

# **PENGARUH VARIASI 2,466, 2,981, 3,304, DAN 3,363% BERAT SILIKON PADA BESI COR KELABU TERHADAP KOMPOSISI KIMIA, STRUKTUR MIKRO, DAN KETANGGUHAN PADA BESI COR KELABU**

**Muhammad Galih Yudha Pratama ; Ir. Agung Setyo Darmawan, S.T., M.T.  
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta**

## **Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi 2,466, 2,981, 3,304, dan 3,363% berat silikon pada besi cor kelabu terhadap komposisi kimia, struktur mikro, dan ketangguhan. Proses Penelitian yang akan dilakukan meliputi beberapa pengujian yaitu dengan pengujian Komposisi Kimia, Struktur Mikro, dan Ketangguhan. Pengujian Komposisi kimia dilakukan dengan alat spektrometer lalu struktur mikro (metalografi) menggunakan alat SEM-EDS, dan Ketangguhan menggunakan alat uji impak. Hasil pengujian komposisi kimia, semakin tinggi penambahan unsur silikon maka semakin tinggi presentase silikon pada besi cor kelabu. Hasil pengujian metalografi, semua material didominasi fasa grafit dan perlit, kemudian semakin tinggi penambahan unsur silikon pada besi cor kelabu menyebabkan bentuk grafit semakin membesar dan ukuran semakin tebal. Hasil pengujian ketangguhan, semakin tinggi penambahan silikon pada besi cor kelabu maka semakin tangguh.

**Kata Kunci : Besi cor kelabu, Komposisi kimia, Struktur Mikro, Ketangguhan.**

## **Abstract**

This study aims to determine the effect of variations 2.466, 2.981, 3.304, and 3.363wt% silicon in gray cast iron on chemical composition, microstructure, and toughness. The research process that will be carried out includes several tests, namely by testing Chemical Composition, Microstructure, and Toughness. Chemical composition testing was carried out using a spectrometer and then microstructure (metallography) using the SEM-EDS tool, and toughness using an impact test kit. The results of the chemical composition test, the higher the addition of silicon, the higher the percentage of silicon in gray cast iron. The results of metallographic testing, all materials were dominated by graphite and pearlite phases, then the higher the addition of silicon elements to gray cast iron caused the graphite shape to get bigger and thicker in size. Toughness test results, the higher the addition of silicon to gray cast iron, the tougher it is.

**Keywords : Gray cast iron, Chemical composition, Microstructure, Toughness.**

## **1. PENDAHULUAN**

Sektor industri pengecoran logam merupakan salah satu sektor yang cukup besar menyumbangkan pendapatan asli daerah provinsi Jawa Tengah kurang lebih sekitar 7% dari total produk domestik bruto (PDB) sektor industri manufaktur di Jawa Tengah, serta membawa keterkaitan yang cukup tinggi dengan sektor yang lain, sehingga kondisi sektor ini akan mempengaruhi kondisi sektor yang lain.

produk dari sentra industri logam ini beragam, mulai dari alat pertanian sampai dengan komponen otomotif dan industri berat. sentra industri logam ini selain berada di Kabupaten Tegal juga berada di Kabupaten Klaten tepatnya di Kecamatan Ceper.

Edy Supriyanto (2008) Proses pengecoran adalah proses terbentuknya logam dengan cara mencairkan logam padat pada temperatur yang tinggi, kemudian menuangkan logam cair ke dalam cetakan dan dibiarkan membeku. salah satu jenis tungku pemanas yang dipakai adalah tungku kupola. Bahan baku dalam kupola adalah besi kasar, sekrap baja, sekrap balik (seperti coran yang cacat, bekas penambah, saluran turun), paduan besi (Fe-Si, Fe-Mn untuk mengatur komposisi).

Imam (2017) melakukan penelitian Pengaruh Variasi Unsur Silikon Terhadap Ketangguhan Besi Cor Kelabu (Grey Cast Iron). Metode yang digunakan adalah penelitian eksperimen, untuk mengetahui sebab akibat berdasarkan perlakuan yang diberikan oleh peneliti yaitu berupa penambahan jumlah silikon yang berbeda pada proses pengecoran besi cor kelabu. Hasil penelitian menyimpulkan, kandungan silikon lebih dari 2,5% akan mengalami penurunan ketangguhan dari besi cor kelabu. Penggunaan kandungan yang disarankan untuk mendapatkan ketangguhan yang maksimal pada pengecoran besi cor kelabu dengan kandungan silikon 2,5%.

Agil (2021) melakukan penelitian uji struktur mikro menggunakan mikroskop optik, uji ketangguhan menggunakan metode Impak dan uji ketahanan aus menggunakan metode Ogoshi. Hasil penelitian menyimpulkan. Struktur mikro menunjukkan bahwa Paduan Fe-Al-Si terdiri atas matriks ferit, grafit dan perlit. Hasil uji impak Paduan Fe-Al-Si menunjukkan nilai tertinggi sebesar 0,055 joule/mm<sup>2</sup> pada paduan Aluminium 2,04%. Sedangkan hasil uji keausan nilai tertinggi sebesar  $1,55 \times 10^{-7}$  mm<sup>2</sup>/kg pada kadar Aluminium sebesar 2,04%.

Setyo & Widodo (2018) melakukan penelitian quenching dilakukan pada temperatur 775°C, 800°C dan 825°C dalam media air dingin, sedang Tempering dilakukan pada temperatur 200°C, 300°C dan 400°C dengan holding time selama 15 menit. Hasil penelitian kekerasan Vickers dengan menggunakan “Micro Hardness Tester” setelah dilakukan Quenching rata-rata mengalami kenaikan sebesar 95,6% pada temperatur Quenching 775°C, 99,8% pada temperatur Quenching 800°C dan 107,1% pada temperatur Quenching 825°C dari nilai kekerasan row material sebesar 256,6 BHN atau 260,8 VHN0,040.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka permasalahan yang hendak diteliti dalam penelitian ini antara lain yaitu, bagaimana penambahan unsur silikon mempengaruhi komposisi kimia besi cor kelabu, bagaimana penambahan unsur silikon mempengaruhi struktur mikro besi cor kelabu, bagaimana penambahan unsur silikon mempengaruhi sifat ketangguhan besi cor kelabu.

