

**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR TEMPERING TERHADAP SIFAT  
MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO BAJA AISI 1045**

**(SKRIPSI)**

**OLEH**

**MUHAMMAD RIADI BARSUMA JAYA**



**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS LAMPUNG**

**BANDAR LAMPUNG**

**2022**

## ABSTRAK

### PENGARUH VARIASI TEMPERATUR TEMPERING TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO BAJA AISI 1045 YANG

Oleh

MUHAMMAD RIADI BARSUMA JAYA

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur *tempering* terhadap sifat kekuatan baja dengan mengetahui nilai uji tarik dan perubahan struktur mikro pada baja. Penelitian ini menggunakan baja AISI 1045 dibentuk dengan menggunakan standar ASTM-E8 dengan bentuk silinder. Kemudian baja di berikan perlakuan panas *quenching* dengan temperatur 850°C dengan *holding time* selama 90 menit, kemudian setelah diberikan perlakuan panas *quenching* dengan media pendingin air selanjutnya proses pemanasan kembali disebut juga proses *tempering* dengan variasi tempratur 450°C, 550°C dan ,650°C kemudian setelah itu *holding time* selama 60 menit. Setelah proses perlakuan panas seluruhnya telah selesai kemudian baru di uji tarik dan pengamatan struktur mikro disebut juga OM.

Pada penelitian ini mempunyai nilai *ultimate stress* sebesar 693,7 MPa dan *yield strength* sebesar 391,2 Kode R1 (450°C) dan suhu 450°C memiliki hasil *ultimate stress* sebesar 1066,8 MPa dan *yield strength* sebesar 995,7 MPa. Kode R2 (650°C) pada temperatur 650°C memiliki hasil *ultimate stress* sebesar 733,3 MPa dan *yield strength* sebesar 647,4 MPa. Kode R3 (550°) *tempering* bertemperatur 550°C mempunyai hasil *ultimate stress* sebesar 862,8 MPa dan *yield strength* sebesar 778,9.

**Kata kunci:** AISI 1045, *quenching*, *tempering*, kekuatan tarik, struktur mikro

## **ABSTRACT**

### **THE EFFECT OF TEMPERING TEMPERATURE VARIATIONS ON PROPERTIES MECHANIC AND MICRO STRUCTURE OF AISI 1045 STEEL**

**By**

**MUHAMMAD RIADI BARSUMA JAYA**

This study aims to determine the effect of variations in tempering temperature on the strength properties of steel by knowing the value of the tensile test and changes in the microstructure of the steel. This study uses AISI 1045 steel formed using the ASTM-E8 standard with a cylindrical shape. Then the steel is given quenching heat treatment at a temperature of 850°C with a holding time of 90 minutes, then after being given quenching heat treatment with water cooling media then the reheating process is also called the tempering process with temperature variations of 450°C, 550°C and 650 °C then after that the holding time for 60 minutes. After the entire heat treatment process has been completed, then the tensile test and microstructure observations are also called OM.

In this study, the ultimate stress value of 693.7 MPa and yield strength of 391.2 Code R1 (450°C) and temperature of 450°C had the ultimate stress of 1066.8 MPa and yield strength of 995.7 MPa. Code R2 (650°C) at a temperature of 650°C has an ultimate stress of 733.3 MPa and a yield strength of 647.4 MPa. Code R3 (550°) tempering temperature of 550°C has an ultimate stress of 862.8 MPa and a yield strength of 778.9.

**Keywords:** AISI 1045, quenching, tempering, tensile strength, microstructure

**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR TEMPERING TERHADAP SIFAT  
MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO BAJA AISI 1045**

**Oleh:**

**MUHAMMAD RIADI BARSUMA JAYA**

**(Skripsi)**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA TEKNIK**

**Pada**

**Jurusan Teknik Mesin**

**Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG**

**2022**

**Judul Skripsi**

**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR  
TEMPERING TERHADAP SIFAT MEKANIK  
DAN STRUKTUR MIKRO BAJA AISI 1045**

**Nama Mahasiswa**

**: Muhammad Riadi Barsuma Jaya**

**Nomor Pokok Mahasiswa**

**: 1615021024**

**Jurusan**

**: Teknik Mesin**

**Fakultas**

**: Teknik**

**MENYETUJUI**

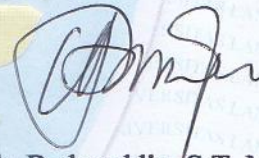
**Komisi Pembimbing 1**

**Komisi Pembimbing 2**



**Harnowo Supriadi, S.T.,M.T.**

**NIP 19690909 199703 1 002**

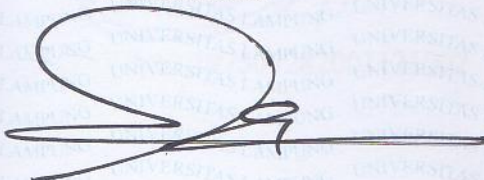


**Prof. Moh. Badaruddin, S.T.,M.T.,Ph.D.**

**NIP 19721211 199803 1 002**

**Ketua Jurusan**

**Teknik Mesin**



**Dr. Amrul, S.T., M.T**

**NIP 19710331 199903 1 003**

**Ketua Program Studi**

**S1 Teknik Mesin**



**Novri Tanti, S.T., M.T.**

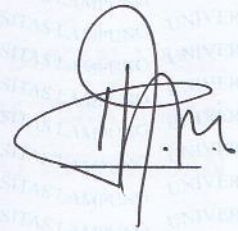
**NIP 19701104 199703 2 001**



**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

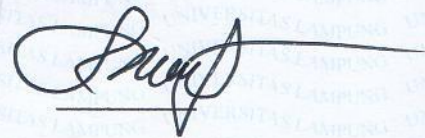
**Ketua Penguji : Harnowo Supriadi, S.T., M.T.**



**Anggota Penguji : Prof. Moh. Badaruddin, S.T., M.T., Ph.D.**



**Penguji Utama : Prof. Dr. Sugiyanto, M.T.**



**2. Dekan Fakultas Teknik**



**Dr. Eng. H. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.**

**NIP 197509282001121002**

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 22 April 2022**

## **PERNYATAAN PENULIS**

SKRIPSI INI DIBUAT SENDIRI OLEH PENULIS DAN BUKAN HASIL  
PLAGIAT SEBAGAIMANA DIATUR DALAM PASAL 36 PERATURAN  
AKADEMIK UNIVERSITAS LAMPUNG DENGAN SURAT KEPUTUSAN  
REKTOR NO. 13 TAHUN 2019.

**YANG MEMBUAT PERNYATAAN**



**MUHAMMAD RIADI B.J**

**NPM. 1615021024**



## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Tanjungkarang Bandar Lampung pada tanggal 02-Februari 1998. Yang merupakan anak dari Alm Bapak Fitridal dan Almh Ibu Djamilah yang merupakan anak ketiga dari lima bersaudara. Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di SDN 2 Pahoman pada tahun (2008-2010) sebelumnya penulis sempat sekolah di SDN 3 Palapa pada tahun (2003-2008). Menyelesaikan Sekolah Menengah Pertama di SMPN 18 Bandar Lampung pada tahun (2010-2013). Menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Akhir di SMAN 10 Bandar Lampung pada tahun (2013-2016). Kemudian melanjutkan pendidikan sebagai Mahasiswa di Universitas Lampung pada tahun 2016 melalui jalur undangan atau disebut juga jalur SNMPTN.

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah aktif dalam Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin pada divisi Kaderisasi, dan aktif juga dalam organisasi BEM Universitas Lampung maupun BEM Teknik sebagai pengurus. Penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di BPPT Tangerang pada bulan juli-agustus 2019. Penulis melaksanakan KKN di pekon Kembahang kecamatan Batu Brak Lampung Barat pada januari- februari 2020. Pada Skripsi ini penulis melaksanakan penelitian dengan judul “Pengaruh Variasi Temperatur Tempering Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Baja AISI 1045 dibawah bimbingan Bapak Harnowo Supriadi, S.T., M.T. Dan Prof. Moh. Badaruddin, S.T.,M.T.,Ph.D dan pembahas Prof. Sugiyanto, M.T.

Bandar Lampung, 27 Februari 2020

Muhammad Riadi Barsuma Jaya



## MOTTO

“Kalau bisa yang susah mengapa mencari yang mudah”

“Sesungguhnya hidup selalu berdampingan kepada siapapun yang berani.

Untuk itu nikmati segala prosesnya”

‘Setiap orang ada masanya tapi tidak semua masa ada orangnya.

Maka itu tetaplah berguna walau masih menjadi beban keluarga”

“hidup kadang di atas kadang dibawah,

terkadang pula atas bawah”

“hidup itu ibaratkan perjudian, kita gabakal tahu jika tidak mencobanya.”

