

ANALISA PERBANDINGAN KOMPOSISI UNSUR *Mg* TERHADAP PEMBULATAN GRAFIT DAN KEKERASAN PRODUK *PRESSURE PLATE*

Sabtun Ismi Khasanah^{1*}, Fauzant Habib¹

¹Program Studi Teknologi Pengecoran Logam, Politeknik Manufaktur Ceper

*Corresponding author: sabtunismikhasanah@gmail.com

Diterima: 29 Mei 2022

Direvisi: 7 Juli 2022

Disetujui: 13 Juli 2022

Terbit online: 14 Juli 2022

ABSTRAK

Pressure Plate merupakan salah satu produk yang diproduksi di PT. X. Produk ini sering mengalami *return* dari *customer* dikarenakan kualitas produk tidak sesuai dengan yang diminta. *Pressure plate* yang diproduksi berbahan dasar FCD 650. Hasil identifikasi awal, produk ini memiliki nilai kekerasan yang berbeda-beda diakibatkan oleh perbedaan komposisi unsur *Mg* pada produk. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis lebih lanjut pengaruh komposisi *Mg* terhadap pembulatan grafit dan kekerasan produk. Penelitian dilakukan dengan membandingkan tiga variasi sampel yang mengandung komposisi *Mg* yang berbeda-beda, yakni 0,0302% (di bawah standar), 0,0380% (sesuai standar) dan 0,0851% (di atas standar). Pengujian dilakukan pada tiga buah variasi sampel tersebut. Pengujian pertama yaitu pengujian komposisi kimia yang bertujuan untuk mengetahui komposisi kimia pada ketiga buah variasi. Sampel pengujian kimia diambil dari cairan logam yang masih cair kemudian di tuang pada cetakan logam (*chill test*). Selanjutnya dilakukan uji metalografi dan uji kekerasan. Sebelum dilakukan pengujian metalografi dan kekerasan sampel uji dipreparasi terlebih dahulu. Pengujian metalografi digunakan untuk menentukan struktur mikro dari FCD 650. Hasil analisa komposisi kimia, struktur mikro dan nilai kekerasan menunjukkan bahwa nilai kekerasan ketiga variasi sampel masuk kriteria yang ditetapkan perusahaan, akan tetapi hasil analisis struktur mikro menunjukkan bahwa variasi pertama memiliki kualitas yang lebih baik daripada variasi yang lain. Hal ini dikarenakan kandungan ledeburit dalam variasi 1 paling rendah yaitu 5% dimana kandungan ledeburit di dalam FCD diupayakan seminimal mungkin atau bahkan tidak ada.

Kata kunci: *Pressure Plate*, FCD 650, metalografi, kekerasan

ABSTRACT

Pressure Plate is one of the products at PT. X. This product often returned by customers because the quality of the product is not as requested. The pressure plate produced is made from FCD 650. The results of the initial identification show that this product has different hardness values due to differences in the composition of the *Mg* in the product. This research was conducted to further analyze the effect of *Mg* composition on graphite rounding and product hardness. The study was conducted by comparing three samples containing different *Mg* compositions, namely 0,0302% (below standard), (0,0380%) according to standard and 0,0851% (above standard). Tests were carried out on these three samples. The first test carried out was a chemical composition test which aims to determine the chemical composition of the three samples. The chemical test sample is taken from a liquid metal that is still liquid and then poured into a metal mold (*chill test*). Furthermore, metallographic and hardness tests were carried out. Prior to metallographic and hardness testing, the test samples were prepared first. Metallographic testing was used to determine the microstructure of FCD 650. The results of the analysis of chemical composition, microstructure and hardness values showed that the hardness values of the three samples were still within the range set by the company, but the results of the microstructure analysis showed that the first sample had better quality than the other two samples. This is because the ledeburite content in sample 1 is the lowest (5%) where the ledeburite content in the FCD is kept to a minimum or even non-existent.

Keywords: *Pressure plate*, FCD 650, metallographic and hardness

1. PENDAHULUAN

Pressure plate merupakan salah satu komponen *automotive* yang terdapat pada kopling mobil. *Pressure plate* berfungsi sebagai bidang gesek pada *clutch cover* dari perangkat tersebut. Gambar 1 menunjukkan produk *Pressure plate* beserta letak *part* tersebut pada kopling mobil. *Pressure plate* yang diproduksi harus memenuhi standar yang ditetapkan.