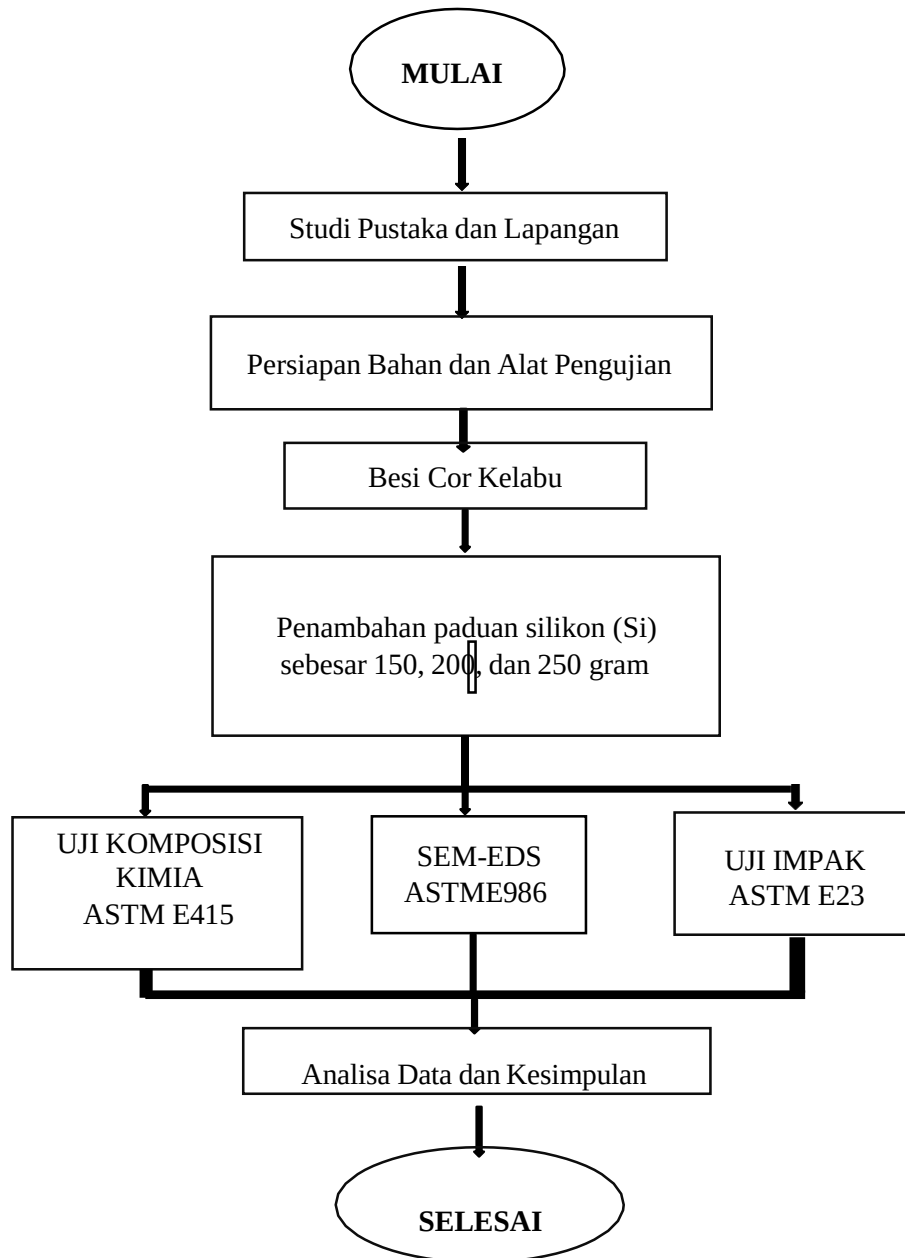
Tujuan yang ingin dicapai peneliti berdasarkan rumusan masalah diatas adalah sebagai berikut yaitu, untuk mengetahui komposisi kimia besi cor kelabu sebelum dan sesudah ditambah dengan silikon, untuk mengetahui dan menganalisa perubahan fasa pada besi cor kelabu akibat penambahan

silikon, untuk mengetahui dan menganalisa pengaruh penambahan silikon pada besi cor kelabu terhadap ketangguhan material.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Diagram Alir Penelitian

Terdapat beberapa tahapan dalam melakukan pengujian ini, yaitu sesuai dengan diagram alir penelitian yang dapat dilihat pada gambar 1.

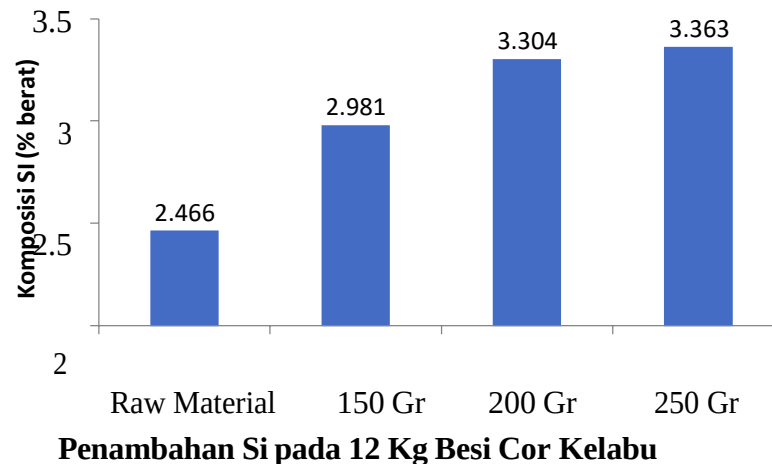


Gambar 1 Diagram alir penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pengujian Komposisi Kimia

Berdasarkan hasil pengujian komposisi kimia, dapat diketahui bahwa dengan melakukan penambahan variasi unsur silikon (Si) sebesar 150 gram, 200 gram, dan 250 gram terhadap material besi cor kelabu sebesar 12 Kg menyebabkan terjadinya peningkatan % berat Si. Peningkatan atau perubahan % berat Si yang terjadi ditunjukkan pada Gambar 2.