‘Nyak haga let’s go. Nak betino download bigo”

# بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Dengan Menyebut Nama Allah Yang Maha Pengasih Lagi Maha Penyayang*

## **PERSEMBAHAN**

*Alhamdulillah hirobbil 'alamin, dengan mengucapkan rasa syukur kepada Allah SWT  
atas segala limpahan rahmad, rezeki dan karunia yang Engkau berikan sehingga  
penulis dapat menyelesaikan skripsi ini*

*Teriring doa, rasa syukur dan segala kerendahan hati. Dengan segala cinta dan  
kasih sayang ku persembahkan karya ini untuk orang-orang yang sangat berharga  
dalam hidupku:*

### **Bapakku (Alm Fitridal) dan Ibuku Almh Djamilah**

*Kedua orangtuaku terima kasih atas segala ilmu yang telah kalian berikan dan  
atas segala dukungan untuk menguatkan ku yang senantiasa mencintaiku dan  
menyayangiku dengan penuh kasih sayang dengan penuh kesabaran dalam  
mendidik, merawatku sedari kecil, mendoakan ku agar aku menjadi orang yang  
sukses, mengorbankan segalanya untuk kebahagiaanku dan cita-citaku,  
menasehatiku agar aku menjadi pribadi yang lebih baik lagi dan tidak pernah  
menyerah, semoga kalian di pertemukan dalam surganya ALLAH SWT*

### **Kakak Perempuanku (Oka Bungang Sawati Juliet) dan Pacar Tersayang (Maulidina Berlian)**

*Yang selalu memberikan semangat, kasih sayang dan selalu memberikan arahan  
Untuk menjadi manusia lebih baik kedepannya*

### **Para Pendidik**

*Para dosen dan guru-guruku, yang telah memberikan ilmu, nasihat, bimbingan,  
kesabaran, waktu, dan arahan yang telah diberikan.*

### **Almamater Tercinta, Universitas Lampung**

## SANWACANA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Teknik Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung. Skripsi ini berjudul “Pengaruh Variasi Temperatur Tempering Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Baja AISI 1045 ”.

Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari peranan dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua serta kakak serta pacar saya yang selalu memberikan doa, dukungan, motivasi serta nasihat yang baik bagi penulis;
2. Prof. Dr. Karomani, M.Si. selaku Rektor Universitas Lampung;
3. Prof. Suharno, M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung beserta staff dan jajarannya.
4. Bapak Dr. Amrul, S.T., M.T. sebagai ketua jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
5. Bapak Harnowo Supriad, S.T.,M.T. sebagai dosen pembimbing satu yang selalu memberikan pengarahan dan bimbingan dalam menyelesaikan skripsi.
6. Prof. Moh. Badaruddin, S.T., M.T.,Ph.D sebagai dosen pembimbing dua yang memberikan saran-saran perbaikan, nasihat serta motivasi hingga skripsi ini dapat terselesaikan.
7. Prof. Sugiyanto, M.T. sebagai dosen pembahas yang telah memberikan nasihat, motivasi, dan kritik serta masukan positif dalam penyelesaian skripsi ini.
8. Seluruh dosen dan Staff Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik yang telah mendidik, memberikan ilmu dan nasihat selama penulis menempuh pendidikan.
9. Okta, Nang, Jonathan, Iqbal, dan seluruh partner mpuh material yang memberikan dukungan dan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini
10. Seluruh teman-teman Teknik Mesin Angkatan 2016 yang telah mendukung penulis untuk melaksanakan skripsi sampai selesai.

Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca pada umumnya dan khususnya teman-teman Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung. Selain itu, penulis menyadari bahwa penulisan Skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran sebagai masukan untuk penyempurnaan penulisan ini di masa mendatang.

Bandar Lampung, 20 April 2022

Penulis

Muhammad Riadi Barsuma Jaya



## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>v</b>
<b>PERNYATAAN PENULIS.....</b>	<b>vi</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>vii</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>.viii</b>
<b>PERSEMBAHAN.....</b>	<b>ix</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>x</b>
<b>SANWACANA .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xviii</b>
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>xvi</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Tujuan Penelitian .....	4
C. Batasan Masalah.....	4
D. Sistematika Penulisan .....	5
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>7</b>
A. Baja .....	7
1. Baja karbon rendah ( <i>Low Carbon Steel</i> ) .....	8
2. Baja karbon sedang ( <i>Medium Carbon Steel</i> ).....	8

3. Baja Karbon Tinggi .....	9
B. Baja AISI 1045 .....	9
C. Quenching .....	11
D. Media Pendingin .....	12
1. Air .....	12
2. Larutan garam .....	12
3. Solar .....	13
E. Tempering .....	13
F. Diagram Fasa [Fe-Fe <sub>3</sub> C] .....	15
G. Diagram TTT (Time Temperature Transformation) .....	17
H. Uji Tarik Statis .....	19
I. Pengujian struktur mikro .....	22
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>24</b>
A. Waktu dan Tempat Penelitian .....	24
1. Tempat Penelitian .....	24
2. Tempat Pemotongan dan Pembentukan Spesimen .....	24
3. Waktu Penelitian .....	25
B. Alat dan Bahan .....	25
1. Bahan AISI 1045 .....	25
2. Air .....	26
3. Furnance .....	26
4. Mesin MTS Landmark 100 kN .....	27
5. Jangka Sorong .....	27
C. Dimensi Uji Tarik .....	28
D. Prosedur Penelitian .....	29
1. Persiapan Spesimen .....	29
2. Pembuatan Spesimen .....	29
3. Proses Perlakuan Panas .....	30
4. Proses uji tarik statis .....	31
5. Pengujian struktur mikro .....	32

<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>35</b>
A. Data Hasil Uji Komposisi Baja AISI 1045 .....	35
B. Analisa Hasil Pengujian Tarik .....	36
C. Observasi Microscopy (OM).....	44
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>49</b>
A. Simpulan.....	49
B. Saran .....	50
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>59</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 pengaruh tempering terhadap sifat-sifat baja .....	14
Gambar 2. 2 Diagram Fasa (Fe-Fe <sub>3</sub> C).....	16
Gambar 2. 3 Diagram TTT baja 1045 .....	18
Gambar 2. 4 Kurva tegangan regangan.....	20
Gambar 2. 5 Kurva tegangan versus regangan pada baja AISI 1045 yang .....	20
Gambar 2. 6 Skema pengaruh temperatur austenisasi pada struktur mikro .....	23
Gambar 3. 1 Baja AISI 1045.....	25
Gambar 3. 2 Air.....	26
Gambar 3. 3 Furnance .....	26
Gambar 3. 4 Mesin MTS Landmark 100 kN .....	27
Gambar 3. 5 Jangka sorong.....	27
Gambar 3. 6 Spesimen Uji Tarik Standar ASTM E8.....	28
Gambar 3. 7 Spesimen Uji Tarik.....	29
Gambar 4. 1 Sempel Baja AISI 1045 dengan stand7ard uji tarik ASTM-E8 .....	36
Gambar 4. 2 Foto hasil spesimen raw material dan perlakuan panas tempering temperatur 450°C,550°C dan 650°C baja AISI 1045 .....	36
Gambar 4. 3 grafik analisa hasil Ultimate stress spesimen pengujian tarik raw material dan dengan perlakuan panas quenching temperatur austenite 850°C holding time 1 jam dengan media pending air dan tempering baja AISI 1045.....	38
Gambar 4. 4 grafik analisa hasil Yield stength spesimen pengujian tarik raw material dan dengan perlakuan panas quenching temperatur austenite 850°C holding time 1 jam dengan media pending air dan tempering baja AISI 1045.....	39
Gambar 4. 5 grafik analisa data elongasi spesimen pengujian tarik raw material dan dengan perlakuan panas quenching temperatur austenite 850°C holding time 1 jam dengan media pending air dan tempering baja AISI 1045.....	40
Gambar 4. 6 kurva analisa data modulus young dengan perlakuan panas quenching 850°C holding time 1 jam dengan media pendingin air dan tempering temperatur 450°C baja karbon sedang AISI 1045 .....	41
Gambar 4. 7 kurva analisa data modulus young dengan perlakuan panas quenching 850°C holding time 1 jam dengan media pendingin air dan tempering temperatur 550°C baja karbon sedang AISI 1045 .....	41
Gambar 4. 8 kurva analisa data modulus young dengan perlakuan panas quenching 850°C holding time 1 jam dengan media pendingin air dan tempering temperatur 650°C baja karbon sedang AISI 1045 .....	42



