

# **PENGARUH JUMLAH SALURAN MASUK TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK BESI COR KELABU**

**Agus Bayu Setiawan; Dr. Agus Yulianto, S. T., M. T.**

**Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta**

## **Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi kimia, pengaruh jumlah saluran masuk terhadap struktur mikro, dan kekerasan besi cor kelabu produk bandul timbangan. Pada penelitian ini jumlah variasi saluran masuk pada proses pengecoran yaitu 1 saluran masuk, 2 saluran masuk dan 3 saluran masuk. Pengujian komposisi kimia dilakukan untuk mengetahui unsur kimia yang terkandung didalam besi cor kelabu, pengujian komposisi kimia menggunakan alat uji *spectrometer* dengan standar pengujian ASTM E415. Pengujian metalografi dilakukan untuk mengetahui struktur mikro dan komposisi kimia fasa pada besi cor kelabu, pengujian menggunakan metode SEM-EDS (*Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*) dengan standar pengujian ASTM E986. Dan Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui ketahanan suatu material terhadap deformasi plastis pada permukaan material, pengujian kekerasan menggunakan metode *Rockwell* dengan standar pengujian ASTM D785 Hasil pengujian menunjukkan bahwa pengecoran dengan menggunakan 2 saluran masuk menyebabkan persebaran grafit menjadi tidak merata sehingga dapat meningkatkan kekerasan material. Nilai kekerasan rata-rata tertinggi pada material besi cor kelabu yaitu sebesar 91,6 HRB pada pengecoran dengan 2 saluran masuk. Sedangkan nilai kekerasan rata-rata terendah yaitu sebesar 84,9 HRB pada pengecoran 1 saluran masuk.

**Kata kunci:** *Bandul Timbangan, Besi Cor kelabu, Saluran Masuk, Pengujian Komposisi kimia, Pengujian metalografi, Pengujian Kekerasan Rokcwell*

## **Abstract**

This research aims to determine the chemical composition, the effect of the number of inlets on the microstructure, and the hardness of gray cast iron pendulum weighing products. In this research the number of variations in inlets in the casting process is 1 inlet, 2 inlets and 3 inlets. Chemical composition testing was carried out to determine the chemical elements contained in gray cast iron, chemical composition testing using a spectrometer test equipment with the ASTM E415 testing standard. Metallurgical testing was carried out to determine the microstructure and chemical composition of the phases in gray cast iron, testing using the SEM-EDS (*Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*) method with the ASTM E986 testing standard. And hardness testing is carried out to determine the resistance of a material to plastic deformation on the surface of the material, hardness testing uses the Rockwell method with ASTM E18 testing standards. The test results show that casting using 2 inlets causes the distribution of graphite to be even, thereby increasing the hardness of the material. The highest average hardness value for gray cast iron material is 90,6 HRB in castings with 2 inlets. Meanwhile, the lowest average hardness value was 84.9 HRB for 1 inlet casting.

**Key Word:** Pendulum Scales, Gray Cast Iron, Inlet, Chemical Composition Testing, Metallurgical Testing, Rockwell Hardness Testing

## 1. PENDAHULUAN

Besi cor kelabu merupakan salah satu material yang sangat penting dalam industri manufaktur. Keberhasilan dan kualitas produk yang terbuat dari besi cor kelabu sangat bergantung pada sifat fisik dan mekaniknya. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi sifat fisik dan mekanik dari besi cor kelabu adalah jumlah saluran masuk pada saat proses pengecoran. Saluran masuk atau yang biasa dikenal sebagai "*gate*" adalah saluran yang digunakan untuk memasukkan logam cair ke dalam cetakan selama proses pengecoran. Jumlah saluran masuk yang digunakan dalam pengecoran besi cor kelabu dapat memiliki pengaruh yang signifikan terhadap sifat fisik dan mekanik dari produk akhir pengecoran besi cor kelabu.

