

**TUGAS AKHIR**  
**PENGARUH NORMALISASI PADA SUHU 850°C DENGAN WAKTU**  
**TAHAN 20 MENIT TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN**  
**KEKERASAN VICKERS BESI COR PUTIH**



**Disusun sebagai syarat menyelesaikan Studi Strata Satu**  
**Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik**  
**Universitas Muhammadiyah Surakarta**

**Disusun Oleh:**  
**Rizal Bagus Ramadhan**  
**D200190146**

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

**2023**

## HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir dengan judul **“Pengaruh Normalisasi Pada Suhu 850°C Dengan Waktu Tahan 20 Menit Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Vickers Besi Cor Putih”** yang dibuat untuk memenuhi syarat memperoleh gelar sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan dipakai untuk mendapat gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun, kecuali sumber informasi saya cantumkan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 27 November 2023

Yang menyatakan,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Rizal Bagus Ramadhan'.

Rizal Bagus Ramadhan

## HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir dengan judul **“Pengaruh Normalisasi Pada Suhu 850°C Dengan Waktu Tahan 20 Menit Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Vickers Besi Cor Putih”** telah disetujui pembimbing tugas akhir untuk dipertahankan di depan dewan penguji sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh:

Nama : **Rizal Bagus Ramadhan**

NIM : **D200190146**

Disetujui pada:

Hari : **Senin**

Tanggal : **27 November 2023**

Pembimbing Tugas Akhir



**Ir. Agung Setyo Darmawan, S.T., M.T.**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul “Pengaruh Normalisasi Pada Suhu 850°C Dengan Waktu Tahan 20 Menit Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Vickers Besi Cor Putih” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Tugas Akhir dan telah dinyatakan sah untuk memenuhi sebagai syarat memperoleh derajat Sarjana Strata Satu pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

Dipersiapkan oleh :

Nama : Rizal Bagus Ramadhan

NIM : D200190146

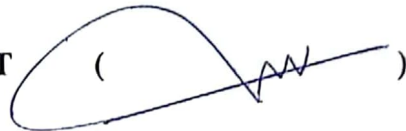
Disahkan pada :

Hari : Sabtu

Tanggal : 23 Desember 2023

Dewan Penguji :

Ketua : Ir. Agung Setyo Darmawan, S.T., M.T

(  )

Anggota 1 : Dr. Agus Yulianto, S.T., M.T.

(  )

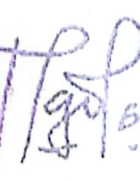
Anggota 2 : Dr. Ir. Ngafwan, M.T.

(  )

  
Dekan Fakultas Teknik

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

Ketua Program Studi Teknik Mesin

Ir. Agus Dwi Anggono, S.T., M.Eng., Ph.D.

## LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR

Berdasarkan Surat Keputusan Rektor Universitas Muhammadiyah Surakarta Nomor 051/II/2023, tanggal 25 Maret 2022 tentang Pembimbing Tugas Akhir dengan ini:

Nama : Ir. Agung Setyo Darmawan, S.T., M.T.  
Pangkat/Jabatan : Penata/Lektor  
Kedudukan : Pembimbing Tugas Akhir

Memberikan soal tugas akhir kepada mahasiswa:

Nama : Rizal Bagus Ramadhan  
Nomor Induk : D200190146  
Jurusan/Semester : Teknik Mesin/9  
Judul/Topik : Pengaruh normalisasi pada suhu 850°C dengan waktu tahan 20 menit terhadap struktur mikro dan kekerasan Vickers besi cor putih.

Rincian Soal/Tugas :

1. Mengetahui struktur mikro yang terdapat pada besi cor putih (white cast iron) sebelum dan sesudah di normalisasi.
2. Mengetahui kekerasan besi cor putih (white cast iron) sebelum dan sesudah proses normalisasi.

Demikian Soal Tugas Akhir ini dibuat untuk dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 30 Maret 2023

Pembimbing Tugas Akhir



Ir. Agung Setyo Darmawan, S.T., M. T.