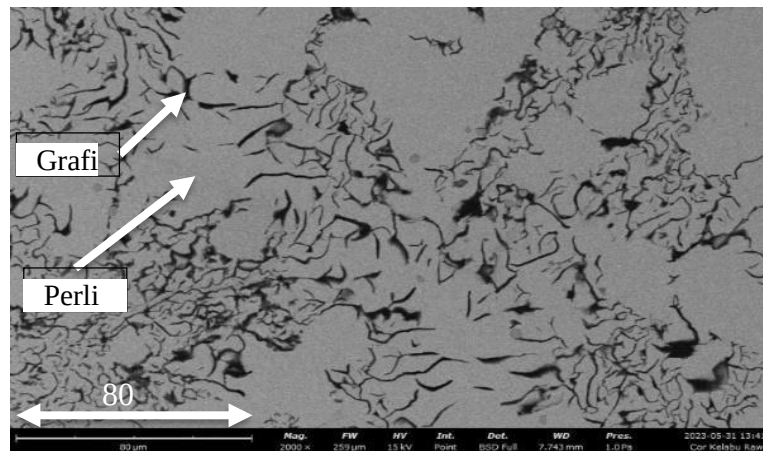
Gambar 2 Grafik perbandingan penambahan Si sebelum dan sesudah pada besi cor kelabu

#### 3.2 Pengujian Metalografi

##### 3.2.1 Analisa Hasil Pengujian SEM Besi Cor Kelabu 2,466% Berat Si

Besi cor kelabu memiliki komposisi silikon antara 1-3%. Dengan komposisi silikon yang relatif tinggi ini menyebabkan fasa grafit didalam material besi cor kelabu terbentuk. Grafit serpih didalam besi cor kelabu terbentuk saat proses pendinginan berlangsung.

Perlit merupakan fasa pada struktur mikro besi cor kelabu yang terdiri dua fasa berbeda yaitu ferit ( $\alpha$ ) dan sementit ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ), di mana kedua fasa tersebut terbentuk secara bersamaan selama proses transformasi. Perlit yang hadir sebagai butir, sering diistilahkan dengan “koloni”, dalam setiap koloni, lapisan mempunyai arah yang sama, yang bervariasi dari satu koloni ke koloni lainnya. Lapisan terang yang tebal adalah fasa ferit dan fasa sementit terlihat sebagai lapisan tipis yang gelap. Sifat mekanik perlit merupakan sifat antara dari ferit yang lunak dan liat dengan sementit yang keras dan getas (Darmawan dan Masyrukan, 2019).



Gambar 3 Foto struktur mikro besi cor kelabu 2,466% Berat Si

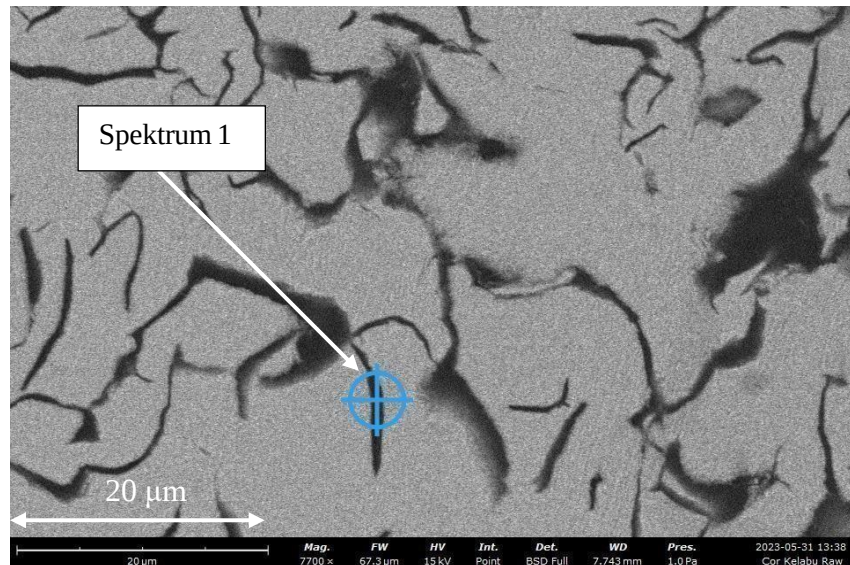
Pada gambar 3 merupakan foto struktur mikro besi cor kelabu 2,466% berat Si hasil pengujian SEM (Scanning Electron Microscope). Pada Gambar 4.2 sekilas terlihat jelas perbedaan bentuk dan kontras warna struktur mikro pada gambar tersebut, terdapat warna hitam yang berbentuk serpih dan corak abu-abu terang. Seperti yang tertera pada Gambar 4.2 bahwa bagian yang berwarna hitam merupakan endapan grafit eutektik berbentuk serpih yang mengendap pada batas butir perlit dan corak berwarna abu abu terang yang menunjukkan fasa perlit. Kehadiran grafit dalam gambar diatas adalah dalam bentuk serpih dengan dikelilingi oleh fasa perlit. Dikarenakan perlit mendominasi pada gambartersebut yang memungkinkan grafit tertanam didalam matriks perlit. Sehingga besi cor kelabu raw material ini disebut besi cor kelabu perlitik.

### 3.2.2 Analisa Hasil Pengujian EDS (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) Besi Cor Kelabu 2,466% Berat Si

Pengujian EDS (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) dilakukan untuk mengetahui komposisi kimia fasa besi cor kelabu. Pada penelitian ini spektrum pertama dilakukan pada fasa grafit dan spektrum kedua dilakukan pada perlit.

#### 3.2.2.1 Hasil Pengujian EDS (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) Pada Fasa Grafit

Pengujian EDS (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) spektrum pertama dilakukan pada fasa grafit. Titik uji dapat dilihat pada gambar 4.



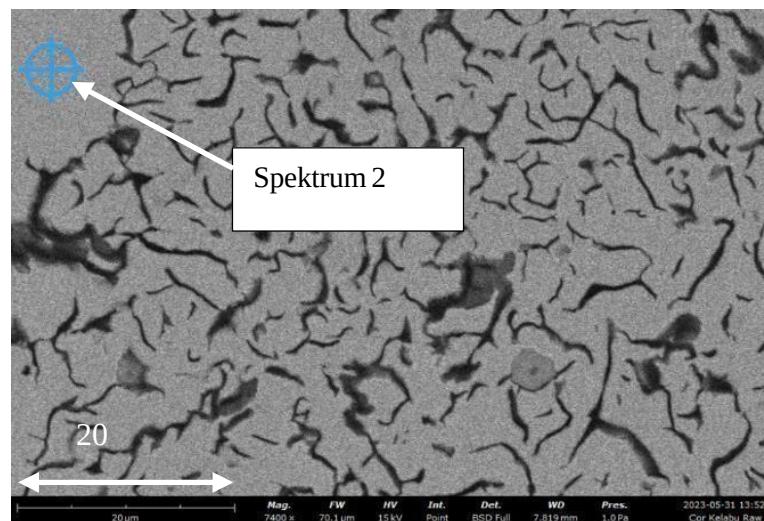
Gambar 4 Titik mikrograf SEM untuk EDS *line analysis* fasagrafit pada besi cor kelabu 2,446% berat Si

Tabel 1 Hasil *Line analysis* fasa grafit besi cor kelabu 2,446% berat Si

| Element Number | Element Symbol | Element Name | Atomic Conc. | Weight Conc. |
|----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
| 6              | C              | Carbon       | 92.675       | 75.676       |
| 8              | O              | Oxygen       | 1.288        | 1.401        |
| 26             | Fe             | Iron         | 6.037        | 22.923       |

### 3.2.2.2 Hasil Pengujian EDS (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) Pada Fasa Perlit

Pengujian EDS (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) spektrum kedua dilakukan pada fasa perlit. Titik uji dapat dilihat pada gambar 5.