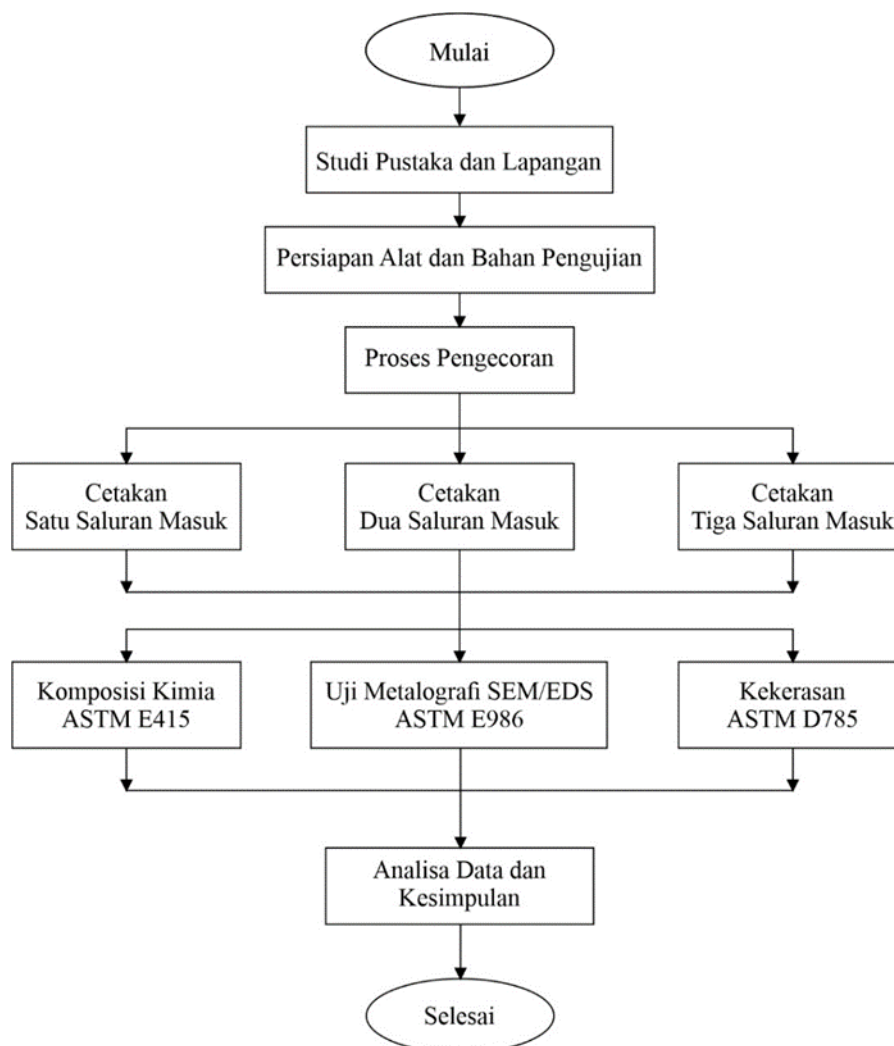
Surdia dan Chijiiwa (1986) Untuk menghasilkan produk yang baik pada proses pengecoran salah satunya yaitu merencanakan model sistem saluran. Kualitas coran salah satunya tergantung pada sistem saluran. Sistem saluran adalah sistem yang dibuat dimana logam cair mengalir hingga ke rongga cetakan. Saluran masuk adalah saluran yang menghubungkan saluran pengalir ke coran sehingga logam cair dapat masuk ke coran. Penambah adalah bagian lebih yang diberikan pada cetakan yang berfungsi untuk menambah cairan logam ketika terjadi penyusutan dan untuk menghindari penyusutan pada coran.

Pamungkas (2011) Melakukan penelitian tentang pengaruh jumlah saluran masuk pada pengecoran produk Impeller pompa sentrifugal terhadap distribusi kekerasan hasil coran dengan bahan Kuningan, Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa semakin banyaknya jumlah saluran masuk maka akan berpengaruh terhadap kekerasan hasil coran. Didapatkan dari penelitian ini bahwa dengan jumlah 2 saluran masuk memiliki nilai kekerasan rata-rata yang paling baik yaitu 174,1 VHN dibanding dengan jumlah saluran masuk 1 dan 3 yang memiliki nilai kekerasan rata-rata 154,8 VHN dan 134,6 VHN. Khoirudin, Harjanto & Suharno (2014) Melakukan penelitian uji struktur mikro menggunakan mikroskop optik dan uji kekerasan menggunakan metode *Brinell*, Hasil penelitian menyimpulkan bahwa hasil foto mikro pada pengecoran paduan aluminium dengan variasi saluran masuk, 1 saluran masuk, 2 saluran masuk dan 3 saluran masuk, Menunjukkan bahwa Jumlah saluran masuk pada hasil coran pulley aluminium yang paling optimal untuk kualitas struktur mikro yaitu pada jumlah saluran masuk 3. Akan tetapi, dari beberapa pengujian diatas belum ada yang melakukan

pengujian sifat fisik dan sifat mekanis dari besi cor kelabu dengan variasi 1 saluran, 2 saluran dan 3 saluran masuk.

## 2. METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen yang bertujuan mengetahui sebab – akibat. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik besi cor kelabu berdasarkan jumlah saluran masuk pengecoran. Adapun prosedur penelitian yang akan dilakukan maka dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini akan dilakukan perbandingan specimen dengan variasi jumlah saluran masuk dan melihat bagaimana hal tersebut dapat mempengaruhi Komposisi kimia, struktur mikro, kekerasan, dan sifat mekanik lainnya dari besi cor kelabu.