## **MOTTO**

“Sebijak bijaknya kata-kata, tetap lebih bijak seseorang yang bisa mengimplementasikan setiap kalimat menjadi sebuah perbuatan nyata, dan akhirnya dia bisa tahu bahwa keberhasilan ada pada kehidupan nyata, bukan hanya sekejap dunia maya”

**(Wira Nagara)**

“Kemarin adalah bayangan, hari ini adalah kenyataan, besok adalah mimpi. Jalani hari ini tanpa melihat kebelakang, karena di belakang banyak bayang-bayang yang harus dilupakan. Tapi kejarlah masa depan, karena ada mimpi yang menunggu untuk diwujudkan”

**(Dustin)**

“Hidup akan selalu berakhir dengan indah. Bila belum indah, maka belum berakhir”

**(Patrick Star)**

*“Per aspera ad astra (menuju bintang melalui jerih payah)”*

**(Romulus:Quirinus)**

## HALAMAN PERSEMBAHAN



*Allhamdulillahirobil'amin, Allahumma Sholli'ala Sayyidina Muhammad Wa'alaali Sayyidina Muhammad.* Sujud syukur kusembahkan kepada-Mu ya Allah atas nikmat, karunia, petunjuk dan kelancaran yang Engkau berikan hingga akhirnya Tugas Akhir yang sederhana ini dapat terselesaikan. Semoga atas keberhasilan ini menjadi satu langkah awal untuk masa depan yang cerah dan modal untuk meraih cita-cita. Dengan kerendahan hati dan bangga, penulis mempersembahkan karya ini untuk:

### **“Bapak dan Ibu Tercinta”**

Kepada Bapak Agus Slamet Siswadi dan Ibu Sumiyem tercinta. Sebagai tanda bakti, hormat, dan rasa terima kasih yang tiada terhingga kupersembahkan karya sederhana ini karena telah memberikan kasih sayang, selalu mendoakan, menasehati dan meridhoi ketika melakukan hal lebih baik. Semoga dengan karya sederhana ini menjadi langkah awal untuk membuat Bapak dan Ibu bahagia.

### **“Dosen Pembimbing Tugas Akhir”**

Kepada Bapak Ir. Agung Setyo Darmawan, S.T., M.T. selaku pembimbing Tugas Akhir saya yang sudah membantu selama ini, sudah mengarahkan, mengajari dan menasehati sampai karya ini selesai.

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.*

Puji Syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala limpahan nikmat-Nya sehingga penyusunan laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan. Tugas Akhir yang berjudul **“Pengaruh normalisasi pada suhu 850°C dengan waktu tahan 20 menit terhadap struktur mikro dan kekerasan vickers besi cor putih”**, dapat diselesaikan dengan lancar berkat dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu, dengan penuh ketulusan hati penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kelancaran dan kemudahan dalam pembuatan laporan tugas akhir ini.
2. Kedua orangtua penulis yang senantiasa memberikan doa, dukungan moral serta material dan telah memfasilitasi penulis untuk menempuh Pendidikan yang tercukupi yang insyallah bermanfaat bagi Masyarakat, negara dan agama.
3. Bapak Rois Fathoni, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
4. Bapak Ir. Agus Dwi Anggono, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
5. Ibu Taurista Perdana Syawitri, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
6. Bapak Ir. Agung Setyo Darmawan, S.T., M.T. selaku Pembimbing Tugas Akhir yang telah membantu, membimbing, serta mengarahkan selama proses penyusunan Tugas Akhir.
7. Bapak Prof. H. Supriyono, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing, dan mengarahkan selama masa perkuliahan.
8. Seluruh jajaran Dosen dan Staf Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, atas segala ilmu yang telah diberikan selama menempuh jenjang pendidikan.

9. Rekan kelompok bimbingan Tugas Akhir yaitu Harir Arkham, Ridho Adhi Pratama, dan Wildan Arya Nanda Subekti yang telah berjuang bersama dalam penyelesaian Tugas Akhir.
10. Keluarga besar Kontrakan Bani Baturan yang telah memberikan motivasi dan semangat dalam penyelesaian Tugas Akhir.
11. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Mesin Angkatan 2019 dan semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penyusunan Tugas

Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca. Penulis menyadari bahwa laporan ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran dari pembaca sangat diharapkan.

*Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

## ABSTRAK

Pada dunia industri pengecoran logam sering kita dengar jenis besi cor yang disebut besi cor putih. Besi cor putih merupakan salah satu besi cor yang tidak mempunyai grafit sehingga memiliki sifat mekanik yang sangat keras namun getas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh normalisasi pada temperatur 850°C dengan waktu tahan 20 menit terhadap struktur mikro, komposisi kimia fasa, serta nilai kekerasan pada besi cor putih. Pengujian metalografi dan uji komposisi dilakukan dengan *Scanning Electron Microscope – Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (SEM-EDS), sedangkan pengujian kekerasan dilakukan dengan metode Vickers. Hasil dari pengujian SEM-EDS menunjukkan bahwa pada besi cor putih yang telah dilakukan proses normalisasi terdapat fasa grafit, sementit ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ), dan perlit. Pada fasa grafit terdapat unsur *Carbon* (C) sebesar 80,30% berat, *Ferro* (Fe) sebesar 16,10% berat, dan *Oxygen* (O) sebesar 3,6% berat. Kemudian pada fasa sementit ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) terdapat unsur *Ferro* (Fe) sebesar 93,506% berat, *Carbon* (C) sebesar 6,394% berat, dan *Oxygen* (O) sebesar 0,100% berat. Dan pada fasa perlit terdapat unsur *Ferro* (Fe) sebesar 93,500% berat, *Silicon* (Si) sebesar 1,400%, *Carbon* (C) sebesar 3,90% berat, serta unsur *Oxygen* (O) sebesar 1,200% berat. Hasil dari pengujian kekerasan menunjukkan bahwa nilai kekerasan tertinggi terjadi pada raw material dengan nilai kekerasan rata-rata sebesar 537,033 VHN. Sedangkan nilai kekerasan terendah terjadi pada spesimen uji yang telah dinormalisasi dengan nilai kekerasan rata-rata sebesar 444,933 VHN.

Kata kunci : Besi Cor Putih, Normalisasi, Kekerasan Vickers, Struktur Mikro

## ABSTRACT

*In the world of the metal casting industry, we often hear about a type of cast iron called white cast iron. White cast iron is a type of cast iron that does not have graphite so it has mechanical properties that are very hard but brittle. This research aims to determine the effect of normalizing at a temperature of 850°C with a holding time of 20 minutes on the microstructure, phase chemical composition, and hardness value of white cast iron. Metallographic testing and composition testing were carried out using Scanning Electron Microscope – Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDS), while hardness testing was carried out using the Vickers method. The results of SEM-EDS testing show that white cast iron that has undergone a normalizing process contains graphite, cementite ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) and pearlite phases. In the graphite phase there are Carbon (C) elements of 80.30% by weight, Ferro (Fe) by 16.10% by weight, and Oxygen (O) by 3.6% by weight. Then in the cementite phase ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) there are Ferro elements (Fe) amounting to 93.506% by weight, Carbon (C) by 6.394% by weight, and Oxygen (O) by 0.100% by weight. And in the pearlite phase there are Ferro (Fe) elements of 93.500% by weight, Silicon (Si) by 1.400%, Carbon (C) by 3.90% by weight, and Oxygen (O) element is 1.200% by weight. The results of hardness testing show that the highest hardness value occurs in raw material with an average hardness value of 527,033 VHN. Meanwhile, the lowest hardness value occurred in test specimens that had been normalizing with an average hardness value of 444,933 VHN.*

