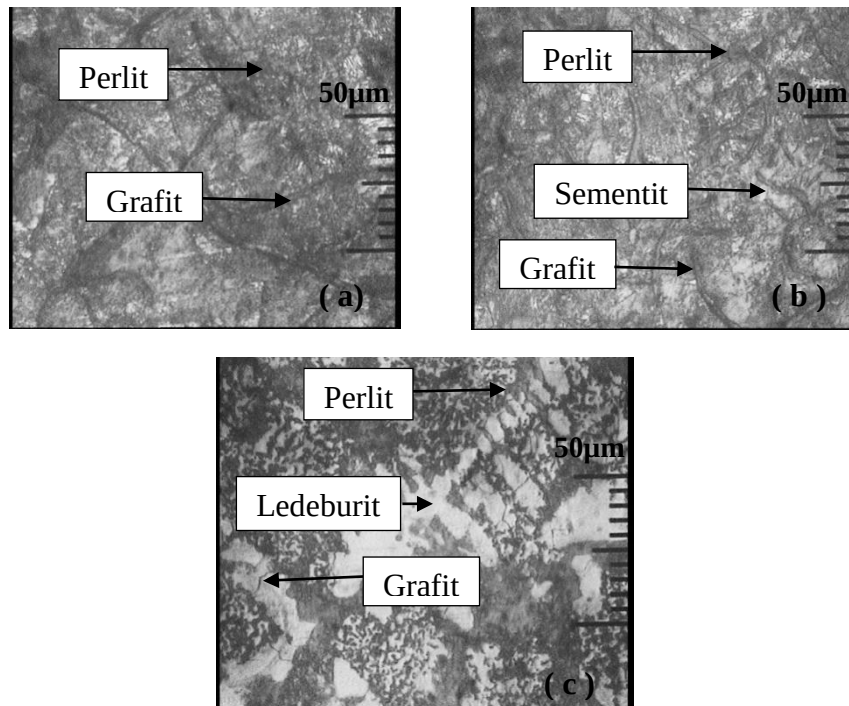
Gambar 2. Foto Struktur Mikro Cetakan Logam (a) Bagian Atas (b) Bagian Tengah (c) Bagian Bawah.

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 hasil cetakan logam bagian atas menunjukkan hasil bahwa unsur yang paling banyak adalah perlit, perlit terbentuk karena adanya campuran antara ferit dan sementit pada temperatur sekitar 723°C , memiliki tingkat kekerasan yang lebih rendah karena grafit belum terbentuk dengan sempurna dan memiliki kekerasan yang rendah. Pada hasil bagian tengah menunjukkan hasil bahwa perlit mulai berubah menjadi sementit karena adanya penurunan suhu secara lambat, pada bagian ini sementit mulai terlihat jelas. Pada hasil bagian bawah ledeburit terbentuk karena adanya campuran antara perlit dan sementit pada suhu sekitar 1130°C . Pada bagian bawah grafit dan ledeburit terlihat lebih jelas dan tersusun karena adanya peran ferromangan yang mempercepat pertumbuhan grafit sehingga bagian bawah mempunyai sifat yang keras.

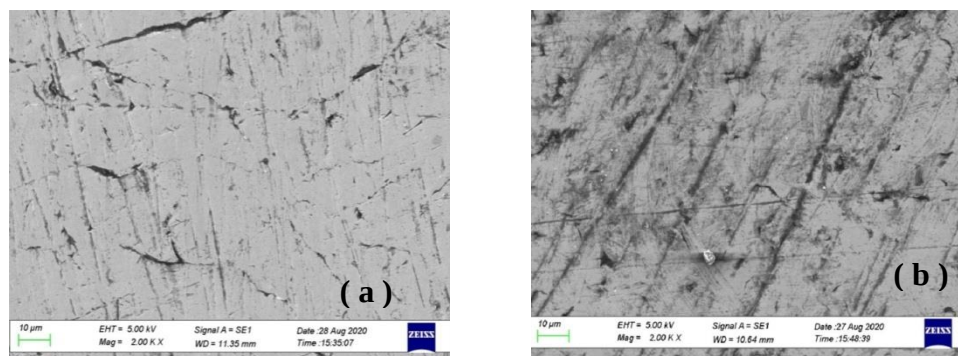
Pada hasil cetakan peralihan bagian atas grafit mulai terlihat tetapi belum sempurna, bagian ini grafit masih mendominasi sedangkan sementit sudah terbentuk hanya sedikit. Pada hasil cetakan peralihan bagian tengah sementit mulai terlihat lebih banyak, perlit dan sementit