### 3.1 Hasil Pengujian Komposisi Kimia

Sifat mekanis pada besi cor kelabu dipengaruhi oleh unsur kimia penyusunnya, pada hasil komposisi kimia terdapat 17 unsur tetapi ada beberapa unsur yang berpengaruh pada besi cor yaitu unsur karbon (C) dan unsur silikon (Si). Pengaruh karbon (C) untuk membentuk grafit dan silikon (Si) sebagai perangsang pertumbuhan grafit.

Tabel 1. Tabel Hasil Uji Komposisi Kimia

| UNSUR     | SAMPEL UJI        |                 |
|-----------|-------------------|-----------------|
|           | 156/23-S488 (%)   | STANDAR DEVIASI |
| <b>C</b>  | <b>3,174</b>      | <b>0,030</b>    |
| <b>Si</b> | <b>2,466</b>      | <b>0,071</b>    |
| <b>Mn</b> | <b>0,434</b>      | <b>0,029</b>    |
| <b>P</b>  | <b>0,052</b>      | <b>0,0099</b>   |
| <b>S</b>  | <b>0,074</b>      | <b>0,0076</b>   |
| <b>Cr</b> | <b>0,082</b>      | <b>0,0025</b>   |
| <b>Mo</b> | <b>&lt;0,0100</b> | <b>0,0011</b>   |
| <b>Ni</b> | <b>0,134</b>      | <b>0,179</b>    |
| <b>Cu</b> | <b>0,055</b>      | <b>0,0009</b>   |
| <b>Al</b> | <b>&lt;0,0050</b> | <b>0,0010</b>   |
| <b>Co</b> | <b>&lt;0,0050</b> | <b>0,0004</b>   |
| <b>Mg</b> | <b>&lt;0,0050</b> | <b>0,0001</b>   |
| <b>Nb</b> | <b>0,011</b>      | <b>0,0008</b>   |
| <b>Ti</b> | <b>0,012</b>      | <b>0,0007</b>   |
| <b>V</b>  | <b>0,0050</b>     | <b>0,0012</b>   |
| <b>W</b>  | <b>&lt;0,100</b>  | <b>0,0077</b>   |
| <b>Fe</b> | <b>93,51</b>      | <b>0,233</b>    |

### 3.2 Hasil Pengamatan Visual Hasil Pengecoran

Dari hasil pengamatan visual terjadi cacat lubang lubang. Pada jumlah saluran masuk 1 mengalami cacat lubang-lubang tertinggi karena penyebaran logam cair pada saat penuangan ke cetakan membutuhkan waktu yang lama karena hanya melalui 1 saluran masuk saja dan logam cair sudah mengalami pemadatan terlebih dahulu sebelum rongga-rongga cetakan terisi secara penuh. Pada spesimen jumlah saluran masuk 2 dan 3 mengalami cacat lubang-lubang

Cacat lubang-lubang

(a) (b) (c)

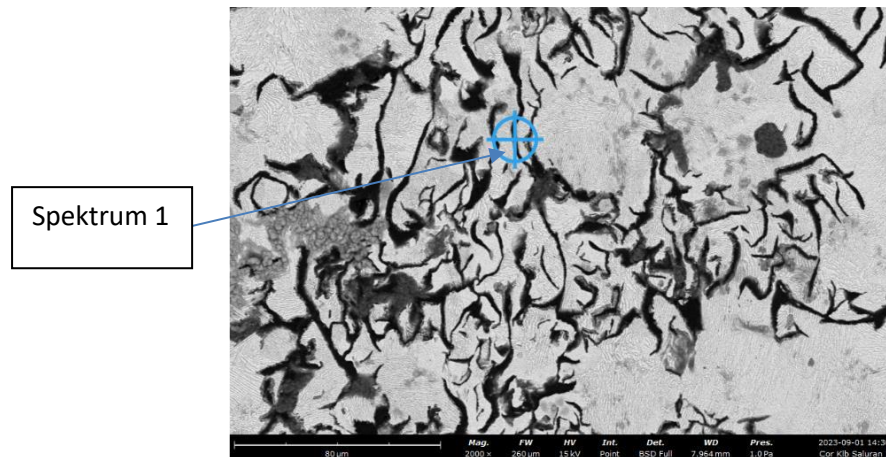
Gambar 2. (a) 1 saluran masuk (b) 2 saluran masuk (c) 3 saluran masuk

Pada Pengujian SEM-EDS (*Scanning Electron Microscope – Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*) pada penelitian ini bertujuan untuk mengamati gambaran struktur mikro serta untuk mengetahui komposisi unsur kimia penyusun pada besi cor kelabu dengan variasi jumlah saluran masuk yaitu: 1 saluran masuk, 2 saluran masuk dan 3 saluran masuk.