**Keywords:** White Cast Iron, Normalization, Vickers Hardness, Micro Structure

## DAFTAR ISI

|                                                               |       |
|---------------------------------------------------------------|-------|
| COVER .....                                                   | i     |
| HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....                      | ii    |
| HALAMAN PERSETUJUAN.....                                      | iii   |
| HALAMAN PENGESAHAN .....                                      | iv    |
| LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR.....                                  | v     |
| MOTTO .....                                                   | vi    |
| HALAMAN PERSEMBAHAN.....                                      | vii   |
| KATA PENGANTAR.....                                           | viii  |
| ABSTRAK .....                                                 | x     |
| ABSTRACT .....                                                | xi    |
| DAFTAR ISI.....                                               | xii   |
| DAFTAR GAMBAR.....                                            | xv    |
| DAFTAR TABEL.....                                             | xvii  |
| DAFTAR SIMBOL .....                                           | xviii |
| BAB I PENDAHULUAN .....                                       | 1     |
| 1.1 Latar Belakang .....                                      | 1     |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                                     | 2     |
| 1.3 Batasan Masalah.....                                      | 3     |
| 1.4 Tujuan Penelitian.....                                    | 3     |
| 1.5 Manfaat Penelitian.....                                   | 3     |
| 1.5.1 Manfaat Bagi Institusi .....                            | 3     |
| 1.5.2 Manfaat Bagi Keilmuan .....                             | 4     |
| 1.5.3 Manfaat Bagi Mahasiswa .....                            | 4     |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....                                  | 5     |
| 2.1 Kajian Pustaka .....                                      | 5     |
| 2.2 Landasan Teori .....                                      | 8     |
| 2.2.1 Diagram Fasa.....                                       | 9     |
| 2.2.2 Besi Cor .....                                          | 11    |
| 2.2.3 Pengelompokan Besi Cor Berdasarkan Struktur Mikro ..... | 11    |
| 2.2.4 Proses Pengecoran .....                                 | 14    |

|                                                                                                                                                 |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.2.5 Normalisasi (Normalizing).....                                                                                                            | 15        |
| 2.2.6 Metalografi .....                                                                                                                         | 16        |
| 2.2.6.1 Prinsip Kerja Mikroskop Optik.....                                                                                                      | 16        |
| 2.2.6.2 <i>Scanning Electron Mikroscope</i> (SEM) .....                                                                                         | 18        |
| 2.2.7 Kekerasan Vickers.....                                                                                                                    | 19        |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>                                                                                                          | <b>21</b> |
| 3.1 Rancangan Penelitian.....                                                                                                                   | 21        |
| 3.2 Alat Dan Bahan Penelitian.....                                                                                                              | 22        |
| 3.2.1 Alat Penelitian .....                                                                                                                     | 22        |
| 3.2.2 Bahan Penelitian.....                                                                                                                     | 25        |
| 3.3 Sampel .....                                                                                                                                | 28        |
| 3.4 Lokasi Penelitian.....                                                                                                                      | 29        |
| 3.5 Prosedur Penelitian .....                                                                                                                   | 29        |
| 3.5.1 Prosedur Pemotongan Spesimen Uji .....                                                                                                    | 29        |
| 3.5.2 Prosedur Perlakuan Panas (Heat Treatment).....                                                                                            | 29        |
| 3.5.3 Prosedur Polishing.....                                                                                                                   | 30        |
| 3.5.4 Prosedur Etsa .....                                                                                                                       | 31        |
| 3.5.5 Prosedur Pengujian Struktur Mikro.....                                                                                                    | 31        |
| 3.5.6 Prosedur <i>Scanning Electron Mikroscope</i> (SEM) .....                                                                                  | 32        |
| 3.5.7 Prosedur Kekerasan Vickers .....                                                                                                          | 32        |
| 3.6 Jadwal Penelitian .....                                                                                                                     | 33        |
| 3.7 Rancangan Analisis Data .....                                                                                                               | 34        |
| 3.7.1 Pengujian Metalografi .....                                                                                                               | 34        |
| 3.7.2 Pengujian Kekerasan Vickers.....                                                                                                          | 34        |
| <b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>                                                                                              | <b>36</b> |
| 4.1 Hasil Pengujian Metalografi .....                                                                                                           | 36        |
| 4.1.1 Analisa Hasil Pengujian <i>Scanning Electron Mikroscope</i> (SEM)<br>Besi Cor Putih ( <i>White Cast Iron</i> ) Raw Material .....         | 36        |
| 4.1.2 Analisa Hasil Pengujian <i>Energy Dispersive X-ray Spectroscopy</i><br>(EDS) Besi Cor Putih ( <i>White Cast Iron</i> ) Raw Material ..... | 38        |
| 4.1.2.1 Hasil Pengujian <i>Energy Dispersive X-ray Spectroscopy</i><br>(EDS) Besi Cor Putih ( <i>White Cast Iron</i> ) Raw Material             |           |