mulai bertransformasi menjadi ledeburit hanya saja belum jelas. Pada hasil cetakan peralihan bagian bawah perlit mulai terlihat lebih sedikit karena sebagian besar sudah berubah menjadi ledeburit dan grafit terlihat lebih tersusun rapi. Bagian ini memiliki sifat yang keras.

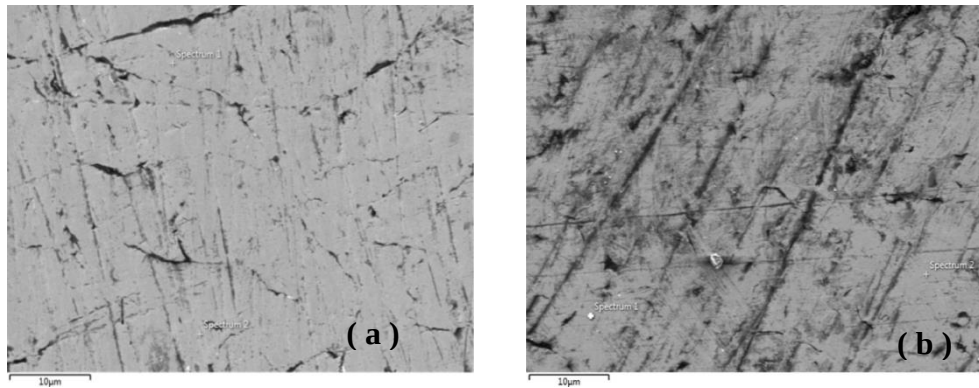
Pada hasil cetakan pasir bagian atas perlit dan grafit terlihat lebih lebih jelas karena adanya pendinginan cepat. Pada hasil cetakan pasir bagian tengah perlit dan grafit masih terlihat dengan jelas, disini sementit mulai terbentuk sedikit. Pada hasil cetakan pasir bagian bawah perlit mulai terlihat sedikit karena sudah berubah menjadi ledeburit dan grafit mulai tersusun lebih rapi, bagian memiliki kekerasan yang tinggi karena didominasi oleh ledeburit.

3.3 Hasil pengujian SEM-EDS

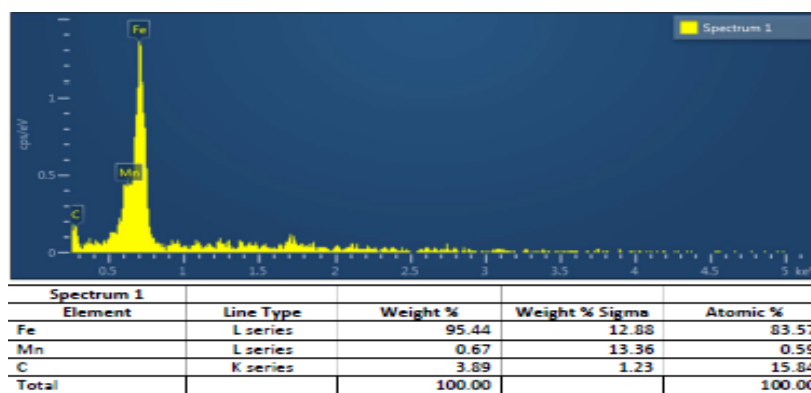
Pengujian SEM bertujuan untuk melihat topografi dari permukaan spesimen serta menggunakan SEM dan mengenali jenis atom di permukaannya dengan teknologi EDS. Pengamatan dilakukan pada besi cor dengan inokulasi FeMn 3% dengan cetakan logam dan cetakan pasir.