Grafit

|        |        |       |       |       |       |       |                  |
|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------|
| Mag.   | FW     | HY    | DEL   | DEL   | WD    | Pval. | 2023-09-01 14:33 |
| 10.0kx | 15.0µm | 1.5µm | 1.5µm | 1.5µm | 1.5µm | 1.5µm |                  |

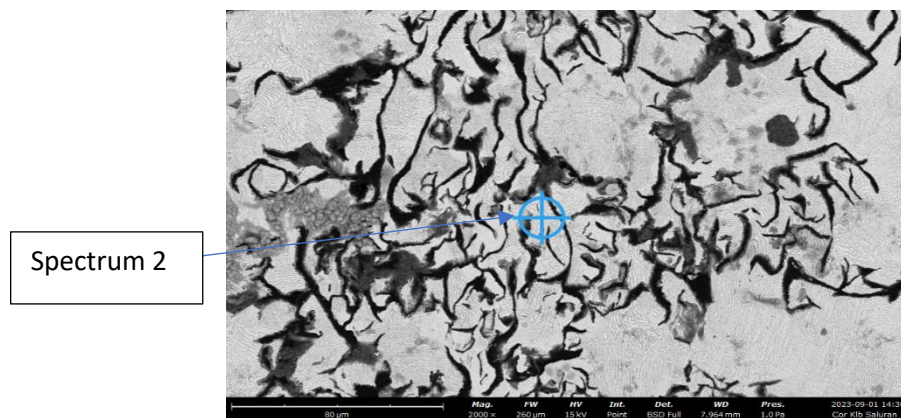
Struktur mikro diatas menunjukkan jika fasa grafit yang terbentuk pada besi cor kelabu terdistribusi secara merata dan rapat.



Gambar 4. Titik Pengujian EDS Fasa Grafit Besi Cor Kelabu (1 Saluran Masuk)

Tabel 2. Hasil Line Analysis Grafit Besi Cor Kelabu (1 Saluran Masuk)

|  | Element Number | Element Symbol | Element Name | Atomic Conc. | Weight Conc. |
|--|----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
|  | 6              | C              | Carbon       | 92.898       | 79.497       |
|  | 8              | O              | Oxygen       | 2.733        | 3.116        |
|  | 26             | Fe             | Iron         | 4.369        | 17.387       |

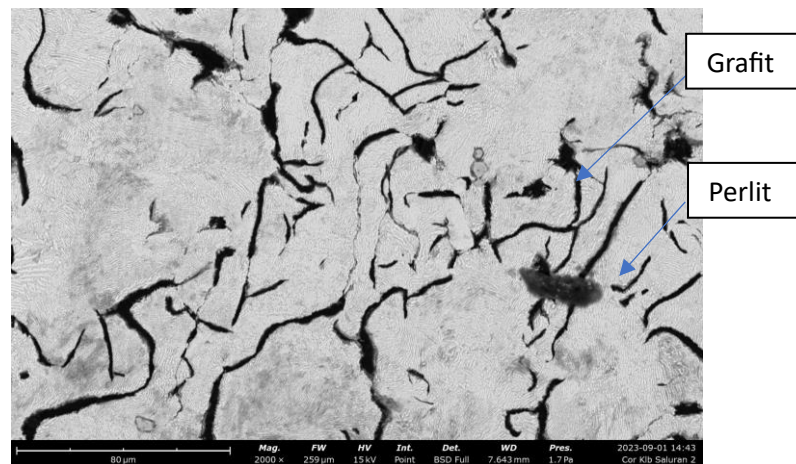


Gambar 5. Titik Pengujian Fasa Perlit Besi Cor Kelabu (1 Saluran Masuk)

Tabel 3. Hasil Line Analysis Perlit Besi Cor Kelabu (1 Saluran Masuk)