Gambar 4. 9 kurva tegangan versus regangan baja AISI 1045 dengan perlakuan panas tempering tempratur 450°C, 55°C, dan 650°C .....	43
Gambar 4. 10 struktur mikro baja AISI 1045 pada kondisi tanpa perlakuan panas (raw material) terdiri dari ferit dan perlit dietsa. Perbesaran 500X.....	44
Gambar 4. 11 struktur mikro baja AISI 1045 pada kondisi perlakuan panas quenching temperatur austenite 850°C dengan holding time 1 jam dengan media pendingin air dan tempering dengan temperatur 450°C terdiri dari martensit dan temper martensit dietsa. Perbesaran 500x .....	45
Gambar 4. 12 struktur mikro baja AISI 1045 pada kondisi perlakuan panas quenching temperatur austenite 850°C dengan holding time 1 jam dengan media pendingin air dan tempering dengan temperatur 550°C terdiri dari temper martensit dietsa. Perbesaran 500X .....	46
Gambar 4. 13 struktur mikro baja AISI 1045 pada kondisi perlakuan panas quenching temperatur austenite 850°C dengan holding time 1 jam dengan media pendingin air dan tempering dengan temperatur 650°C terdiri dari ferit + karbida( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) dan temper martensit. Perbesaran 500x .....	47

**DAFTAR TABEL**

Tabel 2. 1 Kandungan unsur dari baja S45C (Hidayat, 2016) .....	10
Tabel 3. 1 Komposisi kimia baja AISI 1045 .....	28
Tabel 4. 1 Komposisi baja AISI 1045 .....	35
Tabel 4. 2 Hasil Uji Tarik Statis.....	37

## **I. PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Baja AISI 1045 banyak digunakan dalam berbagai bidang terutama dalam bidang pemrosesan dan konstruksi. Baja AISI 1045 yang tergolong dalam baja paduan karbon sedang yang banyak digunakan sebagai bahan utama pada mesin seperti gear, batang penghubung piston dan terutama poros pada kendaraan bermotor dan industri.

Baja AISI 1045 merupakan baja karbon sedang (0.4 – 0.45 wt.% C) dengan elemen-elemen paduan lainnya: 0.60% - 0.90% Mn, 0.05% S, 0.1% - 0.3% Si, 0.04% P dan 0.025 Mo (*Glyn.et.al, 2001*). Baja ini mempunyai beberapa keunggulan diantaranya kekuatan yang tinggi, keseragaman dan keuletan yang tinggi

Aplikasi komponen tersebut membutuhkan sifat ketangguhan yang kuat untuk menghindari perpatahan secara tiba-tiba. Untuk itu dilakukan proses perlakuan panas untuk meningkatkan nilai ketangguhan pada baja dengan dilakukan proses tempering pada temperatur austenit menggunakan variasi temperatur

untuk menghilangkan tegangan sisa dan meningkatkan sifat-sifat ketangguhan baja AISI 1045 (Hidayat, 2016)

Penelitian (kiswono.roni, 2015) bertujuan untuk menganalisis uji kekerasan dan uji tarik pada material AISI P20 Mod setelah melalui proses hardening dan tempering pada suhu yang berbeda-beda. Hardening adalah proses perlakuan panas yang diterapkan untuk menghasilkan benda kerja yang keras. Proses tempering bertujuan untuk memperoleh kombinasi antara kekuatan, keuletan dan ketangguhan yang tinggi. Material AISI P20 Mod. sebagai material substitusi impor yang diproduksi melalui proses continuous casting dimana dalam proses pembuatannya memerlukan proses rol (rolling) dan proses tempa (forging). Material ini mempunyai sifat dan karakteristik khusus, diantaranya tahan terhadap temperatur tinggi, tahan terhadap abrasi, dan mempunyai mampu mesin yang baik. Hasil uji tarik menunjukkan pada kondisi awal benda, hasil uji tarik adalah 655N/mm. Kekuatan tarik hasil proses hardening sebesar 1244 N/mm. Setelah dilakukan proses tempering 200°C. dihasilkan kekuatan tarik 1515.8 N/mm. Pada proses tempering 400°C, terjadi penurunan nilai kekuatan tarik menjadi 1397.9 N/mm. Selanjutnya pada proses tempering 600°C nilai kekuatan tarik menjadi 1077.7 N/mm. mendekati target kekuatan tarik yaitu 1020 N/mm

Pada penelitian (rahmat, dkk 2020) kali ini menggunakan 8 spesimen baja ST 37 (4 Raw Material dan 4 Tempering) dengan standar ASTM E8M, pengujian



bertempat di lab D3 Teknik Mesin Universitas Gajah Mada. Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik suatu material dengan cara memberikan gaya tarik pada material tersebut. Pengujian ini menggunakan tegangan tarik aktual eksternal atau perpanjangan sumbu benda uji. Prinsip pengujian ini yaitu memberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah besar pada setiap ujung spesimen hingga putus sambil dihitung pertambahan panjangnya. Hasil yang didapat dalam pengujian ini yaitu berupa kurva yang menunjukkan hubungan antara pertambahan panjang benda dan gaya yang diterima oleh benda tersebut, pengujian ini menggunakan spesimen dengan standar ASTM E8/E8M Standard *Specification for Aluminum and Aluminum Alloy Sheet and Plate* Berdasarkan hasil pengujian maka didapatkan informasi mengenai nilai limit proporsional (yield point) ( $P_y$ ) dan beban maksimal (ultimate point) ( $P_u$ ), dari nilai  $P_y$  dan  $P_u$  tersebut dapat diketahui nilai propertis atau kekuatan mekanika material yang lain dengan menggunakan rumus tegangan maksimum  $425^{\circ}\text{C}$  kandungan tempered martensid lebih merata dibandingkan pada temperatur lain. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin tinggi temperatur tempering maka nilai kekerasan semakin rendah. Pada pengujian tarik tersebut, dapat disimpulkan bahwa terdapat peningkatan yang signifikan antara kekuatan tarik dan kekuatan luluh standar BKI dengan kekuatan tarik dan kekuatan luluh hasil pengujian, baja ST 37 dengan perlakuan panas tempering memiliki kekuatan tarik sebesar 640,8 MPa atau sesuai dengan standar BKI (400-800 MPa), kemudian baja ST 37 dengan perlakuan panas tempering memiliki kekuatan luluh sebesar 632,36 MPa atau

sesuai dengan standar BKI (min 380 MPa), berdasarkan kesimpulan diatas maka dapat disimpulkan bahwa kekuatan tarik dan luluh baja ST 37 perlakuan panas tempering memenuhi standar BKI *Volum V (Rules for Material) 206 section 6*. Maka dapat diambil kesimpulan bahwa baja ST 37 yang telah diberi perlakuan tempering memiliki tegangan maksimum sebesar 640,8 MPa dan tegangan luluh maksimum sebesar 632,36 MPa.

## **B. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk

1. Mengetahui pengaruh temperatur pada proses tempering dengan uji tarik .
2. Mengetahui pengaruh quenching dengan media air terhadap perbandingan sifat ketangguhan Baja AISI 1045.
3. Mengetahui perubahan fasa struktur mikro dari basa AISI 1045.

## **C. Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Spesimen yang akan digunakan pada penelitian ini adalah jenis baja AISI 1045.

2. Pengujian yang akan dilakukan pada penelitian kali ini yaitu uji tarik (tensile test).
3. Proses tempering yang akan dilakukan pada penelitian kali ini dengan variasi temperatur 450°C, 550°C, 650°C
4. Metode quenching yang akan dilakukan menggunakan media pendingin air.

#### **D. Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika penulisan dari penelitian ini sebagai berikut:

##### **I. PENDAHULUAN**

Menguraikan latar belakang masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

##### **II. TINJAUAN PUSTAKA**

Berisikan landasan teori yang dibahas dan berkaitan dengan penelitian ini.

##### **III. METODOLOGI PENELITIAN**

Berisikan tentang metode yang digunakan dalam penelitian, pelaksanaan penelitian, tempat penelitian, bahan penelitian, prosedur pengujian.

##### **IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berisikan tentang data-data yang didapat dari penelitian dan pembahasan dari pengujian yang dilaksanakan.

##### **V. SIMPULAN DAN SARAN**

Berisikan kesimpulan dan saran-saran yang ingin disampaikan dari penelitian

### **DAFTAR PUSTAKA**

Berisikan referensi yang digunakan penulis untuk menyelesaikan laporan tugas akhir.

### **LAMPIRAN**

Berisikan perlengkapan laporan penelitian.

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **A. Baja**

Baja merupakan logam besi yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi pada konstruksi bangunan, industri otomotif, perkapalan, karena kekuatan mekanik lebih besar dibanding logam lainnya dan kekuatannya dapat direkayasa melalui proses pengerasan permukaan dan perlakuan panas. Baja terdiri dari unsur utama besi (Fe) dan karbon (C), serta unsur-unsur lain seperti mangan (Mn), silikon (Si), dan nikel (Ni), vanadium (V), molybdenum (Mo). Selain unsur karbon ada beberapa unsur lain yang ditambahkan pada baja, yaitu antara lain manganene, chromium, vanadium dan tungsten.

Secara umum, sifat baja dipengaruhi oleh unsur karbon dan struktur mikro. Fungsi unsur karbon itu sendiri memiliki fungsi sebagai ketangguhan pada baja dan perlindungan terhadap dislokasi terhadap jaringan kristal atom besi yang terkandung dalam unsur pada baja. Banyaknya unsur kadar kandungan karbon pada baja dapat menjadi acuan dalam menentukan klasifikasi jenis baja yaitu

baja karbon rendah, baja karbon sedang dan baja karbon tinggi (Smallman, 1991).