Gambar 1. Produk *Pressure Plate*

Pressure plate dalam penelitian ini diproduksi di PT. X berbahan dasar FCD 650 (besi cor nodular). Besi cor nodular dinamakan juga dengan besi cor bergrafit bulat karena grafitnya yang berbentuk bulat. Besi cor bergrafit bulat merupakan logam paduan antara besi (Fe), karbon (C), silikon (Si) ditambah dengan perlakuan magnesium (Mg). Karakteristik dari besi cor jenis ini adalah sifat mekaniknya yang mirip baja. Di samping itu, besi cor ini lebih ulet dibandingkan besi cor kelabu [1]. Standar yang digunakan di PT. X pada produk besi cor grafit bulat ini mengikuti standar JIS [2]. Tabel 1 menunjukkan standar komposisi kimia FCD 650 dan Tabel 2 menunjukkan spesifikasi sifat mekanik FCD 650 di PT. X.

Tabel 1. Spesifikasi komposisi kimia FCD 650 PT. X

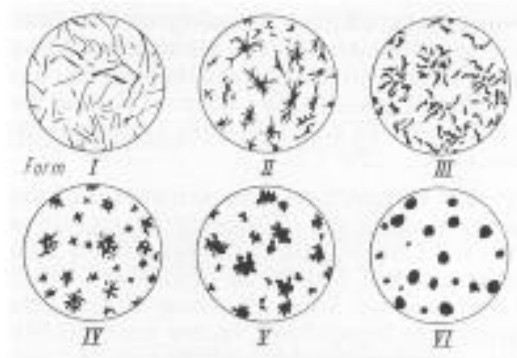
Komposisi kimia	FCD 650
C	3,55 – 3,70
Si	2,55 – 2,70
Mn	0,50 – 0,65
P	0,04 Maksimal
S	0,02 Maksimal
Mg	0,035 – 0,040

Tabel 2. Spesifikasi sifat mekanik FCD 650 PT. X

Grades	Kekerasan (HB)	Kuat tarik (N/mm ²)
650	223 – 348	650

Pembulatan grafit pada besi cor nodular dapat terjadi karena penambahan unsur Mg/Ce. Proses nodularisasi (pencampuran unsur paduan Mg dengan logam cair) merupakan salah satu faktor yang perlu mendapat perhatian dalam pembuatan besi cor nodular agar grafit yang dihasilkan berbentuk bulat serta distribusinya merata, sehingga hasil pengecoran memiliki kekuatan, kekerasan dan ketahanan aus yang tinggi [3]. Beberapa penelitian pembulatan grafit telah dilakukan, antara lain: Jufri, M. menganalisis penambahan Magnesium dan Cerium sebagai pembulat grafit besi tuang nodular [4]. Setyo, A.N. dan Widodo, R. meneliti pengaruh pusran pada proses nodularisasi besi cor bergrafit bulat terhadap kekuatan Tarik [5]. Oluwole, et. al. meneliti pengaruh Magnesium dan Calcium sebagai agen pembulatan besi cor nodular [6]. Anca, D. et al. melakukan kontrol

pembentukan permukaan pengecoran FCD menggunakan Mg dengan *S-diffusion blocking* pada antarpermukaan benda cor [7]. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa potensi pembentukan nodul (*spheroidising*) yang lebih tinggi dari besi cor dihasilkan dengan kandungan unsur pembentuk nodul 0,048% Mg_{res}, 0,015% Ce_{res}, dan 0,006% La_{res}. Klasifikasi bentuk-bentuk grafit mengacu pada VDG-Merkblatt P441. Bentuk-bentuk grafit dinyatakan dengan angka romawi I sampai dengan VII sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Standar bentuk grafit menurut VDG-Merkblatt P441

Metalografi merupakan pengujian dan pengamatan terhadap struktur butir suatu logam yang sudah dipreparasi. Menurut Vuko AT dkk [8] sampel yang akan diuji harus dipreparasi dengan tahap-tahap preparasi sampel yaitu: *cutting*, *mounting*, *grinding* dan *polishing*, *etching*, mikroskop optik. Sifat mekanik dari bahan merupakan hubungan antara respon atau deformasi bahan terhadap beban yang bekerja. Sifat mekanik berkaitan dengan kekuatan, kekerasan, keuletan dan kekakuan. Bahan dapat dibebani dengan tiga cara: tarik, tekan dan geser.