|                                                                                                                                                                |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Pada Fasa Sementit .....                                                                                                                                       | 38        |
| 4.1.2.2 Hasil Pengujian <i>Energy Dispersive X-ray Spectroscopy</i><br>(EDS) Besi Cor Putih ( <i>White Cast Iron</i> ) Raw Material<br>Pada Fasa Perlit .....  | 39        |
| 4.1.3 Analisa Hasil Pengujian <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)<br>Besi Cor Putih ( <i>White Cast Iron</i> ) Normalisasi .....                         | 40        |
| 4.1.4 Analisa Hasil Pengujian <i>Energy Dispersive X-ray Spectroscopy</i><br>(EDS) Besi Cor Putih ( <i>White Cast Iron</i> ) Normalisasi .....                 | 41        |
| 4.1.4.1 Hasil Pengujian <i>Energy Dispersive X-ray Spectroscopy</i><br>(EDS) Besi Cor Putih ( <i>White Cast Iron</i> ) Normalisasi<br>Pada Fasa Perlit .....   | 42        |
| 4.1.4.2 Hasil Pengujian <i>Energy Dispersive X-ray Spectroscopy</i><br>(EDS) Besi Cor Putih ( <i>White Cast Iron</i> ) Normalisasi<br>Pada Fasa Sementit ..... | 43        |
| 4.1.4.3 Hasil Pengujian <i>Energy Dispersive X-ray Spectroscopy</i><br>(EDS) Besi Cor Putih ( <i>White Cast Iron</i> ) Normalisasi<br>Pada Fasa Grafit .....   | 44        |
| 4.2 Hasil Pengujian Kekerasan <i>Macro Vickers</i> .....                                                                                                       | 45        |
| <b>BAB V PENUTUP .....</b>                                                                                                                                     | <b>48</b> |
| 5.1 Kesimpulan .....                                                                                                                                           | 48        |
| 5.2 Saran .....                                                                                                                                                | 48        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                                                                                                                                    | <b>49</b> |
| <b>LAMPIRAN .....</b>                                                                                                                                          | <b>51</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1 Diagram fasa besi karbida Fe-Fe <sub>3</sub> C.....                                                         | 9  |
| Gambar 2.2 Diagram keseimbangan fasa besi karbon .....                                                                 | 10 |
| Gambar 2.3 Struktur mikro besi cor putih .....                                                                         | 12 |
| Gambar 2.4 Struktur mikro besi cor putih .....                                                                         | 13 |
| Gambar 2.5 Struktur mikro besi cor kelabu .....                                                                        | 13 |
| Gambar 2.6 Struktur mikro besi cor nodular .....                                                                       | 14 |
| Gambar 2.7 Skema aliran pengecoran.....                                                                                | 15 |
| Gambar 2.8 Diagram fasa karbida besi, menunjukan rentang temperatur perlakuan<br>panas untuk baja karbon.....          | 16 |
| Gambar 2.9 Bagian Mikroskop Optik.....                                                                                 | 17 |
| Gambar 2.10 Skema dasar pengujian SEM.....                                                                             | 19 |
| Gambar 2.11 Skema pengujian kekerasan dengan metode Vickers .....                                                      | 20 |
| Gambar 3.1 Diagram alir penelitian (Flow Chart) .....                                                                  | 21 |
| Gambar 3.2 Mesin Metal Cutting.....                                                                                    | 22 |
| Gambar 3.3 Jangka Sorong .....                                                                                         | 22 |
| Gambar 3.4 Mikroskop Optik .....                                                                                       | 23 |
| Gambar 3.5 Mesin Poles .....                                                                                           | 23 |
| Gambar 3.6 Alat Uji Scanning Electron Microscope (SEM).....                                                            | 24 |
| Gambar 3.7 Tungku Pemanasan (Heat Treatment) .....                                                                     | 25 |
| Gambar 3.8 Alat uji kekerasan vickers .....                                                                            | 25 |
| Gambar 3.9 Besi cor putih .....                                                                                        | 26 |
| Gambar 3.10 Autosol .....                                                                                              | 26 |
| Gambar 3.11 Larutan Etsa HNO <sub>3</sub> , Ethanol dan Aquades .....                                                  | 27 |
| Gambar 3.12 Amplas .....                                                                                               | 27 |
| Gambar 3.13 Kain Beludru .....                                                                                         | 28 |
| Gambar 3.14 Dimensi Spesimen Uji Besi Cor Putih .....                                                                  | 28 |
| Gambar 3.15 Diagram <i>Heat Treatment</i> 850 °C dengan <i>holding time</i> 20 menit<br>dan perlakuan normalisasi..... | 30 |
| Gambar 3.16 Histogram hasil pengujian kekrasan <i>Vickers</i> .....                                                    | 35 |