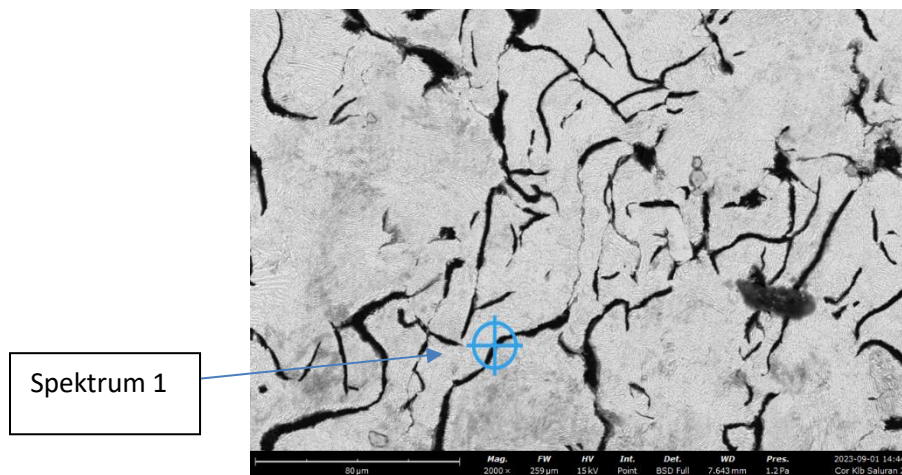
|  | Element Number | Element Symbol | Element Name | Atomic Conc. | Weight Conc. |
|--|----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
|  | 6              | C              | Carbon       | 42.317       | 14.500       |
|  | 8              | O              | Oxygen       | 4.162        | 1.900        |
|  | 14             | Si             | Silicon      | 2.121        | 1.700        |
|  | 26             | Fe             | Iron         | 51.399       | 81.900       |

### 3.3.1 Analisa Hasil Pengujian SEM-EDS Besi Cor Kelabu 2 Saluran Masuk



Gambar 6. Struktur Mikro Besi Cor Kelabu 2 Saluran Masuk

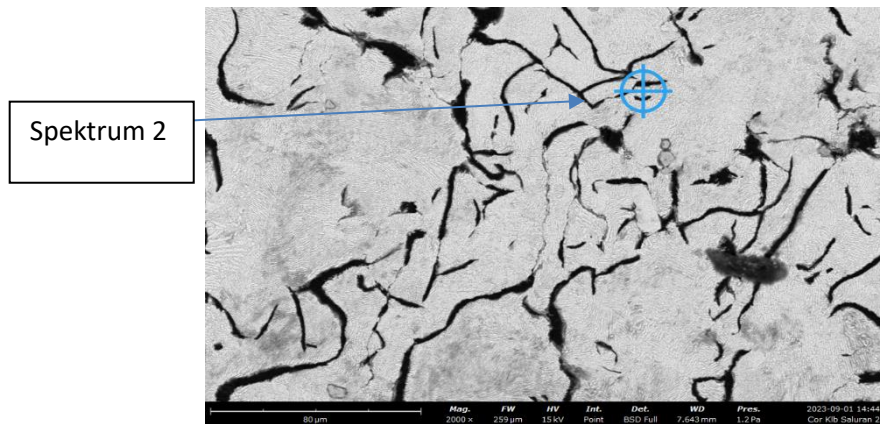
Dari gambar struktur mikro diatas menunjukkan jika fasa grafit yang terbentuk pada besi cor kelabu terdistribusi secara tidak merata.



Gambar 7. Titik Pengujian EDS Fasa Grafit Besi Cor Kelabu (2 Saluran Masuk)

Tabel 4. Hasil Line Analysis Grafit Besi Cor Kelabu Dengan 2 Saluran Masuk

| Element Number | Element Symbol | Element Name | Atomic Conc. | Weight Conc. |
|----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
| 6              | C              | Carbon       | 95.434       | 82.211       |
| 8              | O              | Oxygen       | 0.175        | 0.201        |
| 26             | Fe             | Iron         | 4.390        | 17.588       |

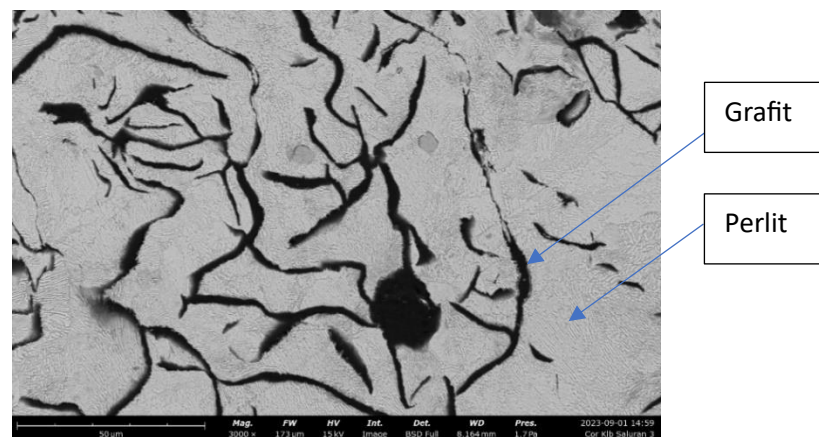


Gambar 8. Titik Pengujian EDS Besi Cor Kelabu (2 Saluran Masuk)