Hasil identifikasi nilai kekerasan yang dilakukan di PT. X menunjukkan bahwa produk *Pressure Plate* memiliki nilai kekerasan yang berbeda-beda. Hal ini dikarenakan perbedaan komposisi unsur Mg dalam produk. Perbedaan kualitas produk mengakibatkan produk yang sudah dikirim kepada *costumer* dikembalikan lagi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh komposisi Mg terhadap pembulatan grafit dan kekerasan produk *Pressure Plate* dengan material FCD 650. Pengaruh perbedaan komposisi unsur Mg akan dianalisis dalam penelitian ini. Penelitian ini diharapkan dapat membantu perusahaan guna meningkatkan kualitas produk *Pressure Plate*.

2. METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: pasir cetak *green sand*, material FCD 650, dan larutan etsa. Alat uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah spektrometer *Hitachi Foundry-Master Smart* (uji komposisi kimia), mesin uji *Optical Microscope Olympus GX71* (uji metalografi) dan mesin *Mitutoyo Rockwell Hardness Tester HR - 420MR* dengan penekanan maksimum 150 Kgf (uji kekerasan).

Penelitian diawali dengan studi lapangan dan studi literatur untuk mengidentifikasi permasalahan yang terjadi di lapangan (PT. X). Hasil identifikasi menunjukkan terjadinya pengembalian produk *pressure plate* akibat ketidaksesuaian kualitas produk. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka dilakukan pengujian terhadap produk tersebut. Pengujian dilakukan pada tiga buah variasi sampel. Pengujian pertama yang dilakukan adalah pengujian komposisi kimia yang bertujuan untuk mengetahui komposisi kimia pada ketiga buah variasi sampel dengan komposisi Mg yang berbeda yakni 0,0302% (di bawah standar), 0,0380% (sesuai standar) dan 0,0851% (di atas standar). Sampel untuk pengujian kimia diambil dari cairan logam yang masih cair kemudian di tuang pada cetakan logam (*chill test*). Standar komposisi kimia dapat dilihat di Tabel 1. Selanjutnya dilakukan uji metalografi dan uji kekerasan. Sebelum dilakukan pengujian metalografi dan kekerasan sampel uji dipreparasi terlebih dahulu. Pengujian metalografi digunakan untuk menentukan struktur mikro dari FCD 650. Pengujian metalografi yang dilakukan

menggunakan larutan etsa nital 3% dengan perbesaran mikroskop optik 100 kali. Pengujian kekerasan digunakan untuk menentukan kekerasan FCD 650. Pengujian kekerasan yang dilakukan menggunakan metode *rockwell* dengan menggunakan indentor bola dengan diameter 1/16 penekanan maksimum 100 Kgf waktu pembebanan 15 detik, jarak titik pengujian satu dengan titik yang lain minimal 4 x diameter bekas penetrasi. Standar sifat mekanik kekerasan di PT.X dapat dilihat di Tabel 2.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

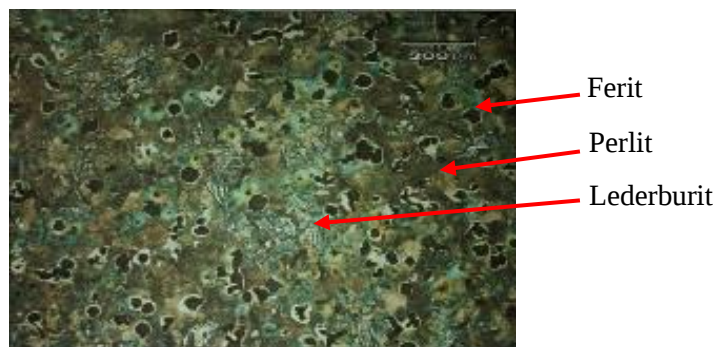
Hasil pengujian komposisi kima pada tiga buah variasi sampel uji dapat dilihat pada Tabel 3. Dari ketiga variasi sampel dapat dilihat bahwa variasi 1 dan variasi 3 tidak masuk dalam *standart range Mg* yaitu 0,0350-0,040 (Tabel 1). Berbeda dengan variasi 2 yang masuk dalam *standart range Mg* dari komposisi FCD 650.