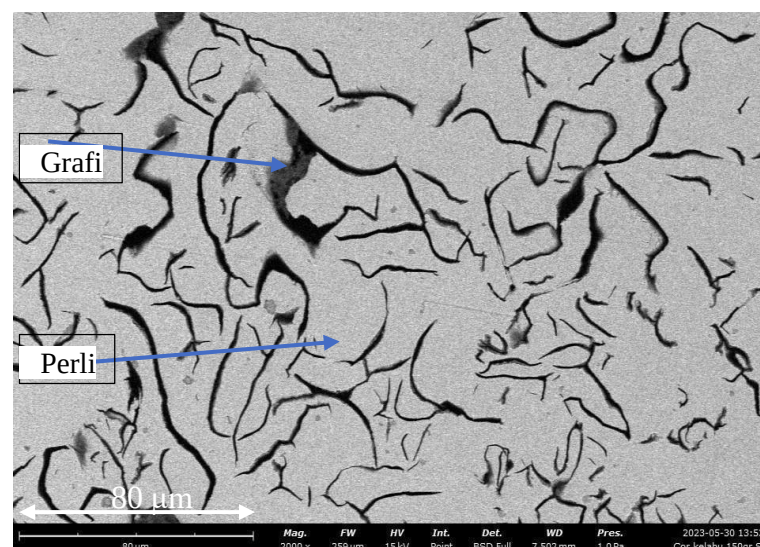
Gambar 5 Titik mikrograf SEM untuk EDS *line analysis* fasaperlit pada besi cor kelabu 2,446% berat Si

Tabel 2 Hasil *line analysis* fasa perlit besi cor kelabu 2,446%berat Si

| Elemen<br>t<br>Numbe<br>r | Elemen<br>t<br>Symbo<br>l | Elemen<br>t<br>Name | Atomi<br>c<br>Conc. | Weigh<br>t<br>Conc. |
|---------------------------|---------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 6                         | C                         | <i>Carbo<br/>n</i>  | 34.14<br>7          | 10.50<br>0          |
| 8                         | O                         | <i>Oxyge<br/>n</i>  | 2.441               | 1.000               |
| 14                        | Si                        | <i>Silicon</i>      | 3.059               | 2.200               |
| 26                        | Fe                        | <i>Iron</i>         | 60.35<br>3          | 86.30<br>0          |

### 3.2.3 Analisa Hasil Pengujian SEM (Scanning Electron Microscope) Besi Cor Kelabu 2,981% berat Si

Pada gambar 6 merupakan foto struktur mikro besi cor kelabu 2,981% berat Si hasil pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*). Pada besi cor kelabu 2,981% berat Si berbeda dengan besi cor kelabu 2,446% berat Si terlihat bahwa bentuk grafit semakin membesar dan ukuran lebih tebal. Bagian yang berwarna hitam merupakan grafit eutektik yang tersebar pada matriks perlit dan corak berwarna abu abu terang yang menunjukkan fasa perlit. Perubahan bentuk dikarenakan penambahan silikon yang menyebabkan kandungan karbon lebih besar daripada kandungan karbon besi cor kelabu raw material. Tetapi jumlah matriks perlit masih menjadi dominan sehingga disebut besi cor kelabu perlitik.

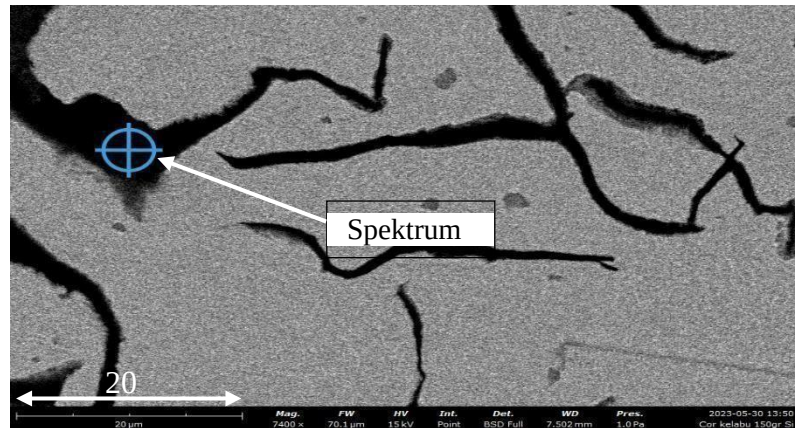


Gambar 6 Foto Struktur Mikro Besi Cor Kelabu 2,981% berat Si



### 3.2.4 Analisa Hasil Pengujian EDS (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) Besi Cor Kelabu 2,981% Berat Si

**3.2.4.1 Hasil Pengujian EDS (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) Pada Fasa Grafit**  
Pengujian EDS (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) spektrum pertama dilakukan pada fasa grafit. Titik uji dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7 Titik mikrograf SEM untuk EDS *line analysis* fasagrafit pada besi cor kelabu 2,981% berat Si

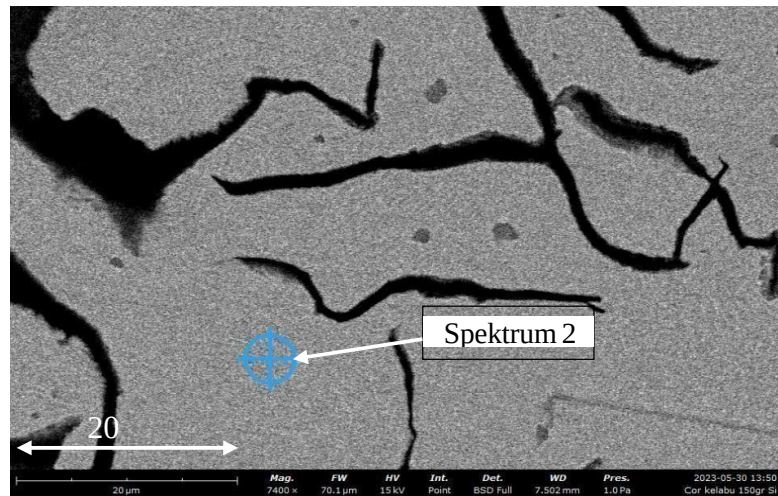
Tabel 3 Hasil *line analysis* fasa grafit besi cor kelabu 2,982% Berat Si

| Element Number | Element Symbol | Element Name | Atomic Conc. | Weight Conc. |
|----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
| 6              | C              | Carbon       | 95.469       | 91.100       |
| 8              | O              | Oxygen       | 3.540        | 4.500        |
| 26             | Fe             | Iron         | 0.992        | 4.400        |

### 3.2.4.2 Hasil Pengujian EDS (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) Pada Fasa Perlit

Pengujian EDS (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) spektrum kedua dilakukan pada fasa perlit. Titik uji dapat dilihat pada gambar 8.