Tabel 5. Hasil Line Analysis Perlit Besi Cor Kelabu Dengan 2 Saluran Masuk

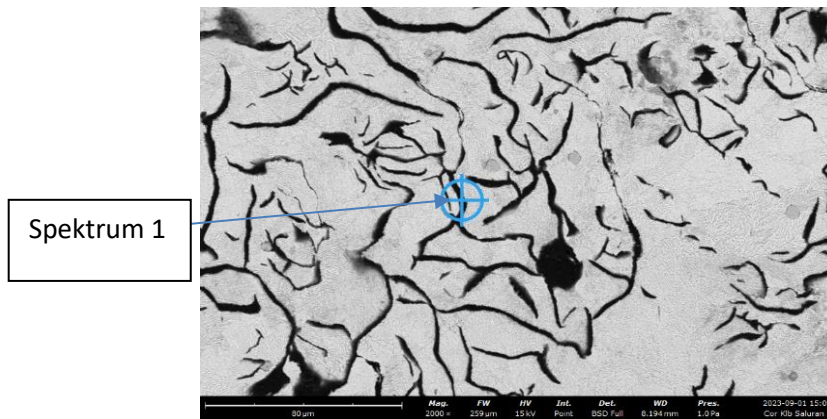
| Element Number | Element Symbol | Element Name | Atomic Conc. | Weight Conc. |
|----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
| 6              | C              | Carbon       | 35.910       | 11.389       |
| 8              | O              | Oxygen       | 4.020        | 1.698        |
| 14             | Si             | Silicon      | 2.290        | 1.698        |
| 26             | Fe             | Iron         | 57.781       | 85.215       |

### 3.3.2 Analisa Hasil Pengujian SEM-EDS Besi Cor Kelabu 3 Saluran Masuk



Gambar 9. Struktur Mikro Besi Cor 3 Saluran Masuk

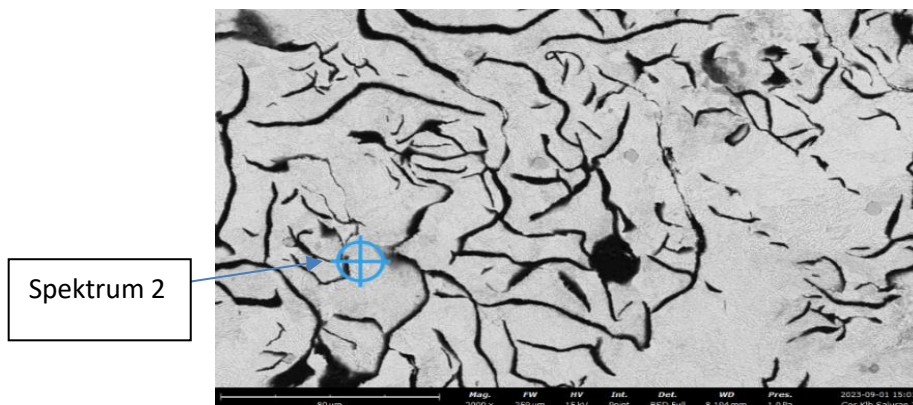
Dari hasil foto struktur mikro diatas dapat diketahui bahwa fasa grafit memiliki penyebaran grafit yang lebih merata.



Gambar 10. Titik Pengujian Fasa Grafit Besi Cor Kelabu (3 Saluran Masuk)

Tabel 6. Hasil Line Analysis Grafit Besi Cor Kelabu Dengan 3 Saluran Masuk.

|  | Element Number | Element Symbol | Element Name | Atomic Conc. | Weight Conc. |
|--|----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
|  | 6              | C              | Carbon       | 93.907       | 83.900       |
|  | 8              | O              | Oxygen       | 3.109        | 3.700        |
|  | 26             | Fe             | Iron         | 2.985        | 12.400       |



Gambar 11. Titik Pengujian Fasa Perlit Besi Cor Kelabu (3 Saluran Masuk)

Tabel 7. Hasil Line Analysis Perlit Besi Cor Kelabu Dengan (3 Saluran Masuk).

|  | Element Number | Element Symbol | Element Name | Atomic Conc. | Weight Conc. |
|--|----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
|  | 6              | C              | Carbon       | 32.769       | 10.090       |
|  | 8              | O              | Oxygen       | 4.384        | 1.798        |
|  | 14             | Si             | Silicon      | 2.636        | 1.898        |
|  | 26             | Fe             | Iron         | 60.211       | 86.214       |

