

**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR *NORMALIZING* PADA  
BAJA AISI 1050 TERHADAP PERUBAHAN SIFAT MEKANIK  
DAN STRUKTUR MIKRO**



**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana  
Strata 1 Pada Program Studi Teknik Mesin**

**Disusun :**

**M. RIDO FEBRIANSYAH  
1802220057**

**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS TRIDINANTI  
2023**

**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR *NORMALIZING* PADA  
BAJA AISI 1050 TERHADAP PERUBAHAN SIFAT MEKANIK  
DAN STRUKTUR MIKRO**



**SKRIPSI**

Diajukan Sebagai salah Satu Syarat dalam menyelesaikan pendidikan Gelar  
Sarjana Strata 1 Pada Program Studi Teknik Mesin Universitas Tridinanti  
Palembang

Disusun :

**M.Rido Febriansyah**  
**1802220057**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS TRIDINANTI  
2023**

UNIVERSITAS TRIDINANTI  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN



TUGAS AKHIR

PENGARUH VARIASI TEMPERATUR NORMALIZING PADA  
BAJA AISI 1050 TERHADAP PERUBAHAN SIFAT MEKANIK  
DAN STRUKTUR MIKRO

Disusun :

M. RIDO FEBRIANSYAH  
NIM. 1802220057

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Mesin

Ir. H. Muhammad Lazim, MT.

Diperiksa dan disetujui oleh :  
Dosen Pembimbing I,

Ir. R. Kohar, MT.

Dosen Pembimbing II

Ir. H. Muhammad Lazim, MT.

Disahkan oleh :  
Dekan Fakultas Teknik



Ir. Zulkarnain Fatoni, MT., MM.

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR NORMALIZING PADA  
BAJA AISI 1050 TERHADAP PERUBAHAN SIFAT MEKANIK  
DAN STRUKTUR MIKRO**

**M. RIDO FEBRIANSYAH**

**NIM. 1802220057**

**Telah Diuji dan Dinyatakan Lulus Dalam Ujian Sarjana  
Pada Tanggal**

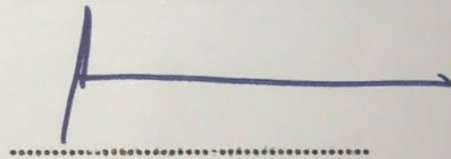
**Tim Penguji,**

**Nama :**

**Tanda Tangan :**

**1. Ketua Penguji**

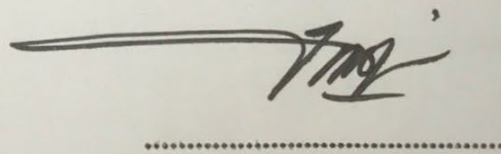
**Ir. H. Suhardan MD, MS.Met.IP**



.....

**2. Anggota Penguji I**

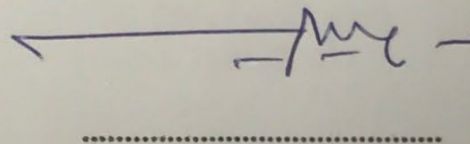
**Ir. M. Amin Fauzie, MT**



.....

**3. Anggota Penguji II**

**Ir. Iskandar Husin, MT**



.....

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : M. Rido Febriansyah

NIM : 1802220057

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi berjudul **“PENGARUH VARIASI TEMPERATUR NORMALIZING PADA BAJA AISI 1050 TERHADAP PERUBAHAN SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO”** adalah benar merupakan karya sendiri. Hal – hal yang bukan karya saya, dalam skripsi ini diberi tanda citasi dan ditunjukkan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti pernyataan saya tidak benar dan ditemukan pelanggaran atas karya skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan skripsi dan gelar yang saya peroleh dari skripsi tersebut.

Palembang, Oktober 2023

Yang membuat pernyataan



M. Rido Febriansyah

NIM. 1802220057

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI**  
**UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai Civitas Akademika Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tridinanti Palembang, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : M. Rido Febriansyah

NIM : 1802220057

Jenis Karya : Tugas Akhir / Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan untuk memberikan kepada pihak Universitas Tridinanti Palembang hak bebas Royalti Noneklusif (*non eksklusice royalty free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Pengaruh Variasi Temperatur Normalizing Pada Baja AISI 1050 Terhadap Perubahan Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan), dengan hal royalti noneklusif ini Universitas Tridinanti Palembang berhak menyimpan, mengalih media, mengelola dalam bentuk data base dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencatumkan nama saya sebagai penulis / pencipta dan pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan saya buat dengan sebenarnya dan tanpa ada tekanan dari pihak manapun.