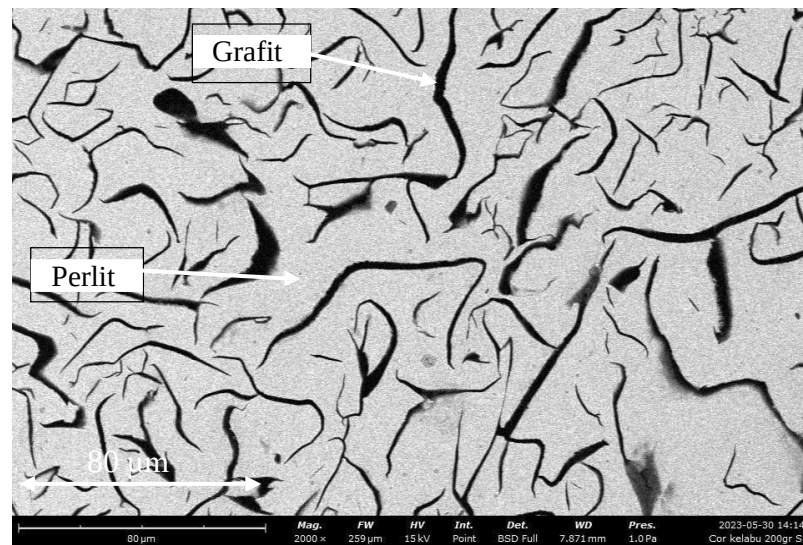
Gambar 8 Titik mikrograf SEM untuk EDS line analysis fasaperlit pada besi cor kelabu 2,981% berat Si

Tabel 4 Hasil *line analysis* fasa perlit besi cor kelabu 2,981%berat Si

| Element Number | Element Symbol | Element Name | Atomic Conc. | Weight Conc. |
|----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
| 6              | C              | Carbon       | 26.355       | 7.500        |
| 8              | O              | Oxygen       | 2.638        | 1.000        |
| 14             | Si             | Silicon      | 3.756        | 2.500        |
| 26             | Fe             | Iron         | 67.252       | 89.000       |

### 3.2.5 Analisa Hasil Pengujian SEM (Scanning Electron Microscope) BesiCor Kelabu 3,304% Berat Si

Pada Gambar 9 merupakan foto struktur mikro besi cor kelabu 3,304% berat Si hasil pengujian SEM (Scanning Electron Microscope). Pada besi cor kelabu 3,304% berat Si berbeda dengan besi cor kelabu ditambah 2,981% berat Si terlihat bahwa bentuk fasa grafit semakin membesar dan ukuran lebih tebal. Selain itu jumlah fasa grafit lebih banyak dibandingkan besi cor kelabu 2,981% berat Si tetapi jumlah matriks perlit masih menjadi dominan sehingga disebut besi cor kelabu perlitik.



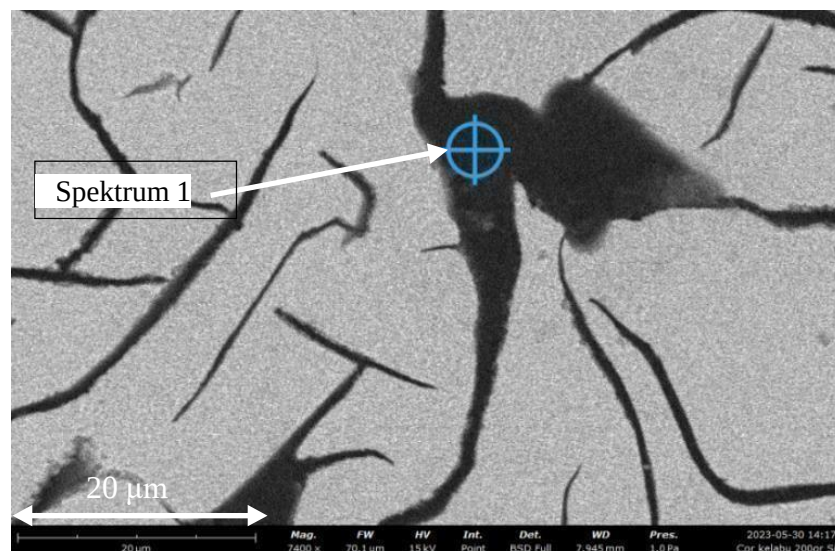
Gambar 9 Foto Struktur mikro besi cor kelabu 3,304% berat Si

### 3.2.6 Analisa Hasil Pengujian EDS (*Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*) Besi Cor Kelabu 3,304% Berat Si

Pengujian EDS (*Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*) dilakukan untuk mengetahui komposisi kimia fasa besi cor kelabu 3,304% berat Si. Pada penelitian ini spektrum pertama dilakukan pada fasa grafit dan spektrum kedua dilakukan pada fasa perlit.

#### 3.2.6.1 Hasil Pengujian EDS (*Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*) Pada Fasa Grafit

Pengujian EDS (*Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*) spektrum pertama dilakukan pada fasa grafit. Titik uji dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10 Titik mikrograf SEM untuk EDS *line analysis* fasa grafit pada besi cor kelabu 3,304% berat Si