Berdasarkan kadar kandungan karbon, baja dapat dibagi menjadi tiga jenis kadar kandungan karbon, yaitu:

### **1. Baja karbon rendah (*Low Carbon Steel*)**

Baja karbon rendah adalah baja karbon yang memiliki unsur karbon  $<0.30$  (wt%). Baja karbon rendah memiliki kekuatan yang sedang dengan ketangguhan yang baik. Pengaplikasian baja karbon rendah dapat ditemukan dalam rangka jembatan, komponen-komponen kendaraan bermotor, rangka kapal laut, roda gigi dan bangunan gedung. Kandungan karbon dalam baja karbon rendah bervariasi, tergantung dari kebutuhan baja untuk aplikasinya dalam berbagai industri. Karbon rendah memiliki keunggulan kekuatan yang baik dan biaya rendah. Oleh karena itu, banyak digunakan dalam industri dalam berbagai aplikasi (Chun, 2017).

### **2. Baja karbon sedang (*Medium Carbon Steel*)**

Baja karbon sedang mengandung kadar karbon dalam kisaran  $0,30 - 0,60$  wt%. Kelebihan dari baja karbon ini dibanding baja karbon rendah yakni dari sifat mekaniknya yang lebih tinggi, banyaknya kandungan karbon dapat meningkatkan nilai kekerasan baja sehingga memungkinkan untuk baja diberi perlakuan panas (*heat treatment*) yang sesuai. Pengaplikasian baja

karbon sedang antara lain untuk bahan baut, pors, engkol, pegas, roda gigi dan lain-lain.

### **3. Baja Karbon Tinggi**

Baja karbon tinggi memiliki paduan karbon sebesar 0,70 - 1,5 wt%, dengan begitu baja karbon tinggi memiliki nilai kekerasan yang sangat tinggi, dan memiliki nilai ketangguhan yang rendah, namun karena tingkat kekerasannya yang tinggi, baja karbon ini menjadi lebih getas. Baja karbon tinggi sulit untuk diberi perlakuan panas untuk meningkatkan sifat kekerasaannya karena baja ini telah memiliki jumlah martensit yang tinggi sehingga bila diberi perlakuan panas maka hasil yang diinginkan tidak akan optimal. Baja karbon tinggi banyak digunakan dalam alat-alat konstruksi yang berhubungan dengan kondisi gesekan panas tinggi seperti pahat, mata bor, peluru dan sebagainya (Bishop, 2000).

#### **B. Baja AISI 1045**

Baja AISI 1045 merupakan jenis baja yang memiliki standar buatan negara Jepang, yaitu Japan Industrial Standart (JIS) dan diproduksi oleh Bohler. Baja JIS AISI 1045 merupakan baja karbon yang termasuk kedalam baja karbon sedang. AISI 1045 ATAU S45C berarti baja tersebut berkode S yang diikuti

oleh angka unsur kimianya, 45C menunjukkan bahwa baja tersebut memiliki kandungan  $\pm 0,45\%$  unsur karbon didalamnya.

Baja AISI 1045 pada umumnya dapat digunakan dan diaplikasikan pada bidang otomotif sebagai komponen-komponen mesin seperti roda gigi, alat perkakas, crankshaft, dan poros engkol. Baja AISI 1045 banyak digunakan karena harganya yang relatif lebih rendah dibanding dengan baja jenis lainnya. Baja AISI 1045 termasuk golongan baja karbon sedang yang memiliki kandungan unsur karbon sebesar 0,42% - 0,50%. Dengan kandungan karbon sebesar 0,42 - 0,50% memungkinkan baja AISI 1045 dapat dilakukan proses pemanasan dengan perlakuan panas (heat treatment) yang sesuai.

Tabel 2.1 Kandungan unsur dari baja S45C (Hidayat, 2016)

Unsur	Jumlah Kandungan
<i>Carbon (C)</i>	0,42 – 0,50 %
<i>Iron (Fe)</i>	97,74 %
Mangan (Mn)	0,50 - 0,80 %
Fosfor (P)	0,035 %
Sulfur (S)	0,035 %

Sifat mekanik dari baja karbon S45C dapat ditingkatkan kekerasannya dengan dilakukan proses perlakuan panas (heat treatment). Dengan diberikan proses perlakuan panas akan mendapatkan sifat kekerasan yang diinginkan (Hidayat, 2016).



### C. Quenching

Quenching merupakan proses pengerjaan logam dengan pendinginan secara cepat. Sehingga melalui quenching akan mencegah adanya proses yang dapat terjadi pada pendinginan lambat seperti pertumbuhan butir. Secara umum, quenching akan menyebabkan menurunnya ukuran butir dan dapat meningkatkan nilai kekerasan pada suatu paduan logam. Pada umumnya baja yang telah mengalami proses quenching memiliki kekerasan yang tinggi serta dapat mencapai kekerasan yang maksimum tetapi agak rapuh. Dengan adanya sifat yang rapuh, maka kita harus menguranginya dengan melakukan proses lebih lanjut seperti tempering. Dalam penelitian ini proses quenching yang digunakan adalah quenching agitasi Berikut ini adalah faktor - faktor yang mempengaruhi nilai kekerasan pada proses quenching:

1. Komposisi kimia spesimen
2. Media pendingin
3. Waktu pemanasan
4. Kecepatan agitasi

Semakin tinggi kecepatan air yang mengalir pada spesimen maka nilai kekerasan yang dihasilkan akan semakin besar (waluyo, 2017).

## **D. Media Pendingin**

Media pendingin yang digunakan untuk mendinginkan baja bermacam-macam. Berbagai bahan media pendingin yang digunakan dalam proses perlakuan panas antara lain:

### **1. Air**

Air adalah media pendinginan yang paling umum digunakan. Air menghasilkan tingkat pendinginan mendekati tingkat maksimum. Keunggulan air sebagai media pendingin adalah murah, mudah tersedia, mudah dibuang dengan minimal polusi atau bahaya kesehatan. Air juga efektif dalam menghilangkan scaling dari permukaan bagian baja yang di quenching. Oleh karena itu air sering digunakan sebagai media quenching karena tidak mengakibatkan distorsi berlebihan atau retak. Air banyak digunakan untuk pendinginan logam nonferrous, baja tahan karat austenit, dan logam lainnya yang telah diperlakukan panas.

### **2. Larutan garam**

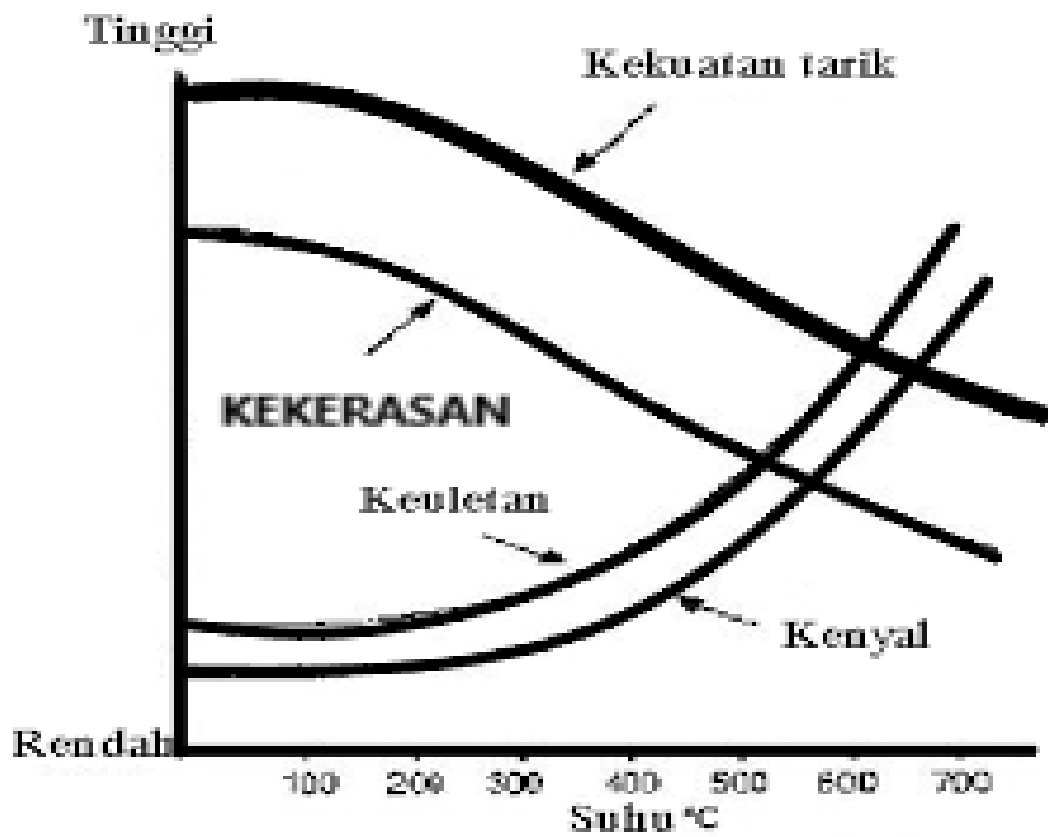
Garam dipakai sebagai media pendingin disebabkan memiliki sifat pendingin yang teratur dan cepat. Air garam memiliki nilai viskositas yang rendah dan masa jenis yang besar sehingga laju pendinginan cepat.