Dibuat di Palembang

Tanggal : Oktober 2023

Pencipta



M. Rido Febriansyah

NIM. 1802220057

## SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : M. RIDO FEBRIANSYAH  
NIP : 1802220057  
Fakultas : TEKNIK  
Program Studi : TEKNIK MESIN

Dengan ini menyatakan bahwa Artikel dengan judul :

**“ PENGARUH VARIASI TEMPERATUR NORMALIZING PADA BAJA AISI 1050  
TERHADAP PERUBAHAN SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO ”**

benar bebas dari plagiat dan publikasi ganda. Bila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi yang berlaku dari pihak prodi dan insitusi Universitas Tridinanti Palembang.

Demikian surat pernytaan ini saya buat penuh keasadaran, dan tanpa paksaan dari pihak mana pun. Sehingga dapat dipergunakan sebagai mana mestinya.

Palembang, Oktober 2023



M. RIDO FEBRIANSYAH

NIM. 1802220057

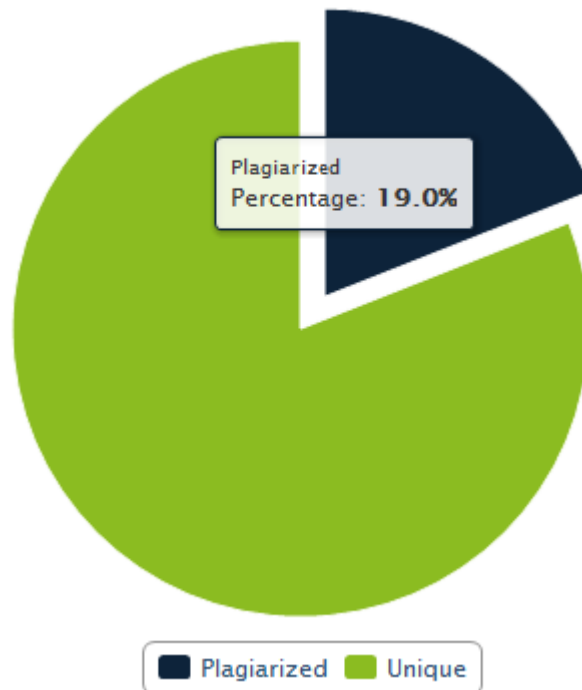
Lampiran :

Print Out Hasil Plagiat Checker



# Plagiarism Checker X Originality Report

## PlagiarismCheckerX Summary Report



Date	Tuesday, October 17, 2023
Words	663 Plagiarized Words / Total 3581 Words
Sources	More than 94 Sources Identified.
Remarks	Low Plagiarism Detected – Your Document needs Optional Improvement.





## Plagiarism Checker X Originality Report

Similarity Found: 19%

Date: Tuesday, October 17, 2023

Statistics: 663 words Plagiarized / 3581 Total words

Remarks: Low Plagiarism Detected - Your Document needs Optional Improvement.

-----  
----

**BAB I PENDAHULUAN** Latar Belakang **Baja AISI 1050** adalah jenis baja yang tergolong kedalam baja karbon sedang. Karena mengandung unsur karbon persentase 0,50 %. **Sifat baja karbon** sedang adalah sangat keras dan ulet. Baja karbon sedang banyak digunakan sebagai bahan utama pada mesin seperti poros, gear, crankshaf dan batang penghubung piston pada kendaraan bermotor.

Baja karbon sedang merupakan salah satu material yang banyak diproduksi dan digunakan untuk membuat komponen mesin seperti poros, roda gigi dan lainnya. **Baja adalah logam paduan besi (Fe) sebagai unsur dasar dan karbon (C) sebagai paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0,2- 2,1%. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur pengerasan pada kristal atom besi (Suwardi & Daryanto 2018 :22).**

Namun dalam pembelian baja tersebut belum diketahui apakah baja tersebut pernah mengalami stress seperti, proses perlakuan panas, pengelasan, benturan, tekanan dan lain sebagainya. Untuk mengetahui **sifat mekanik dan struktur mikro pada baja** tersebut maka diperlukan proses perlakuan panas. Adapun **tujuan dari penelitian ini dengan variasi temperatur dari baja AISI 1050 setelah dilakukan perlakuan panas normalizing dengan penahanan waktu tertentu (holding time) untuk melakukan analisa Sifat Mekanik dan Struktur Mikro pada baja AISI 1050.**

*Motto:*

- ❖ *“Fokuslah Pada Hal-Hal Yang Ingin Dituju, Bukan Pada Hal-Hal Yang Ditakuti”*
- ❖ *“Keberhasilan adalah Kepunyaan Mereka Yang Senantiasa Berusaha”*  
(B.J.Habibie)
- ❖ *“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”*  
(QS. Al-Insyirah : 5-6)

*Kupersembahkan Kepada :*

- *Ayah(alm) dan Ibuku*
- *Diri Sendiri Terhebat*
- *Kedua Adik Terkasih*
- *Dosen Pembimbing yang kuhormati*
- *Teman-teman Angkatan 2018*
- *Nyimas Athiah Nabila, SE.*
- *Organisasiku, Himpunan Mahasiswa Mesin*
- *Almameterku, Universitas Tridianti*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT. yang telah melimpahkan Rahmat serta Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan lancar.