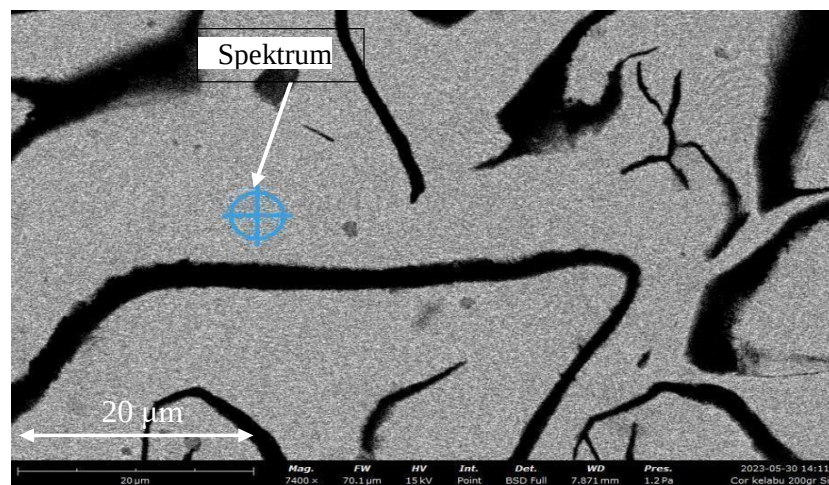
Tabel 5 Hasil *line analysis* fasa grafit besi cor kelabu 3,304% berat Si

| Element Number | Element | Element Name | Atomic | Weight |
|----------------|---------|--------------|--------|--------|
|                |         |              |        |        |

| r  | Symbo<br>l |               | Conc.  | Conc.  |
|----|------------|---------------|--------|--------|
| 6  | C          | <i>Carbon</i> | 95.732 | 91.700 |
| 8  | O          | <i>Oxygen</i> | 3.370  | 4.300  |
| 26 | Fe         | <i>Iron</i>   | 0.898  | 4.000  |

### 3.2.6.2 Hasil Pengujian EDS (*Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*) Pada Fasa Perlit

Pengujian EDS (*Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*) spektrum kedua dilakukan pada fasa perlit. Titik uji dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11 Titik mikrograf SEM untuk EDS *line analysis* fasa perlit pada besi cor kelabu 3,304% berat Si

Tabel 6 Hasil *line analysis* fasa perlit besi cor kelabu 3,304% berat Si

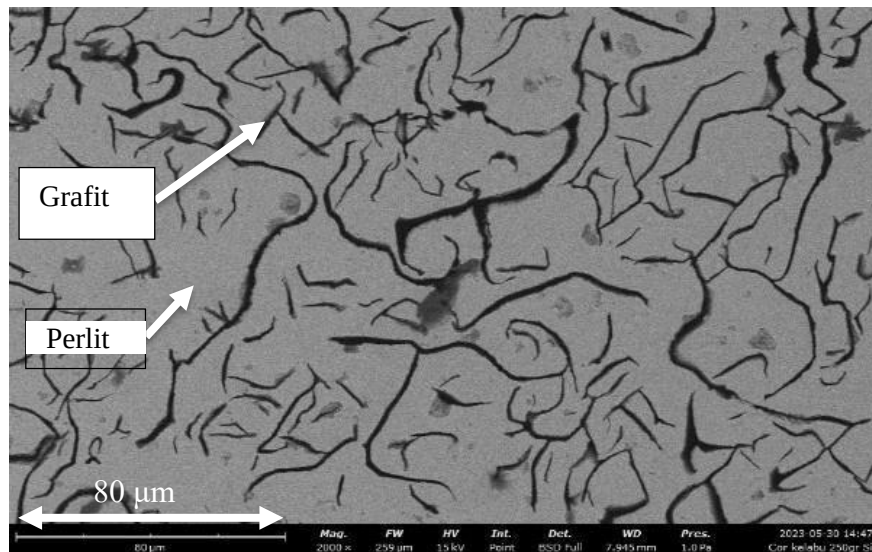
| Element Number | Element Symbol | Element Name   | Atomic Conc. | Weight Conc. |
|----------------|----------------|----------------|--------------|--------------|
| 6              | C              | <i>Carbon</i>  | 24.772       | 7.035        |
| 8              | O              | <i>Oxygen</i>  | 3.719        | 1.407        |
| 14             | Si             | <i>Silicon</i> | 4.388        | 2.915        |
| 26             | Fe             | <i>Iron</i>    | 67.121       | 88.643       |

### 3.2.7 Analisa Hasil Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) BesiCor Kelabu 3,363% Berat Si

Pada Gambar 12 merupakan foto struktur mikro besi cor kelabu 3,363% berat Si hasil pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*). Pada besi cor kelabu 3,363% berat Si berbeda dengan besi cor kelabu ditambah 3,304% berat Si terlihat bahwa bentuk fasa grafit



semakin membesar dan ukuran lebih tebal. Selain itu jumlah fasa grafit lebih banyak dibandingkan besi cor kelabu ditambah 3,304% berat Si yang menyebabkan fasa perlit terlihat semakin berkurang. Perubahan bentuk grafit dalam gambar tersebut dikarenakan penambahan silikon yang menyebabkan kandungan karbon lebih besar dari variasi silikon sebelumnya. Tetapi besi cor kelabu ini termasuk besi cor kelabu perlitik dikarenakan yang terlihat pada gambar tersebut fasa perlit.

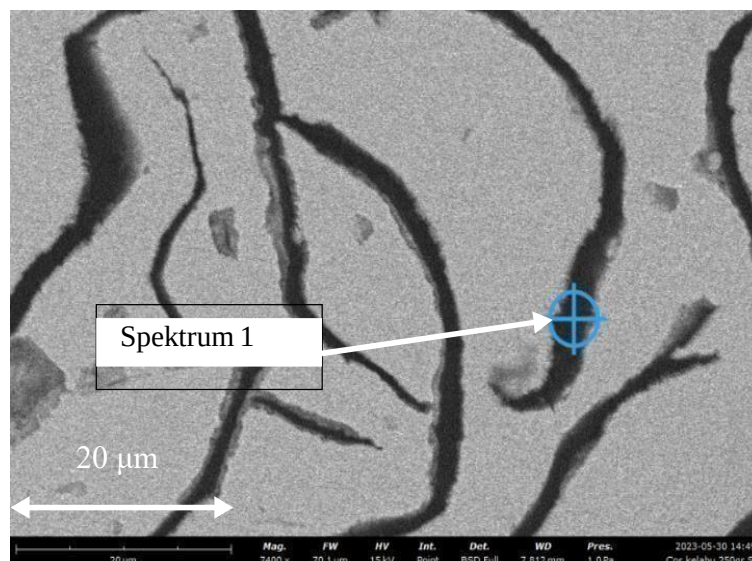


Gambar 12 Foto Struktur Mikro Besi Cor Kelabu 3,363% Berat Si

### 3.2.8 Analisa Hasil Pengujian EDS (*Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*) Besi Cor Kelabu 3,363% Berat Si

#### 3.2.8.1 Hasil Pengujian EDS (*Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*) Pada Fasa Grafit

Pengujian EDS (*Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*) spektrum pertama dilakukan pada fasa grafit. Titik uji dapat dilihat pada gambar 13.