### 3. Solar

Solar digunakan sebagai media pendingin proses quenching karena punya nilai viskositas yang rendah dibandingkan dengan oli, dengan harapan mendapatkan nilai kekerasan yang lebih tinggi dari pada oli.

### E. Tempering

Tempering adalah pemanasan kembali antara 100-600°C, yang bertujuan untuk menurunkan kekerasan, pendinginan dilakukan di udara. Dalam proses tempering atom-atom akan berganti menjadi suatu campuran fasa-fasa ferrit dan sementit yang stabil. Melalui tempering kekuatan tarik akan menurun sedang keuletan dan ketangguhan akan meningkat. Untuk proses quenching setelah hardening dilakukan mendadak, sedangkan setelah tempering pendinginan dilakukan dengan udara. Proses pendinginan ini jelas akan berakibat berubahnya struktur logam yang di quenching. Tempering dibagi dalam beberapa bagian, yaitu (Suratman, 2014):



Gambar 2.2 pengaruh tempering terhadap sifat-sifat baja

(Dwi Haryadi gunawan,2006) .

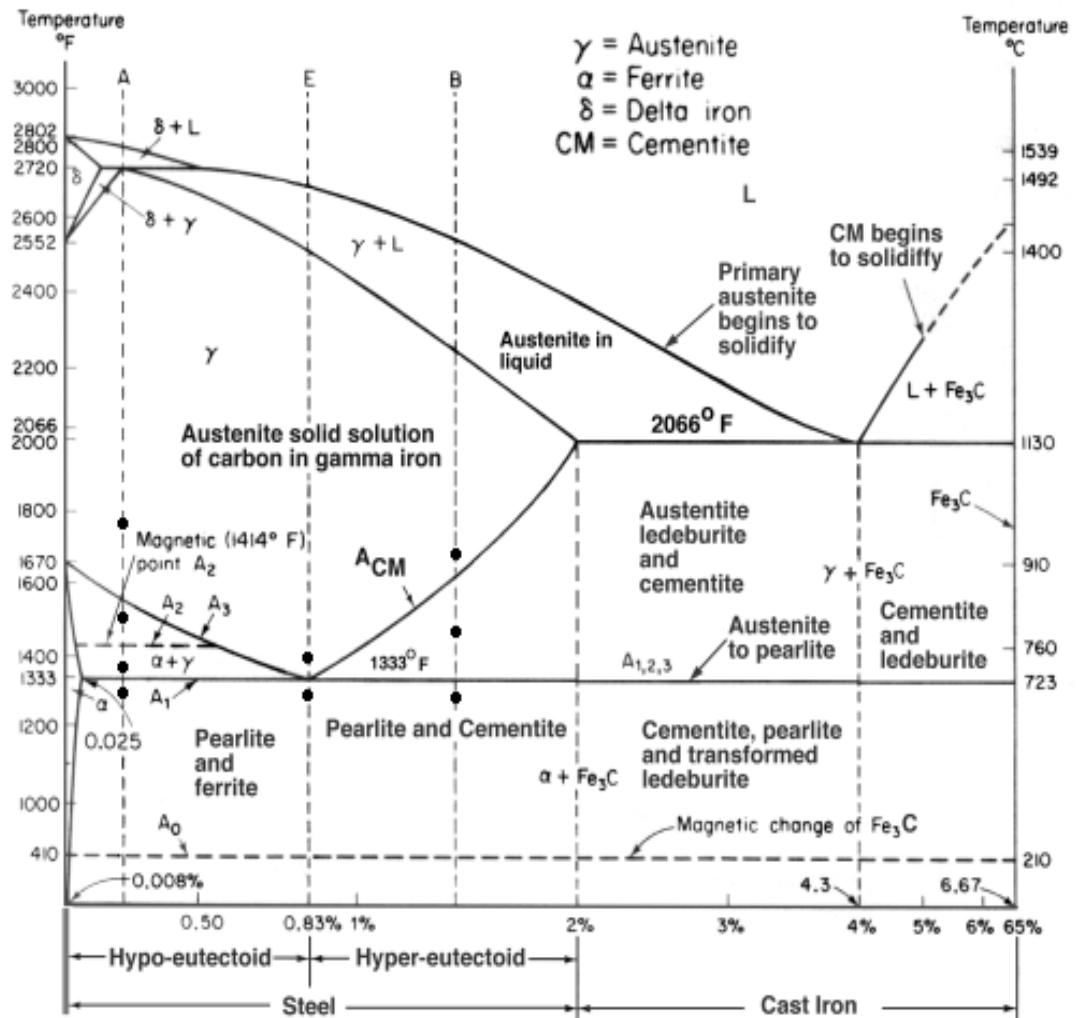
1. Tempering suhu rendah (150-300°C) bertujuan untuk mengurangi tegangan kerut dan kerapuhan baja.
2. Tempering suhu menengah (300-500°C) bertujuan menambah keuletan dan sedikit mengurangi kekerasan.
3. Tempering suhu tinggi (500-700°C) bertujuan untuk memberikan daya keuletan yang besar dan kekerasannya menjadi lebih rendah.

Terendah ( $100^{\circ}\text{C}$ ) sampai yang tertinggi ( $400^{\circ}\text{C}$ ) nilai kekerasannya semakin kecil. Hal tersebut sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa pengaruh suhu penemperan terhadap sifat-sifat baja adalah apabila suhu tempering semakin tinggi maka mempunyai sifat kekerasan yang semakin menurun, seperti yang terlihat di atas. (Dwi Haryadi gunawan, 2006)

#### **F. Diagram Fasa [Fe-Fe<sub>3</sub>C]**

Diagram Fasa [Fe-Fe<sub>3</sub>C] memperlihatkan perubahan fasa pada laju pemanasan dan laju pendinginan yang cukup lambat. Dari diagram fasa ini dapat diamati pengaruh temperatur terhadap perubahan struktur. Struktur baja dapat ditentukan oleh kandungan unsur didalam baja dan kadar unsur karbonnya. Pada Gambar 2. menunjukkan jika kadar karbon baja yang melebihi 0.20 wt.% dimana pada temperatur  $760^{\circ}\text{C}$  ferrit mulai terbentuk dan mengendap dari austenit turun. Baja dengan kadar karbon 0.80 wt.% biasanya disebut baja eutectoid dan struktur baja eutectoid ini terdiri dari ferit ( $\alpha$ ) dan pearlit ( $\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$ ), seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Baja yang memiliki kadar karbon kurang dari komposisi eutectoid ( $\sim 0.76$  wt.%) di sebut dengan baja hypoeutectoid, dan baja yang berkadar karbon lebih dari komposisi eutectoid disebut baja hypereutectoid. Pada temperatur antara  $723$ - $1130^{\circ}\text{C}$  terdapat satu fasa yang terbentuk yaitu fasa austenit dan sementit. Pada temperatur  $723^{\circ}\text{C}$

butiran fasa tunggal bertransformasi dibawah keseimbangan bentuk  $\alpha$  dan  $\text{Fe}_3\text{C}$  dalam satu butiran yang besatu dengan baik, dan lapisan serat-serat bajanya yang terbentuk disebut pearlit (Van Vlack, 2000).