|                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 4.1 Foto Struktur Mikro Besi Cor Putih .....                                                                        | 37 |
| Gambar 4.2 Titik mikrograf SEM untuk EDS <i>line analysis</i> fasa sementit pada<br>besi cor putih .....                   | 38 |
| Gambar 4.3 <i>Line analysis</i> fasa sementit besi cor putih (spektrum 1) .....                                            | 39 |
| Gambar 4.4 Titik mikrograf SEM untuk EDS <i>line analysis</i> fasa perlit pada besi<br>cor putih .....                     | 39 |
| Gambar 4.5 <i>Line analysis</i> fasa perlit besi cor putih (spektrum 2).....                                               | 40 |
| Gambar 4.6 Foto Struktur Mikro Besi Cor Putih Normalisasi.....                                                             | 41 |
| Gambar 4.7 Titik mikrograf SEM untuk EDS <i>line analysis</i> fasa perlit pada besi<br>cor putih normalisasi .....         | 42 |
| Gambar 4.8 <i>Line analysis</i> fasa perlit besi cor putih normalisasi<br>(spektrum 1) .....                               | 42 |
| Gambar 4.9 Titik Titik mikrograf SEM untuk EDS <i>line analysis</i> fasa sementit<br>pada besi cor putih normalisasi ..... | 43 |
| Gambar 4.10 <i>Line analysis</i> fasa sementit besi cor putih normalisasi<br>(spektrum 2) .....                            | 44 |
| Gambar 4.11 Titik Titik mikrograf SEM untuk EDS <i>line analysis</i> fasa grafit<br>pada besi cor putih normalisasi .....  | 44 |
| Gambar 4.12 <i>Line analysis</i> fasa grafit besi cor putih normalisasi<br>(spektrum 3) .....                              | 45 |
| Gambar 4.13 Pengaruh normalisasi terhadap kekerasan Vickers pada besi cor<br>putih .....                                   | 47 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 3.1 Jadwal Penelitian.....                                                    | 33 |
| Tabel 3.2 Hasil <i>line analysis</i> fasa pada besi cor putih .....                 | 34 |
| Tabel 3.3 Hasil Pengujian kekerasan <i>Vickers</i> Raw Material .....               | 35 |
| Tabel 3.4 Hasil Pengujian kekerasan <i>Vickers</i> Perlakuan Panas Material .....   | 35 |
| Tabel 4.1 Hasil <i>line analysis</i> fasa sementit besi cor putih (spektrum 1)..... | 39 |
| Tabel 4.2 Hasil <i>line analysis</i> fasa perlit besi cor putih (spektrum 2).....   | 40 |
| Tabel 4.3 Hasil <i>line analysis</i> fasa perlit besi cor putih (spektrum 1).....   | 43 |
| Tabel 4.4 Hasil <i>line analysis</i> fasa sementit besi cor putih (spektrum 2)..... | 44 |
| Tabel 4.5 Hasil <i>line</i> fasa grafit besi cor putih (spektrum 3).....            | 45 |
| Tabel 4.6 Data hasil pengujian kekerasan <i>Macro Vickers</i> .....                 | 47 |

## DAFTAR SIMBOL

|     |                         |                     |
|-----|-------------------------|---------------------|
| VHN | Nilai Kekerasan Vickers | Kgf/mm <sup>2</sup> |
| P   | Beban                   | Kgf                 |
| d   | Panjang diagonal        | mm                  |