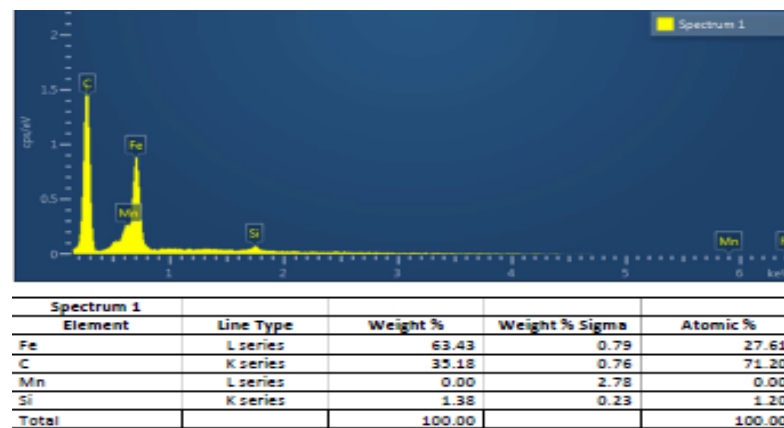
Gambar 5. Foto SEM Pembesaran 2000x (a) Cetakan logam (b) Cetakan Pasir
Titik Pengujian EDS :



Gamabr 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 pasir dengan campuran FeMn 3 % pembesaran 2000 x terlihat tidak begitu halus dan sangat jelas membentuk garis – garis tetapi terlihat lebih tajam dan kasar karena pengaruh dinding cetakan pasir yang berongga atau kurang rapat.

Kemudian terlihat kandungan unsur Mn tidak terlihat sama sekali dengan angka 0,00 %, unsur C 28,70 %, unsur Si 1,71 % dan Fe 69,60 %. Pada grafik sebenarnya Mn bisa terdeteksi hanya saja sangat sedikit tetapi tidak dapat tertulis pada tabel data, karena banyaknya unsur yang terdeteksi dan Mn hanya sedikit jadi tertutup oleh unsur yang lebih banyak seperti Fe selaku bahan utamanya, untuk data tabel unsur Mn menunjukkan weight 0,00%, weight sigma 3,06 %, atomic 0,00%, unsur Fe menunjukkan weight 69,60 %, weight sigma 0.77 %, atomic 33,72 %, unsur C menunjukkan weight 28,70 %, weight sigma 0,73 %, atomic 64,64 %, unsur Si menunjukkan 1,71 %, weight sigma 0,26 %, atomic 1,64 %.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

1. Hasil dari tabel uji kekerasan dengan penambahan FeMn 3% didapat kesimpulan bahwa hasil cetakan logam bagian bawah memiliki nilai kekerasan paling tinggi yaitu sebesar 334 BHN, pada hasil cetakan peralihan bagian bawah memiliki nilai kekerasan paling tinggi yaitu sebesar 326 BHN, dan hasil cetakan pasir bagian bawah memiliki nilai kekerasan paling tinggi yaitu sebesar 229 BHN.
2. Hasil dari uji struktur mikro dengan penambahan FeMn 3% menunjukkan pada bagian bawah cetakan logam, cetakan peralihan dan cetakan pasir semua unsur grafit terlihat lebih tersusun rapi dan lebih jelas, terlihat unsur ledeburit lebih mendominasi karena adanya pendinginan cepat dan unsur FeMn mempunyai peran mempercepat terbentuknya grafit dapat disimpulkan pada bagian bawah lebih memiliki sifat paling keras.
3. Hasil dari pengujian SEM EDS dengan penambahan FeMn 3% dari cetakan logam unsur Mn terdeteksi 3,45 % dan pada hasil cetakan pasir unsur Mn terdeteksi 0,00 %. Pada grafik hasil cetakan pasir sebenarnya unsur Mn terdeteksi hanya saja sedikit karena tertutup oleh unsur pendukung seperti Fe, Si dan C.