Gambar 2.3 Diagram Fasa (Fe-Fe<sub>3</sub>C)

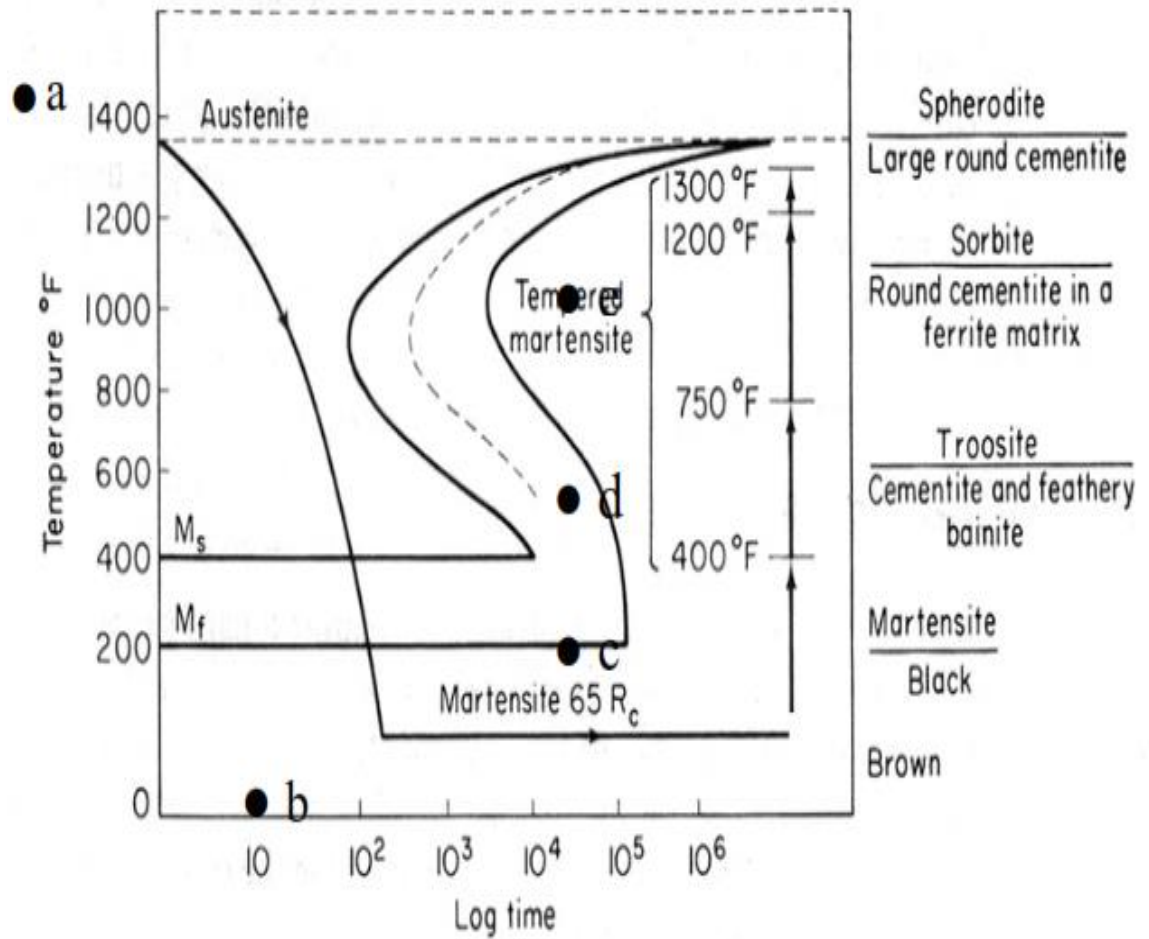
(Van Vlack, 2000)

### **G. Diagram TTT (Time Temperature Transformation)**

Diagram TTT adalah suatu diagram yang menghubungkan transformasi austenit terhadap waktu dan temperatur. Jika dilihat dari bentuk grafiknya diagram ini mempunyai nama lain yaitu diagram S atau diagram C. Proses perlakuan panas bertujuan untuk memperoleh struktur baja yang diinginkan agar cocok dengan penggunaan yang direncanakan. Struktur yang diperoleh merupakan hasil dari proses transformasi dari kondisi awal. Proses transformasi ini dapat dibaca dengan menggunakan diagram fasa namun untuk kondisi tidak setimbang diagram fasa tidak dapat digunakan, untuk kondisi seperti ini maka digunakan diagram TTT. Melalui diagram ini dapat dipelajari kelakuan baja pada setiap tahap perlakuan panas, diagram ini juga dapat digunakan untuk memperkirakan struktur dan sifat mekanik dari baja yang diquench dari temperatur austenitisasinya ke suatu temperatur di bawah  $A_1$ .

Diagram ini menunjukkan dekomposisi austenit dan berlaku untuk macam baja tertentu. Baja yang mempunyai komposisi berlainan akan mempunyai diagram yang berlainan, selain itu besar butir austenit, adanya inklusi atau elemen lain yang terkandung juga mempunyai pengaruh yang sama. Dari diagram ini jelas dari dekomposisi austenit dapat diperoleh berbagai variasi struktur pada baja, struktur mungkin terdiri 100 % perlit kasar, baja bersifat lunak dan ulet, ataupun martensit penuh, ketika baja bersifat keras dan getas. Karena transformasi baja

dapat menghasilkan berbagai sifat maka baja tetap merupakan material konstruksi utama untuk keperluan rekayasa (Davis, 1998).



Gambar 2.4 Diagram TTT baja 1045

(Pollack, 1977).



## H. Uji Tarik Statis

Uji tarik merupakan salah satu proses untuk mengetahui kekuatan suatu material, dimana dalam pengujian tarik sendiri dilakukan dengan cara penarikan material dengan gaya tarik secara terus menerus dan teratur sampai terjadinya putus dengan tujuan untuk mendapatkan nilai tarik dari material tersebut. Kurva tegangan regangan diperoleh dari pengukuran perpanjangan material uji dimana tegangan yang digunakan adalah tegangan membujur rata-rata dari pengujian tarik yang diperoleh dari membagi beban dengan luas awal penampang melintang benda.

$$\text{I. } \sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(1)$$

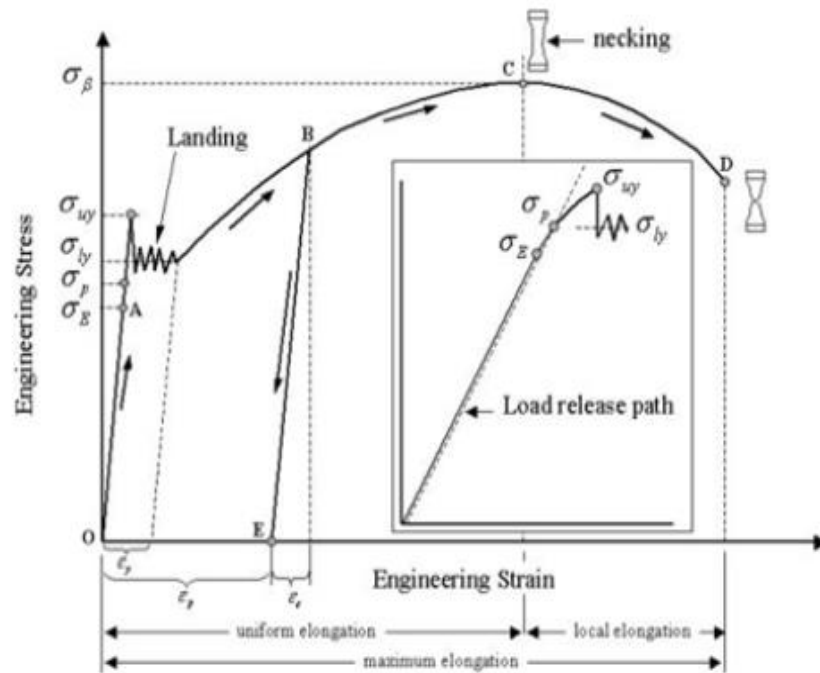
J.

Dimana:

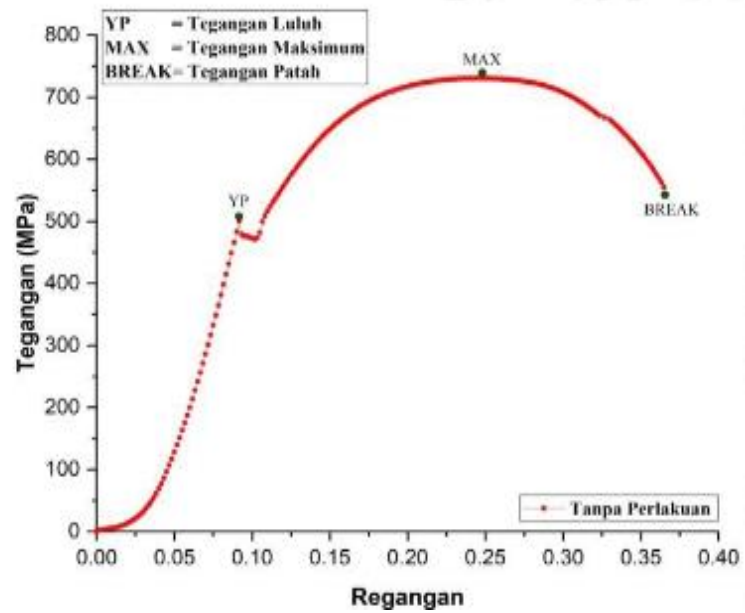
$\sigma$ : Tegangan tarik, N/m<sup>2</sup> (Pa)

$F$ : Gaya, N

$A$ : Luas permukaan, m<sup>2</sup>



K. Gambar 2.5. Kurva tegangan regangan



Gambar 2.6. Kurva tegangan versus regangan pada baja AISI 1045 yang mengalami tanpa perlakuan panas (Goldy, 2020).