Tugas Akhir ini ditulis dan disusun berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan Pendidikan Strata I pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tridianti Palembang dengan judul **“Pengaruh Variasi Temperatur *Normalizing* Pada Baja AISI 1050 Terhadap Perubahan Sifat Mekanik dan Struktur Mikro”**.

Dalam kesempatan ini penulis banyak mendapatkan dukungan, bimbingan, saran, semangat, motivasi serta bantuan, maka dari itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. H. Edizal AE, MS. selaku Rektor Universitas Tridianti.
2. Ir. Zulkarnain Fatoni, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Tridianti.
3. Ir. H. M. Lazim, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Tridianti.
4. Martin Luther King, S.T., M.T. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Tridianti.
5. Ir. R. Kohar, M.T. selaku Pembimbing I.
6. Ir. H. M. Lazim, M.T. selaku Pembimbing II.
7. Bapak, Ibu Dosen, Staf dan Karyawan Fakultas Teknik Universitas Tridianti.
8. Ayah (Alm) dan Ibu yang telah memberikan doa, dukungan dan semangat dalam menyelesaikan Pendidikan di Universitas Tridianti.
9. Nyimas Athiah Nabila, S.E. yang selalu ada terima kasih atas dukungan, semangat dan bantuan dalam menyelesaikan skripsi ini.

10. Teman-teman Program Studi Teknik Mesin Angkatan 2018 yang telah berjuang bersama dalam menyelesaikan Pendidikan di Universitas Tridinanti.
11. Teman-teman himpunan mahasiswa mesin Universitas Negeri Sriwijaya dan Politeknik Negeri Sriwijaya yang telah membantu pengujian di Laboratorium Metalurgy.

Penulis menyadari bahwa, masih banyak kekurangan dalam penulisan Tugas Akhir ini, sehingga penulis masih membutuhkan saran serta kritik membangun agar lebih baik lagi kedepannya. Dan penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Palembang, September 2023

Penulis

M. Rido Febriansyah

1802220057

## ABSTRAK

Baja AISI 1050 adalah jenis baja yang tergolong kedalam baja karbon sedang. Karena mengandung unsur karbon persentase 0,50%. Sifat baja karbon sedang adalah sangat keras dan ulet. Baja karbon sedang merupakan salah satu material yang banyak diproduksi dan digunakan untuk membuat komponen mesin seperti poros, roda gigi dan lainnya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0,2 - 2,1%. Untuk mengetahui sifat mekanik dan struktur mikro pada baja tersebut maka diperlukan proses perlakuan panas, dilakukan penelitian pada baja AISI 1050 dengan perlakuan panas *normalizing* dengan penahanan waktu tertentu (*holding time*).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa struktur mikro dan mengetahui sifat mekanik (kekerasan) baja AISI 1050. Dengan menggunakan mesin uji kekerasan *Rockwell Hardness Tester*, dengan perlakuan panas *normalizing* dengan penahanan waktu tertentu (*holding time*) dibanding dengan benda asal tanpa perlakuan panas.

Dari penelitian yang dilakukan pada proses *normalizing* baja AISI 1050, dengan menggunakan waktu tahan 15 menit lalu didinginkan diudara, maka didapat hasil kekerasan pada benda tanpa perlakuan panas 50,3 HRC, *normalizing* pada temperatur 832°C dengan hasil 49,5 HRC, *normalizing* pada temperatur 859°C dengan hasil 49,4 HRC dan *normalizing* pada temperatur 876°C dengan hasil 49,3 HRC. Perlakuan *normalizing* pada penelitian ini kekerasannya menurun yang terjadi akibat proses *normalizing* dengan temperatur tinggi, memberikan energi panas sehingga sisa karbon yang terjebak saat proses *normalizing*, semakin tinggi energi panas yang diberikan akan menurunkan angka kekerasannya tetapi meningkatkan ketangguhan dan keuletan pada baja.