Tabel 3. Data hasil uji komposisi kimia sampel

Komposisi Sampel Kimia	C	Si	Mn	Mg
Variasi 1	3,62	2,60	0,678	0,0302
Variasi 2	3,67	2,63	0,555	0,0380
Variasi 3	3,62	2,55	0,522	0,0851

Pengujian metalografi pada ketiga variasi sampel dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi kandungan magnesium (*Mg*) terhadap struktur mikro besi cor nodular. Pengamatan ini dilakukan untuk mengetahui bentuk, ukuran, dan penyebaran matrik penyusunnya agar struktur mikro disekitar grafit menjadi lebih jelas. Hasil uji metalografi ketiga variasi dapat dilihat dalam Gambar 3-5.

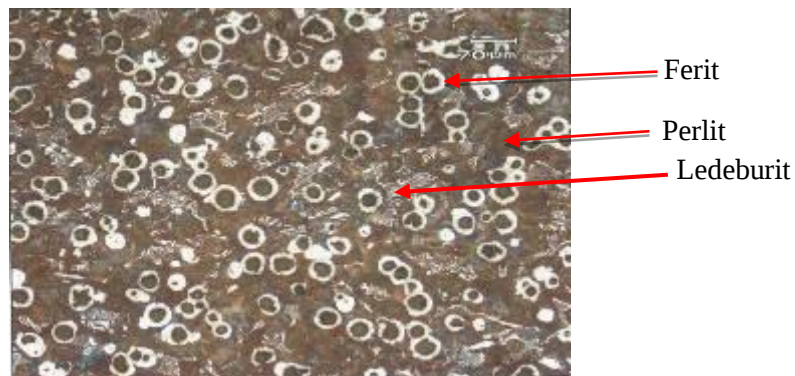
Hasil uji metalografi memperlihatkan dengan jelas adanya fasa-fasa dalam besi cor nodular yaitu perlit, ferit dan ledeburit. Bentuk grafit bulat berwarna hitam terlihat dikelilingi oleh fasa ferit yang berwarna terang dalam matrik perlit yang berbentuk lamel-lamel berwarna selang seling terang gelap. Data hasil uji metalografi pada Gambar 3, sampel dengan presentase *Mg* 0,0302% menunjukkan pembulatan grafit sebesar 70% dengan presentase fasa perlit sebesar 75%, ferit sebesar 20%, dan ledeburit sebesar 5%. Gambar 4, sampel dengan presentase *Mg* 0,0380% menunjukkan pembulatan grafit sebesar 90% dengan presentase fasa perlit sebesar 80%, ferit sebesar 10%, dan ledeburit sebesar 10%. Gambar 5, sampel dengan presentase *Mg* 0,0851% menunjukkan pembulatan grafit sebesar 90% dengan presentase fasa perlit sebesar 70%, ferit sebesar 15%, dan ledeburit sebesar 15%.



Gambar 3. Hasil uji metalografi dengan kandungan *Mg* 0,0302% (di bawah standar) dengan pembesaran 100 X



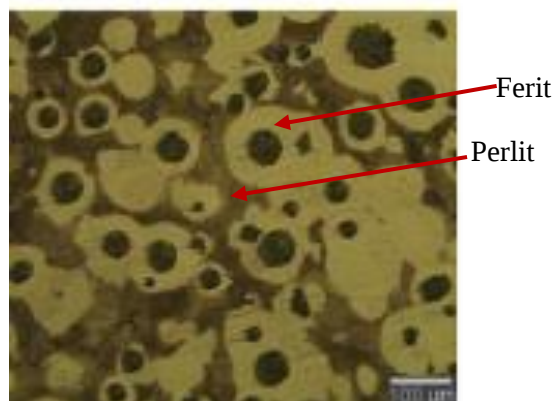
Gambar 4. Hasil uji metalografi dengan kandungan Mg 0,0380% (sesuai standar) dengan pembesaran 100 X



Gambar 5. Hasil uji metalografi dengan kandungan Mg 0,0851% (di atas standar) dengan pembesaran 150 X

Hasil pengujian metalografi menunjukkan bahwa semakin banyak paduan $FeSiMg$ yang ditambahkan dalam pembuatan besi cor maka meningkatkan kandungan magnesium (Mg). Peningkatan kandungan Magnesium mengakibatkan grafit yang dihasilkan berbentuk bulat, cenderung mengecil dan seragam. Struktur mikro FCD 650 pada ketiga variasi sampel sesuai dengan struktur mikro FCD hasil penelitian W. Arshad [9], Gambar 6.