Pada kurva dijelaskan bahwa hasil pengujian uji tarik yang dilakukan dengan menggunakan bahan material tanpa perlakuan menunjukkan hasil nilai tegangan luluh 499,37 MPa, tegangan maksimum 730,62 MPa dan tegangan patah 554,75 MPa. Perbandingan pada panjang batang  $\Delta\ell/\ell_0$  dinamakan regangan seperti yang dituliskan persamaan berikut (Souisa, 2011).

$$L. \quad \varepsilon = \frac{\Delta\ell}{\ell_0} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

$\varepsilon$ : Regangan atau bilangan murni

$\ell$ : Panjang batang, m

$\Delta\ell$ : Panjang semula, m

$\ell$ : Perubahan panjang, m

Kurva tegangan regangan dapat dipergunakan untuk hampir semua bahan untuk jarak tertentu dari titik asal, nilai-nilai eksperimental dari tegangan-regangan pada dasarnya terletak pada satu garis lurus. Dalam Hal ini berlaku untuk semua bahan yang dikenal sebagai hukum Hooke. Yang secara mudah menyatakan bahwa tegangan berbanding lurus dengan regangan, dimana pada daerah tersebut adalah daerah linear atau linear zone. Dimana pada daerah ini, kurva tegangan-regangan mengikuti hokum Hooke yang dirumuskan:

$$M. \quad E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

E: Modulus elastis, GPa

$\sigma$ : tegangan (MPa)

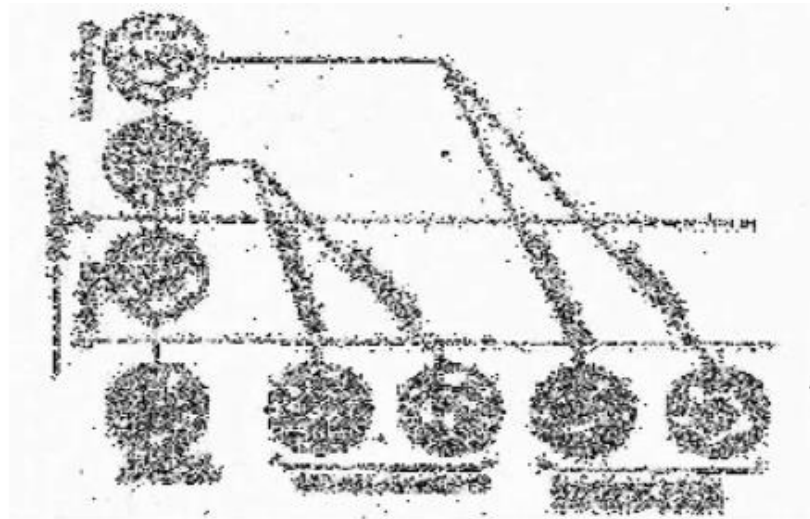
$\varepsilon$ : regangan (mm/mm)

## **I. Pengujian struktur mikro**

pada spesimen atau bahan uji merupakan salah satu cara untuk dapat mengetahui sifat fisik yang ada pada material atau bahan yang di uji tersebut. Sifat fisik bahan merupakan suatu sifat yang terdapat pada bahan atau material yang berhubungan dengan kandungan dan struktur atomnya. Sifat fisik dari bahan dapat berupa komposisi kimia maupun struktur mikro. Komposisi kimia pada bahan merupakan kandungan unsur-unsur pada bahan atau material tersebut dengan ditunjukkan dengan presentase kandungan yang berbeda-beda.

Sedangkan struktur mikro adalah sifat fisik pada material yang bertujuan untuk dapat mengetahui susunan fasa yang terjadi pada material tersebut. Struktur mikro pada suatu material dapat dilihat dengan menggunakan alat mikroskop optik. Proses pengujian pada material dengan menggunakan alat mikroskop ini disebut dengan pengujian mikroskopik atau sering disebut dengan teknik metalografi. Alat yang digunakan pada proses pengujian mikroskopik ini

biasanya menggunakan mikroskopik optik dengan berbagai macam pembesaran. Semakin besar pembesaran yang dilakukan dengan mikroskopik optik akan membuat struktur mikro pada material atau bahan yang di uji akan terlihat dengan jelas (Sahwendi, 2013).



Gambar 2.4 Skema pengaruh temperatur austenisasi pada strukur mikro  
(Sahwendi, 2013)

### **III. METODOLOGI PENELITIAN**

#### **A. Waktu dan Tempat Penelitian**

Adapun waktu dan tempat penelitian yang akan dilaksanakan adalah sebagai berikut:

##### **1. Tempat Penelitian**

Tempat pengujian untuk pengambilan data pada penelitian tugas akhir ini akan dilakukan di Laboratorium Material Teknik, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung

##### **2. Tempat Pemotongan dan Pembentukan Spesimen**

Tempat pemotongan spesimen pada penelitian tugas akhir ini dilakukan di bengkel bubut fajar baru lampung selatan.

### **3. Waktu Penelitian**

Penelitian ini akan dilakukan pada bulan Mei sampai Oktober 2021 di laboratorium Material Teknik Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung. Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah baja AISI 1045. Adapun prosedur pengujian dalam penelitian ini yaitu proses tempering dan pengujian tarik pada baja AISI 1045.

#### **B. Alat dan Bahan**

Adapun alat dan bahan pada pengujian uji tarik baja AISI 1045 dengan menggunakan metode tempering ialah sebagai berikut:

##### **1. Bahan AISI 1045**

Bahan yang digunakan pada pengujian ini ialah sebuah baja AISI 1045 berbentuk silinder



Gambar 3.1. Baja AISI 1045

## 2. Air

Air adalah media pendinginan setelah baja AISI 1045 di heat treatment.



Gambar 3.2. Air

## 3. Furnance

*Furnance* digunakan untuk memberikan proses *heat treatment* pada suatu material. Pada penelitian ini menggunakan furnace merk Nabertherm tipe L 64/14 dengan daya 13.0 kW dan temperatur maksimal 1400°C, seperti gambar dibawah.



Gambar 3.3. Furnace



#### 4. Mesin MTS Landmark 100 kN

Mesin MTS Landmark 100 kN adalah alat yang digunakan untuk pengujian tarik statis.



Gambar 3.5. Mesin MTS Landmark 100 kN

#### 5. Jangka Sorong

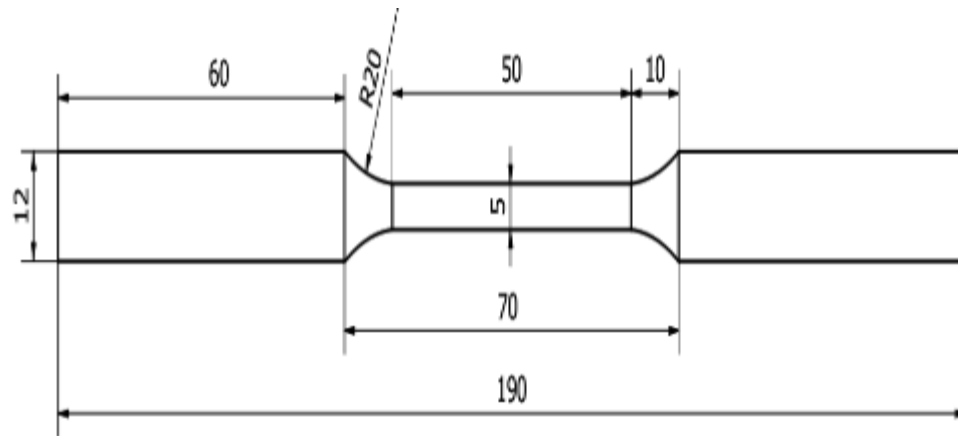
Jangka sorong digunakan untuk mengukur diameter baja AISI 1045 untuk pengujian tarik statis.



Gambar 3.6. Jangka Sorong

### C. Dimensi Uji Tarik

Baja AISI 1045 berbentuk silinder menggunakan standar ASTM E8.



Gambar 3.7. Spesimen Uji Tarik Standar ASTM E8.

Tabel 3.2 Komposisi kimia baja AISI 1045

UNSUR	KOMPOSISI % BAJA AISI 1045
C	0.528
Si	0.348
Mn	0.745
P	0.0166
S	0.0090
Cr	1.17
Mo	0.227

Ni	0.124
Al	0.0694
Co	0.0137
Cu	0.104
Nb	<0.0040
Ti	0.0460
V	<0.00050
W	<0.0070
Pb	0.0026
Sn	0.0062
Mg	0.0063
As	0.0106
Zr	0.0058
Bi	<0.0020
Ca	0.0056
Ce	0.0064
Sb	0.0281
Se	0.0028
Te	0.0153
Ta	0.163
B	0.00062
Zn	<0.0450

La	0.0032
Fe	96.3

#### **D. Prosedur Penelitian**

Adapun prosedur penelitian sebagai berikut:

##### **1. Persiapan Spesimen**

- a. Material yang digunakan yaitu baja AISI 1045 berbentuk poros dengan diameter 12 mm.
- b. Mengukur panjang baja AISI 1045 menggunakan mistar dengan ukuran 190 mm.
- c. Setelah diukur spesimen dapat dipotong dengan mesin potong, lalu diampelas untuk menghilangkan karat pada permukaan baja tersebut.