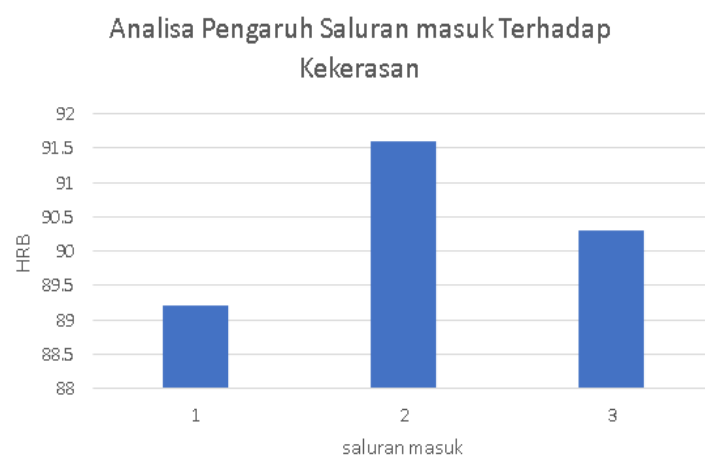
### 3.4 Hasil dan Analisis Pengujian Kekerasan Metode Rockwell

Pengujian kekerasan ini dilakukan dengan metode *Hardness Rockwell B (HRB)* yang bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan pada setiap titik yang diuji pada spesimen besi

cor kelabu yang telah dilakukan pengecoran dengan variasi saluran masuk yaitu 1 saluran masuk, 2 saluran masuk dan 3 saluran masuk. Berdasarkan standar ASTM E18. Metode ini dilakukan dengan cara memberikan tekanan pada permukaan material yang siap uji menggunakan indenter bola 116 dengan beban penekanan 100 Kgf dalam pengujian ini diambil tiga nilai titik kekerasan tiap spesimen yang kemudian diambil nilai kekerasan rata-rata. Berikut hasil pengujian *Hardness Rockwell B (HRB)*.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kekerasan *Rockwell*

| Variasi Spesimen | Titik Uji   | Kekerasan (HRB) | Kekerasan Rata-rata (HRB) |
|------------------|-------------|-----------------|---------------------------|
| 1 Saluran Masuk  | Titik Uji 1 | 89,0            | 89,2                      |
|                  | Titik Uji 2 | 89,0            |                           |
|                  | Titik Uji 3 | 89,7            |                           |
| 2 Saluran Masuk  | Titik Uji 1 | 90,8            | 91,6                      |
|                  | Titik Uji 2 | 92,1            |                           |
|                  | Titik Uji 3 | 91,9            |                           |
| 3 Saluran Masuk  | Titik Uji 1 | 91,1            | 90,3                      |
|                  | Titik Uji 2 | 90,0            |                           |
|                  | Titik Uji 3 | 89,8            |                           |



Gambar xx. Grafik Analisa Pengaruh Variasi Saluran Masuk Terhadap Kekerasan

#### 4. PENUTUP

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut: (1) Dari hasil pengujian komposisi kimia terdapat 17 unsur, terdapat 5 unsur yang paling berpengaruh pada coran besi cor kelabu yaitu Silikon (Si) 2,466%, Besi (Fe)

93,51%, Seng (C) 3,174% Tembaga (Cr) 0,08%, Mangan (Mn) 0,434% yang pal. Sehingga dari unsur yang ada material ini termasuk logam besi cor kelabu karena unsur Carbon (C) merupakan paduan terbesar yaitu 3,174%. (2) Hasil pengujian metalografi (SEM-EDS), menunjukkan struktur mikro besi cor kelabu terdapat unsur grafit dan unsur perlit. Setelah dilakukan pengujian komposisi kimia pada fasa yang terbentuk pada besi cor kelabu menunjukkan fasa grafit tersusun atas unsur C (*carbon*), O (*Oxygen*), dan Fe (*Iron*). Sedangkan pada fasa perlit tersusun dari unsur C (*Carbon*), O (*Oxygen*), Si (*Silicon*), dan Fe (*Iron*). (3) Variasi jumlah saluran masuk dapat mempengaruhi nilai kekerasan besi cor kelabu. Setelah dilakukan pengujian kekerasan dengan metode *rockwell* pada 3 titik pengujian kekerasan pada spesimen menunjukkan bahwa besi cor kelabu dengan 2 saluran masuk memiliki nilai kekerasan rata-rata yang paling tinggi yaitu 91,6 HRB. Sedangkan besi cor kelabu dengan 3 saluran masuk memiliki nilai kekerasan rata-rata sebesar 90,3 HRB. Dan besi cor kelabu dengan 1 saluran masuk memiliki nilai kekerasan rata-rata sebesar 89,2 HRB.