Bentuk grafit bulat menunjukkan bahwa telah cukup unsur magnesium (Mg) yang terkandung di dalam paduan besi cor, hal tersebut sesuai dengan hasil pengujian metalografi pada masing-masing variasi. Namun, dapat dilihat pula bahwa ledeburit akan meningkat dengan bertambahnya presentase magnesium (Mg). Lederburit berdampak pada sifat mekanik produk FCD yaitu pada nilai kekerasan yang dihasilkan. Besi cor nodular yang memiliki fasa ledeburit bersifat keras dan getas sehingga sulit untuk diproses pemesian [10].

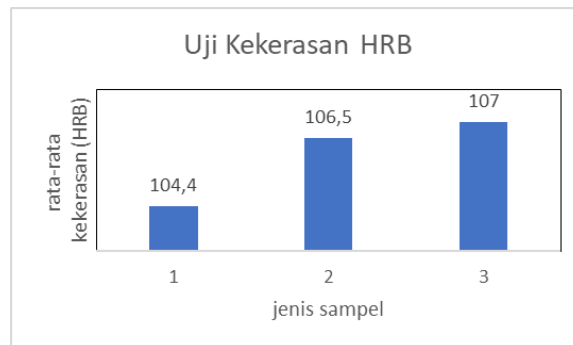


Gambar 6. Struktur Mikro Besi Cor Nodular

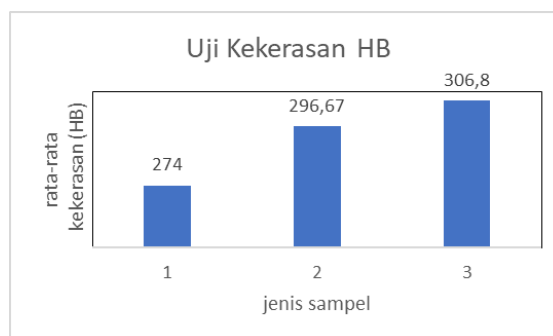
Data hasil uji kekerasan ketiga variasi sampel disajikan dalam Tabel 4, Gambar 7 dan Gambar 8. Data hasil uji kekerasan menunjukkan bahwa nilai kekerasan terendah terjadi pada variasi 1, dengan nilai kekerasan sebesar 274 HB sedangkan nilai kekerasan tertinggi terjadi pada variasi 3 dengan nilai kekerasan 306,8 HB.

Tabel 4. Hasil uji kekerasan

Posisi test	Hasil Hardness Test (HRB)		
	Variasi 1	Variasi 2	Variasi 3
1	101,8	103,6	102,5
2	104,9	106,1	102,7
3	105,2	106,6	107,4
4	110,4	109,8	114,0
5	99,6	106,2	108,5
Rata-rata	104,4	106,5	107,0
Standar Deviasi	3,65	1,98	4,25
Konversi HB	274 HB	296,67 HB	306,8 HB



Gambar 7. Grafik Hasil Uji Kekerasan HRB FCD 650



Gambar 8. Grafik Hasil Uji Kekerasan HB FCD 650

Penambahan unsur magnesium (*Mg*) dalam besi cor mempengaruhi nilai kekerasan dari material yang diuji, bahwa dengan meningkatnya kandungan unsur magnesium berturut-turut 0,0302%; 0,0380%; dan 0,0851% menghasilkan nilai kekerasan yang terus meningkat. Nilai kekerasan tertinggi yang terjadi pada variasi sampel 3 disebabkan karena grafit yang terbentuk berukuran kecil dan seragam dengan distribusi merata sehingga matrik disekitar grafit adalah perlit yang lebih mendominasi dengan sedikit ferit di tepi grafit. Dari hasil uji kekerasan, meskipun komposisi unsur *Mg* variasi sampel 1 dan 3 di luar standar namun ketiga variasi tersebut sesuai dengan *grade* FCD 650. Hal ini dimungkinkan karena adanya pengaruh unsur lain seperti karbon dan silikon [11]. Hasil analisa komposisi kimia, struktur mikro dan nilai kekerasan menunjukkan bahwa nilai

kekerasan ketiga variasi sampel masih di dalam range yang di tetapkan perusahaan (seperti yang ditunjukkan Tabel 2), akan tetapi hasil analisis struktur mikro menunjukkan bahwa variasi pertama memiliki kualitas yang lebih baik daripada dua variasi yang lain. Hal ini dikarenakan kandungan ledeburit dalam variasi 1 paling rendah dimana kandungan ledeburit di dalam FCD diupayakan seminimal mungkin atau bahkan tidak ada. Ledeburite adalah struktur mikro yang dihindari dalam pengecoran FCD. Ledeburite dapat meningkatkan nilai kekerasan dan menurunkan nilai impact [12].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan dalam penelitian ini, maka diperoleh kesimpulan:

1. Pengaruh perbedaan unsur magnesium (*Mg*) pada 3 (tiga) variasi sampel FCD 650 terhadap struktur mikro adalah
 - a) Semakin tinggi presentase unsur magnesium (*Mg*) maka grafit bulat yang dihasilkan cenderung mengecil dan seragam
 - b) Semakin tinggi presentase unsur magnesium (*Mg*) maka presentase fasa ledeburite juga akan meningkat
2. Pengaruh perbedaan komposisi unsur magnesium (*Mg*) pada 3 (tiga) variasi sampel FCD 650 terhadap sifat mekaniknya adalah semakin tinggi presentase unsur magnesium (*Mg*) maka nilai *hardness* (kekerasan) juga akan meningkat.
3. Komposisi unsur *Mg* mempengaruhi pembulatan *Mg* dan sifat mekanik kekerasan. Dari ketiga variasi sampel, dapat disimpulkan bahwa variasi sampel dengan kandungan *Mg* 0,0302% memiliki kualitas yang paling baik. Variasi sampel 1 telah terbentuk nodular dengan kandungan ledeburite paling rendah dan sifat mekanik kekerasan sampel masuk ke dalam range standar.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada mitra industri yang telah berkenan untuk dijadikan tempat penelitian kami. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada rekan-rekan pengajar di Politeknik Manufaktur Ceper yang berkenan untuk sharing ilmu dan pengalamannya sehingga dapat diselesaikan tulisan ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. D. Oktavianto, "ANALISIS PENGARUH VARIASI MEDIA PENDINGIN TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO BESI COR KELABU FC 25 DENGAN MANGAN 1,2 %," 2019.
- [2] Japanese Standard Association, "Japanese Industrial Standard (Spheroidal Graphite Iron Casting)." 2001.
- [3] A. B. Romandhani, "PENGARUH VARIASI KANDUNGAN MAGNESIUM (*Mg*) DALAM PROSES PEMBUATAN BESI COR NODULAR TERHADAP KETAHANAN AUS," p. 7, 2019.
- [4] Moh.jufri, "Analisis Penamahan Magnesium dan Cerium Sebagai Pembulat Grafit Besi Tuang Nodular." p. 11.
- [5] A. N. S. Hd and S. Widodo, "Peningkatan Sifat Mekanis Besi Cor Kelabu Melalui Proses Tempering," vol. 2, no. 2, pp. 8–17, 2018.
- [6] O. . Oluwale, O. E. Olorunniwo, O. O. Ogundare, P. O. Atanda, and O. . Oridota, "Effect of Magnesium and Calcium as Spheroidizers on the Graphite Morphology in Ductile Cast Iron," *J. Miner. Mater. Charact. Eng.*, vol. 06, no. 01, pp. 25–37, 2007, doi:

10.4236/jmmce.2007.61003.

- [7] D. Anca, I. Stan, M. Chisamera, I. Riposan, and S. Stan, “Control of the Mg-treated iron casting skin formation by S-diffusion blocking at the metal-mould interface,” *Coatings*, vol. 10, no. 7, 2020, doi: 10.3390/coatings10070680.
- [8] S. Y. Manurung, Vuko; Wibowo, Yohannes Tri Joko; Baskoro, *Panduan metalografi*, Pertama. Jakarta: LP2M Politeknik Manufaktur Astra Jl., 2020.
- [9] W. Arshad, A. Mehmood, M. F. Hashmi, and O. U. Rauf, “The Effect of Increasing Silicon on Mechanical Properties of Ductile Iron,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1082, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1742-6596/1082/1/012059.
- [10] I. Chakrabarty, *Heat Treatment of Cast Irons*, vol. 2–3. Varanasi, India: Indian Institute of Technology (Banaras Hindu University), 2017.
- [11] A. Asmadi and R. Afriany, “Pembuatan Besi Cor Nodular,” *Tek. J. Tek.*, vol. 3, no. 1, p. 51, 2017, doi: 10.35449/teknika.v3i1.39.
- [12] W. Purwadi, K. Hanaldi, and F. S. Abidin, “Penghilangan Struktur Mikro Ledeburit pada FCD dengan Metode Heat Treatment,” in *Seminar Nasional-XII Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin Industri*, 2013, pp. 1–11.