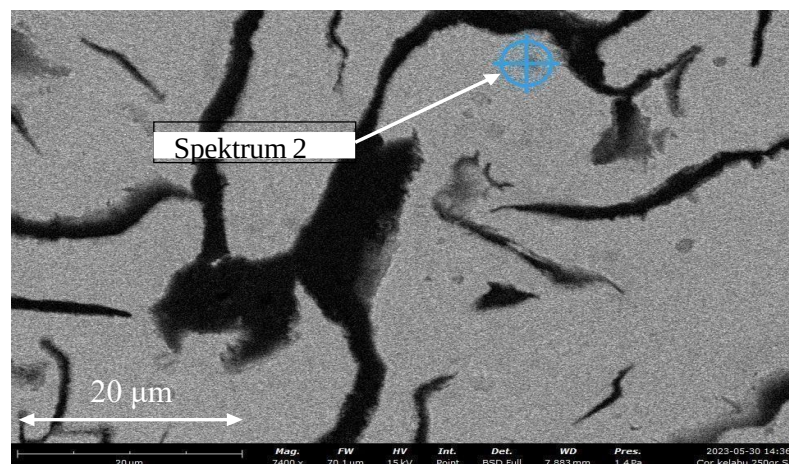
Gambar 13 Titik mikrograf SEM untuk EDS *line analysis* fasa grafit pada besi cor kelabu 3,363% berat Si

Tabel 7 Hasil *line analysis* fasa grafit besi cor kelabu 3,363% berat Si

| Element Number | Element Symbol | Element Name | Atomic Conc. | Weight Conc. |
|----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
| 6              | C              | Carbon       | 95.980       | 88.700       |
| 8              | O              | Oxygen       | 1.949        | 2.400        |
| 26             | Fe             | Iron         | 2.071        | 8.900        |

### 3.2.8.2 Hasil Pengujian EDS (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) Pada Fasa Perlit

Pengujian EDS (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) spektrum pertama dilakukan pada fasa grafit. Titik uji dapat dilihat pada gambar 14.



Gambar 14 Titik mikrograf SEM untuk EDS line analysis fasa perlit pada besi cor kelabu 3,363% berat Si

Tabel 8 Hasil *line analysis* fasa perlit besi cor kelabu 3,363% berat Si

| Element Number | Element Symbol | Element Name | Atomic Conc. | Weight Conc. |
|----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
| 6              | C              | Carbon       | 18.580       | 5.794        |
| 8              | O              | Oxygen       | 20.680       | 8.591        |
| 14             | Si             | Silicon      | 3.424        | 2.498        |
| 26             | Fe             | Iron         | 57.315       | 83.117       |

## 3.3 Hasil Pengujian Impak

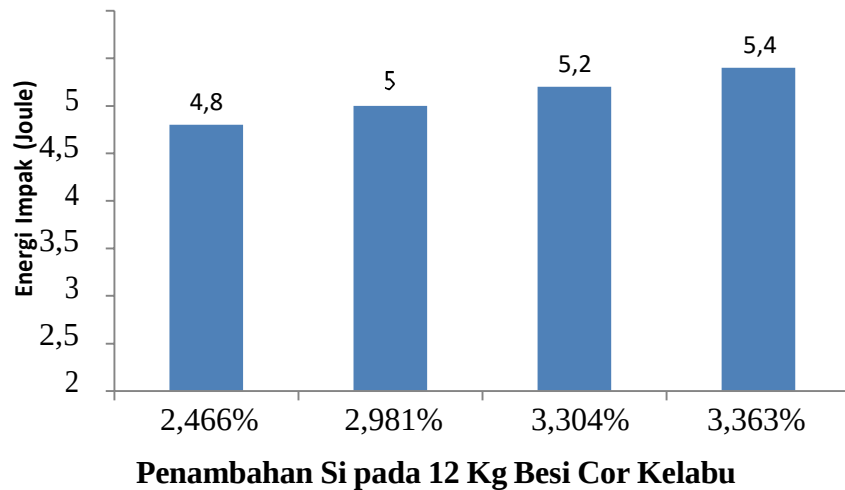
Pengujian impak ini dilakukan di Universitas Gajah Mada Yogyakarta. Pengujian Impak ini bertujuan untuk membandingkan nilai pada besi cor kelabu 2,466%, besi cor kelabu 2,981%, pada besi cor kelabu 3,304% dan besi cor kelabu 3,363%. Sebelumnya material sudah dilakukan preparasi dengan ukuran sesuai dengan standar ASTM E23. Pengujian impak dilakukan

menggunakan metode charpy untuk mencari energi impact dan harga impact pada spesimen uji. Dari hasil pengujian impact pada raw material yang dilakukan 2 kali proses pengujian untuk memperoleh perbandingan dan mendapatkan hasil energi impact dan harga impact beserta rata rata dapat dilihat pada tabel 9.

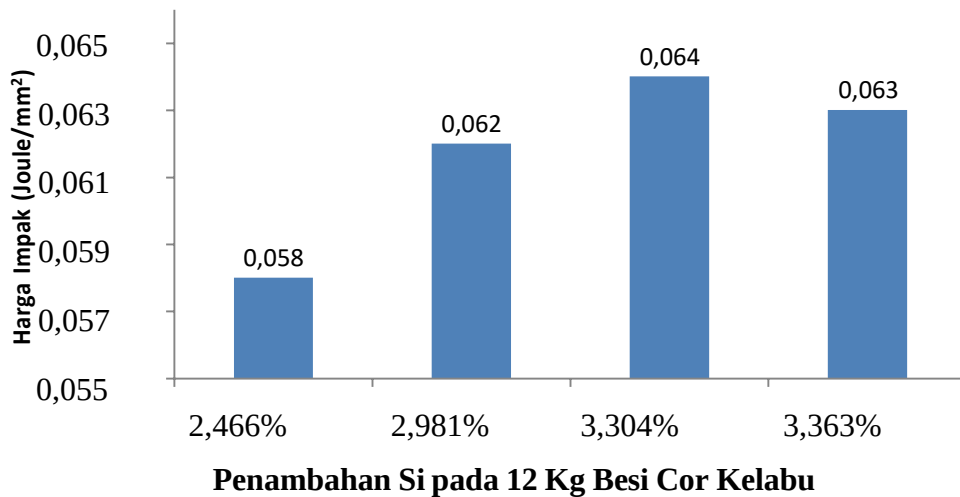
Gambar 15 menunjukkan nilai rata rata pengujian energi impact pada besicor 2,466% sebesar 4,8 Joule selanjutnya pada besi cor kelabu gram 2,981% mengalami kenaikan sebesar 5,0 Joule dan pada besi cor kelabu 3,304% juga mengalami kenaikan sebesar 5,2 Joule dan terakhir pada besi corkelabu 3,363% juga mengalami kenaikan sebesar 5,4 Joule. Dapat disimpulkan semakin ditambahkan unsur silikon maka energi impact pada besicor kelabu semakin meningkat, sehingga besi cor kelabu semakin ditambah unsur silikon maka semakin tangguh. Tabel 9 juga memperlihatkan harga impact dari material.