DAFTAR PUSTAKA

- Cardarelli, F. (2008). *Materials Handbook A Concise Reference Second Edition*. London : Springer.
- Daryanto, T. .,Sutoyo. & Hidayat, M. (2020). *Perbaikan Teknik Relining Tanur Induksi Untuk Mencegah Terbentuknya Rongga Lining dan Penghematan Biaya Proses Peleburan*. Vol. 1 No. 2, Hal 72-81. Program Studi D3 Teknik Pengecoran Logam, Politeknik Manufaktur Ceper, Klaten-Jawa Tengah.
- Fischer, S. F., Groß, H., Bührig-polaczek, A., & Bünck, M. (2015). *Journal of Materials Processing Technology Surface layer inoculation of a sand cast hypoeutectic gray iron melt. Journal of Materials Processing Tech.*, 220, 251–256. <http://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2015.01.029>
- Fraś, E & Górny, M. (2012). *Inoculation Effects of Cast Iron. Archives of Foundry Engineering*, 12(4), 39 – 46. <http://doi.org/10.2478/v10266-0120104-z>
- Jordi, M. .,Yudo, H dan Jokosisworo, S. (2017) *Analisa Pengaruh Proses Quenching Dengan Media Berbeda Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan Baja St 36 Dengan Pengelasan SMAW*. Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- R. Widodo, Dosen Jurusan Teknik Pengecoran Logam Politeknik Manufaktur Bandung. <https://hapli.wordpress.com/foundry/inokulasi-pada-besi-cor/>
- Subagiyo,. (2017). *Analisis Hasil Kekerasan Metode Vickers Dengan Variasi Gaya Pembebanan Pada Baja*. Majapahit Techno, Hal. 9-14. Politeknik Negeri Malang
- Suhadi, Amin ., Soedihono. (2014). *Teknologi Inokulasi Besi Cor Kelabu FC-250 Untuk Mencegah Pengerasan Pada Dove Tale Produk Ragum Tipe 125*. Vol. 16/No. 2. Pengajar Politeknik Manufaktur Bandung & Direktur Politeknik Cilacap.
- Suprihanto, Agus ., Umardani, Yusuf dan Wibowo, Basuki, D, (2005). *Perbaikan Sifat Mekanis Besi Cor Kelabu Dengan Penambahan Unsur Crom dan Tembaga*, Hal 38 – 45. Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang.
- Supriyatna, Yayat I. (UPT. Balai Pengolahan Mineral Lampung - Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia) *Studi Pengolahan Bijih Mangan Menjadi Ferromangan Menggunakan Tanur Busur Listrik Satu Fase Study on Manganese Ore Processing to be Ferromanganese Using an One Phase Electric Arc Furnace Jurnal tekMIRA*, Vol. 9, No. 1, Januari 2013, hlm.50-60.
- Surdia Tata ; Saito, Shinroku, 1999, Pengetahuan Bahan Teknik, Penerbit Pradya Paramita, Jakarta.
- Surdia, T.; Chijiwa, K., 1976, *Teknik Pengecoran Logam*, Edisi ke-2, Cetakan ke 7, PT. Pradnya. Paramita, Jakarta.

- Umardani, Yusuf ., Nurferdian, R.T, (2009). *Pengaruh Penambahan Kandungan Silikon Pada Besi Cor Kelabu Dengan Metode Fluiditas Strip mould Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro*. Mesin Universitas Diponegoro Semarang.
- Yulianto, A dan Partono, P, (2004). *Proses Peramuan Bahan Baku Besi Cor di Dalam Tanur Tungki untuk Membuat Besi Tuang Kelabu yang Sesuai dengan Standar Industri*, Media Mesin, UMS.