**Kata Kunci : Baja AISI 1050, Kekerasan, Normalizing, dan Struktur Mikro.**

## ***ABSTRACT***

AISI 1050 steel is a type of steel that belongs to medium carbon steel. Because it contains a percentage of 0.50% carbon element. The properties of medium carbon steel are that it is very hard and ductile. Medium carbon steel is a material that is widely produced and used to make machine components such as shafts, gears and others. The carbon content in steel ranges from 0.2 - 2.1%. To determine the mechanical properties and microstructure of the steel, a heat treatment process is required. Research was carried out on AISI 1050 steel with normalizing heat treatment with a certain holding time.

This study aims to analyze the microstructure and determine the mechanical properties (hardness) of AISI 1050 steel. Using the Rockwell Hardness Tester hardness tester, the normalizing heat treatment with a holding time is compared to the original material without heat treatment.

From research conducted on the normalizing process of AISI 1050 steel, using a holding time of 15 minutes and then cooling it in air, the hardness results obtained on objects without heat treatment were 50.3 HRC, normalizing at a temperature of 832°C with a result of 49.5 HRC, normalizing at temperature of 859°C with a result of 49.4 HRC and normalizing at a temperature of 876°C with a result of 49.3 HRC. The normalizing treatment in this study decreased the hardness that occurred as a result of the normalizing process at high temperatures, providing heat energy so that the remaining carbon was trapped during the normalizing process, the higher the heat energy provided will reduce the hardness number but increase the toughness and ductility of the steel.

**Keywords : AISI 1050 Steel, Hardness, Normalizing, and Microstructure.**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN DAN PERSETUJUAN SKRIPSI.....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI SKRIPSI .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI.....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>ix</b>
<b><i>ABSTRACT</i> .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GRAFIK.....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Latar Belakang .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Perumusan Masalah.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3. Batasan Masalah .....</b>	<b>2</b>

1.4. Tujuan Penelitian .....	3
1.5. Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II DASAR TEORI.....</b>	<b>4</b>
2.1. Baja Karbon.....	4
2.1.1. Baja Karbon Rendah.....	4
2.1.2. Baja Karbon Menengah.....	4
2.1.3. Baja Karbon Tinggi .....	5
2.2. Baja Paduan.....	5
2.3. Sifat Mekanik Baja.....	5
2.4. Perlakuan Panas ( <i>Heat Treatment</i> ) .....	7
2.5. Proses <i>Normalizing</i> .....	9
2.6. Pengujian Kekerasan .....	10
2.7. <i>Rockwell</i> .....	10
2.8. Struktur Mikro .....	11
2.9. Komposisi Kimia Baja AISI 1050 .....	12
2.10. Diagram Fasa Fe+Fe <sub>3</sub> C .....	13
2.11. Diagram <i>Time Temperature Transformation</i> .....	14
2.12. Waktu Penahanan ( <i>Holding Time</i> ) .....	15
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>16</b>
3.1. Metode Penelitian .....	16
3.2. Metode Pengumpulan Data .....	16



3.2. Metode dan Waktu Pelaksanaan .....	17
3.3.1. Diagram Alir Penelitian.....	17
3.3.2. Waktu Pelaksanaan.....	17
3.4. Diagram Alir Penelitian.....	18
3.5. Alat dan Bahan.....	19
3.6. Prosedur Penelitian .....	21
3.6.1. Metalografi.....	21
3.6.2. Pengamplasan dan Pemolesan .....	22
3.6.3. Pengetsaan.....	22
3.6.4. Pengujian Kekerasan .....	22
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>24</b>
4.1. Hasil Pengujian Kekerasan <i>Rockwell</i> .....	24
4.2. Grafik Hasil Pengujian Kekerasan.....	25
4.3. Pengamatan Struktur Mikro.....	26
4.4. Hasil Penelitian Struktur Mikro .....	26
4.5. Analisa Data Hasil Kekerasan dan Struktur Mikro .....	28
4.5.1. Analisa Hasil Kekerasan.....	28
4.5.2. Analisa Hasil Struktur Mikro .....	29
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>31</b>
5.1. Kesimpulan .....	31
5.2. Saran.....	31