## DAFTAR PUSTAKA

- Apriliyanto, P., & Mahendra, A. (2014). Analisis variabel proses produk pengecoran logam menggunakan cetakan sand casting. *Jurnal Teknik Mesin*, 02(02), 70–78.
- Ayup Tri Andika. (2022). Article Review: Analisis Jenis-Jenis Teknik Pengecoran Logam Berdasarkan Jenis Cetakannya. *ENOTEK : Jurnal Energi Dan Inovasi Teknologi*, 1(2), 17–20. <https://doi.org/10.30606/enotek.v1i2.1272>
- Bhirawa, W. T., Studi, P., Industri, T., & Suryadarma, U. (2013). Proses Pengecoran Logam Dengan Menggunakan Sand Casting. *Jurnal Teknik Industri*, 4(1), 31–41. <https://doi.org/10.35968/jtin.v4i1.826>
- Callister Jr, W. D., & Rethwisch, D. G. (2017). Characteristics, Application, and Processing of Polymers. In *Materials Science and Engineering - An Introduction*.
- Darmawan, A. S. dan Masyrukan. (2019). Struktur dan Sifat Material. Surakarta Muhammadiyah University press.
- Firdaus. (2010). Rancang bangun cetakan pemanen ( permanent mold ) untuk pembuatan pulley aluminium. *Jurnal Austenit*, 2(1), 1–12.
- Fiyana, R. H., Lubis, M. P. D., & Dewanto, H. A. (2023). Pengaruh Rasio Penggunaan Pasir Baru dengan Pasir Bekas Terhadap Kadar Abu / Lost On Ignation (LOI) dan Kekuatan Tarik Pasir pada Cetakan Pasir Kering. *SPECTA Journal of Technology*, 7(1), 390–400. <https://doi.org/10.35718/specta.v7i1.241>
- Fitri., Ginting, E., & Karo karo, P. (2013). Komposisi Kimia, Struktur Mikro, Holding Time

- dan Sifat Ketangguhan Baja Karbon Medium pada Suhu 7800C. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 01(01), 1–4
- Goldstein, Joseph I. et all. 2018. Scanning Electron Microscope and X-Ray Microanalysis. Fourth Edition. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4939-6676-9>.
- Groover, M. P. (2010). Part II Engineering Materials. *FUNDAMENTALS OF MODERN MANUFACTURING Materials,Processes,AndSystems*, 4th editio, 510–526.
- Jonoadji, N., Kurniawan, A., & Siahaan, I. H. (2023). Pemanfaatan Mesin Vacuum Casting Semi Otomatis untuk Kebutuhan Pembuatan Produk Perhiasan. *Jurnal Teknik Mesin*, 20(1), 24–30. <https://doi.org/10.9744/jtm.20.1.24-30>
- Kusnowo, R., Gunara, S., & Fauzan, S. G. (2019). *Pengaruh Waktu dan Temperatur Pemanasan Resin Coated Sand terhadap Sifat Mekanik dan Kualitas Produk Cor pada Metode Shell Molding*. 02(01), 3–8.
- Pamungkas, bagas ardianto. (2011). *Pengaruh jumlah saluran masuk pada pengecoran produk impeller pompa sentrifugal terhadap distribusi kekerasan hasil coran*. Universitas Brawijaya.
- Rajkumar, I., Rajini, N., Alavudeen, A., Ram Prabhu, T., Ismail, S. O., Mohammad, F., & Al-Lohedan, H. A. (2021). Experimental and simulation analysis on multi-gate variants in sand casting process. *Journal of Manufacturing Processes*, 62, 119–131. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2020.12.006>
- Respati, S.M.B, 2008, Macam-Macam Mikroskop dan Cara Penggunaan, Vol. 4, No. 2, Oktober 2008 : 42 – 44.
- Setyana, L. D. (2015). Studi Ukuran Grafit Besi Cor Kelabu Terhadap Laju Keausan Pada Produk Blok Rem Metalik Kereta Api. *Material Teknologi Proses*, 1(1), 17–21.
- Supriyanto, E. D. Y. (2008). *TUGAS AKHIR PENGARUH KADAR SILIKON (Si) TERHADAP KEKERASAN BESI COR KELABU*. 0–6.
- Supriyono, (2017). *Material Teknik*. Surakarta: Muhammadiyah University press.
- Widagdo, J. (2016). Jurusan teknik mesin fakultas teknik universitas muhammadiyah surakarta 2008. *PENGARUH LAPISAN KARBON TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA SOLIDIFIKASI BESI COR KELABU DALAM CETAKAN PERMANEN UNTUK TAPPING AWAL*, 4–16.