Tabel 9 Data Hasil Pengujian Impact

| No | Penambahan Si (gram) | Sudut awal $\alpha$ (°) | Sudut Akhir $\beta$ (°) | Energi Impact (Joule) | Energi Impact rata-rata (Joule) | Luas Penampang (mm <sup>2</sup> ) | Harga Impact (Joule/mm <sup>2</sup> ) | Harga Impact rata rata (Joule/mm <sup>2</sup> ) |
|----|----------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 1  | 2,466%               | 151,0                   | 147,7                   | 4,7                   | 4,8                             | 83,0                              | 0,057                                 | 0,058                                           |
|    |                      | 151,0                   | 147,5                   | 5,0                   |                                 | 84,6                              | 0,059                                 |                                                 |
| 2  | 2,981%               | 151,0                   | 147,5                   | 5,0                   | 5,0                             | 83,1                              | 0,060                                 | 0,062                                           |
|    |                      | 151,0                   | 147,5                   | 5,0                   |                                 | 78,4                              | 0,064                                 |                                                 |
| 3  | 3,304%               | 151,0                   | 147,5                   | 5,0                   | 5,2                             | 82,4                              | 0,061                                 | 0,064                                           |
|    |                      | 151,0                   | 147,2                   | 5,4                   |                                 | 81,6                              | 0,067                                 |                                                 |
| 4  | 3,363%               | 151,0                   | 147,0                   | 5,8                   | 5,4                             | 85,9                              | 0,067                                 | 0,063                                           |
|    |                      | 151,0                   | 147,5                   | 5,0                   |                                 | 83,6                              | 0,060                                 |                                                 |



Gambar 15 Grafik Rata Rata Energi Impak



Gambar 16 Grafik Rata Rata Harga Impak

Gambar 16 menunjukkan nilai rata rata pengujian harga impact pada besi cor 2,466% sebesar 0,058 Joule/mm<sup>2</sup> selanjutnya pada besi cor kelabu 2,981% mengalami kenaikan sebesar 0,062 Joule/mm<sup>2</sup> dan pada besi cor kelabu 3,304% juga mengalami kenaikan sebesar 0,064 Joule/mm<sup>2</sup> tetapi terakhir pada besi cor 3,363% mengalami penurunan sebesar 0,063 Joule/mm<sup>2</sup> dikarenakan pada saat pencampuran antara silikon dan besi cor kelabu didalam ladle tidak merata. Dapat disimpulkan semakin ditambahkan unsur silikon maka harga impact pada besi cor kelabu semakin meningkat, sehingga besi cor kelabu semakin tangguh karena adanya proses penambahan silikon pada spesimen.

## 4. PENUTUP

### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:



1. Berdasarkan hasil pengujian komposisi kimia pada besi cor kelabu sebelum dan setelah di tambahkan silikon, disimpulkan bahwa semakin tinggi penambahan unsur silikon maka semakin tinggi presentase silikon pada besicor kelabu.
2. Hasil pengujian metalografi pada besi cor kelabu sebelum dan setelah di tambahkan silikon, menunjukkan bahwa hasil semua material didominasi fasa grafit dan perlit. Kemudian semakin tinggi penambahan unsur silikon pada besi cor kelabu menyebabkan bentuk grafit semakin membesar dan ukuran semakin tebal.
3. Pada pengujian ketangguhan pada besi cor kelabu sebelum dan setelah di tambahkan silikon, disimpulkan bahwa semakin tinggi penambahan unsur silikon pada besi cor kelabu maka semakin tangguh.

#### 4.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam penelitian sehingga dapat disarankan beberapa hal antara lain:

4. Menggunakan pengujian uji tarik bertujuan untuk mengetahui ketahanan dan kekuatan material.
5. Penambahan unsur lain pada saat proses pengecoran untuk mendapatkan hasil sifat yang beragam.
6. Penelitian selanjutnya setelah material jadi dikembangkan lebih lanjut dengan quenching, temperature dan holding time yang tepat untuk memperoleh struktur dan nilai ketangguhan yang diinginkan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Callister, W. D. J., & Rethwisch, D. G. (2014). *Materials Science and Engineering Introduction. 9th Edition*. United States of America: Wiley.
- Darmawan, A. S dan Masyrukan. (2019). *Struktur dan Sifat Material*. Surakarta:Muhammadiyah University Press.
- Fitri, (2013) *Aplikasi Fisika*. Bandar Lampung: Universitas Lampung  
<https://jurnal.fmipa.unila.ac.id/jtaf/article/view/481/375>
- Imam Syafi'i, 5201413002 (2017) *Pengaruh Variasi Unsur Silikon Terhadap Ketangguhan Besi Cor Kelabu (GREY CAST IRON)* <http://lib.unnes.ac.id/id/eprint/30804>
- Irfan Fadhilah, (2019) *Analisis Struktur Mikro (Metalografi)*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Pradipta, A. R. (2020). *Analisa Permukaan Patahan Uji Impak Besi Cor Nodular dengan Variasi Kandungan Magnesium 0,0296%, 0,0307%, 0,0336%, dan 0,0351%*, 28-39.

- Sckudlarek, W., N Manar., Krishna., Al-Rubaie, K. S., Preti, O., Milan, J. C. G., DaCosta, C. E. (2021). *Effect of Austempering Temperature on Microstructure and Mechanical Properties of Ductile Cast Iron Modified by Niobium*. *Journal of Materials Research and Technology*, 12, 2414-2425. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.04.041>.
- Setyo & Widodo, (2018) melakukan penelitian quenching dilakukan pada temperatur 775<sup>0</sup>C, 800<sup>0</sup>C dan 825<sup>0</sup>C dalam media air dingin, sedang Tempering dilakukan pada temperatur 200<sup>0</sup>C, 300<sup>0</sup>C dan 400<sup>0</sup>C dengan holding time selama 15 menit. <http://jurnal.untidar.ac.id/index.php/mechanical>
- Supriyono. (2017). *Material Teknik*. Surakarta: Muhammadiyah University Press.