**DAFTAR PUSTAKA.....32**

**LAMPIRAN.....33**

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Diagram Fasa Fe+Fe <sub>3</sub> C.....	13
Gambar 2.2. Diagram TTT ( <i>Time Temperature Transformation</i> ).....	14
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian.....	18
Gambar 3.2. Alat Potong.....	19
Gambar 3.3. Mikroskop Optik .....	19
Gambar 3.4. Tungku Pemanas .....	20
Gambar 3.5. Tang Jepit .....	20
Gambar 3.6. Skematik Benda Uji.....	20
Gambar 4.4.1. Struktur Mikro Baja AISI 1050 Tanpa Perlakuan Panas .....	26
Gambar 4.4.2. Struktur Mikro Baja AISI 1050 Dengan Perlakuan Pertama ....	27
Gambar 4.4.3. Struktur Mikro Baja AISI 1050 Dengan Perlakuan Kedua.....	27
Gambar 4.4.4. Struktur Mikro Baja AISI 1050 Dengan Perlakuan Ketiga.....	28

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Komposisi Kimia Baja AISI 1050 .....	12
Tabel 4.1. Data Hasil Pengujian Kekerasan .....	25

## DAFTAR GRAFIK

	Halaman
Grafik 4.1. Hasil Pengujian Kekerasan .....	25

# **BABI**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Baja AISI 1050 adalah jenis baja yang tergolong kedalam baja karbon sedang. Karena mengandung unsur karbon persentase 0,50 %. Sifat baja karbon sedang adalah sangat keras dan ulet. Baja karbon sedang banyak digunakan sebagai bahan utama pada mesin seperti poros, gear, crankshaf dan batang penghubung piston pada kendaraan bermotor. Baja karbon sedang merupakan salah satu material yang banyak diproduksi dan digunakan untuk membuat komponen mesin seperti poros, roda gigi dan lainnya.

Baja adalah logam paduan besi (Fe) sebagai unsur dasar dan karbon (C) sebagai paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0,2-2,1%. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur pengerasan pada kristal atom besi (Suwardi & Daryanto 2018 :22).

Namun dalam pembelian baja tersebut belum diketahui apakah baja tersebut pernah mengalami stress seperti, proses perlakuan panas, pengelasan, benturan, tekanan dan lain sebagainya. Untuk mengetahui sifat mekanik dan struktur mikro pada baja tersebut maka diperlukan proses perlakuan panas.

Adapun tujuan dari penelitian ini dengan variasi temperatur dari baja AISI 1050 setelah dilakukan perlakuan panas *normalizing* dengan penahanan

waktu tertentu (*holding time*) untuk melakukan analisa Sifat Mekanik dan Struktur Mikro pada baja AISI 1050.

## **1.2. Perumusan Masalah**

Dari penelitian di atas maka rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh perlakuan panas pada Baja AISI 1050 dengan variasi temperatur *Normalizing* ?
2. Bagaimana nilai kekerasan Baja AISI 1050 Setelah dilakukan proses *Normalizing* ?
3. Bagaimana struktur mikro Baja AISI 1050 Setelah dilakukan proses *Normalizing* ?

## **1.3. Batasan Masalah**

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang maksimal dan keterbatasan penulis maka dari itu penulis membatasi dan menekankan pada hal - hal sebagai berikut :

1. Bahan spesimen Baja AISI 1050.
2. Pada penelitian ini sifat mekanik hanya dilakukan sifat kekerasan.
3. Pengamatan struktur mikro menggunakan mikroskop optik.

#### **1.4. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa struktur mikro dan mengetahui sifat mekanik (kekerasan) baja AISI 1050 setelah dilakukan proses *Normalizing* dibandingkan dengan benda asal tanpa perlakuan panas.

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

Dari penelitian yang dilakukan, ada beberapa manfaat yang bisa diambil antara lain:

1. Manfaat bagi ilmu pengetahuan, khususnya pada bidang ilmu material.
2. Tambahan data pada bidang *Normalizing* dalam hal analisa pengujian kekerasan dan pengujian struktur mikro.
3. Memberikan pengetahuan yang luas tentang *Normalizing*.



## DAFTAR PUSTAKA

- Avner, sidney H.,1987, Introduction to Physical Metalurgi, edisi kedua, McGraw-Hill Book Company
- D.N. Adnyana 1989. Tinjauan tentang proses pengolahan dan hubungan antara struktur dengan sifat-sifat mekanis. Jakarta
- Drs. Suwardi, M. Pd Drs. Daryanto. 2018. Teknik Fabrikasi Pengerjaan LOGAM. Yogyakarta
- Karl-Erik Theelning, 1984. *Steel and Its Heat Treatment*. Butterworths: Bopor Handbook.
- Suhardan. Kohar, R (2019). Pengaruh Variasi Temperatur Normalizing Terhadap Besar Butir dan Kekerasan Material Baja Karbon AISI 1035. Turbulen : Jurnal Teknik Mesin,62.
- Suherman Wahid, 2003 Ilmu Logam 1. Surabaya : ITS Surabaya.