##### **2. Pembuatan Spesimen**

Setelah baja AISI 1045 dipotong kemudian membuat spesimen uji tarik.



Gambar 3.8. Spesimen Uji Tarik

### 3. Proses Perlakuan Panas

Setelah proses pembuatan spesimen baja AISI 1045 kemudian dilanjutkan dengan proses perlakuan panas yaitu quenching dan tempering. Adapun tahapan dalam proses perlakuan panas sebagai berikut:

- a. Perlakuan Quenching serta perhitungan laju pendinginan Terhadap Spesimen Baja AISI 1045

Adapun tahapan perlakuan yang dilakukan adalah

- 1.) Baja AISI 1045 yang telah dibentuk lalu dibersihkan terlebih dahulu kemudian dipanaskan ke dalam furnace sampai temperatur 850 °C
- 2.) Kemudian dengan waktu penahan (holding time) 60 menit
- 3.) Kemudian mencelupkan spesimen ke media pendingin air.
- 4.) Kemudian setelah selesai waktu , yaitu mengangkat spesimen baja AISI 1045 lalu dikeringkan
- 5.) Kemudian setelah kering, baja AISI 1045 dilakukan proses penghalusan permukaan dengan cara diampas.
- 6.) Kemudian ampas yang dilakukan adalah (500, 1000, dan 1500).

b. Proses Tempering pada suhu 450°C, 550°C, 650°C

Adapun proses Tempering pertama pada suhu 450°C, 550°C, 650°C, sebagai berikut:

- 1.) Memasukan spesimen kedalam furnace yang telah di tempering dengan suhu 450°C, 550°C, 650°C dan ditahan selama 1 jam.
- 2.) Kemudian setelah kering, baja AISI 1045 dilakukan proses penghalusan permukaan dengan cara diampas dengan menggunakan amplas (500, 1000 dan 1500).

#### **4. Proses uji tarik statis**

Adapun proses uji tarik statis yang dilakukan dengan mesin MTS landmark 100 kN adalah sebagai berikut:

- a. Menyiapkan spesimen sesuai dengan standar ASTM E8.
- b. Membuka program Controller 793B setelah itu klik manual command, pilih displacement mode, lalu naikan actuator keposisi nol (zero).
- c. Pasang spesimen pada cross head grip atas kemudian specimen dicekam.
- d. Lalu cross head diturunkan sampai ujung bawah spesimen masuk kedalam grip bawah dengan kedalaman 3 cm.
- e. Klik manual command dan klik control mood ke force.

- f. Kemudian klik auto offset untuk force. Setelah itu grip bagian bawah dicekam sehingga ujung spesimen bagian bawah tidak berubah.
- g. Pasang extensometer ke spesimen dengan posisi zero pin, dan klik manual offset untuk extensometer. Lalu lepaskan zero pin dari extensometer.
- h. Membuka Software MTS Test Suite (MPE), pilih template untuk uji tarik statis.
- i. Memasukkan data spesimen.
- j. Memasukan initial speed dan secondary speed (mm/s).
- k. Setelah menginput semua data lalu klik RUN.

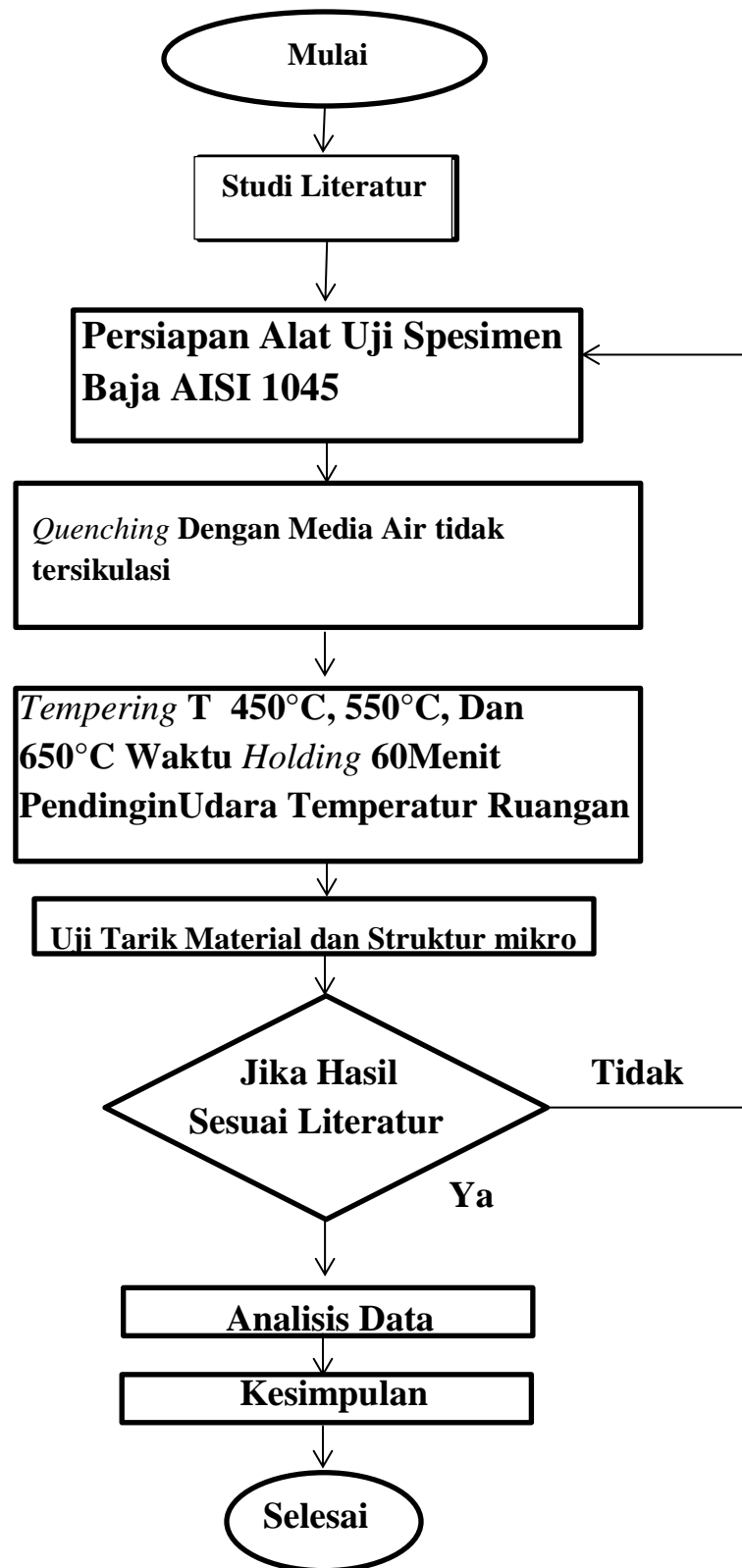
## **5. Pengujian struktur mikro**

Pengamatan struktur mikro diawali dengan proses sectioning, yaitu menyiapkan spesimen sesuai dimensi yang diinginkan. Selanjutnya dilakukan proses grinding. Grinding yaitu proses yang bertujuan untuk menghaluskan permukaan dengan menggunakan alat amplas. Untuk menghaluskan permukaan pada proses grinding menggunakan amplas dari 80 sampai 1500, setelah itu diberikan autosol pada permukaan spesimen agar mengkilapkan permukaan spesimen. Selanjutnya dilakukan proses etching yang bertujuan untuk membuka pori.-pori permukaan yang diamati dengan menggunakan larutan etsa. Langkah terakhir adalah proses *viewing*

yaitu pngambilan data berupa gambar struktur mikro dengan menggunakan mikroskop optik.



### 3.5 Diagram Alur Pengambilan Data



## V. SIMPULAN DAN SARAN

### A. Simpulan

Adapun simpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Nilai *yield strength* dan *ultimate stress* terendah yaitu 391,273 Mpa dan 693,758 Mpa nilai ini dihasilkan sebelum spesimen dilakukan perlakuan panas. Sedangkan nilai *yield strength* dan *ultimate stress* tertinggi sebesar 995,795Mpa dan 1066,182Mpa, nilai ini dihasilkan saat spesimen dilakukan quenching secara cepat dengan media pendingin air dan tempering pada temperatur 450C. Untuk nilai *yield strength* dan *ultimate stress* yang dilakukan perlakuan panas quenching dan tempering Dalam hal ini perlakuan panas quenching dan tempering sangat mempengaruhi untuk nilai *yield strength* dan *ultimate stress*.
2. Nilai perbandingan grafik tegangan regangan untuk nilai kekuatan tarik yaitu pada saat spesimen dilakukan perlakuan panas quenching dan tempering pada temperatur 450C dan nilai terendah pada temperatur 650C dan terendah 450C akan tetapi nilai regangan yang tertinggi yaitu 650C. Hal ini sesuai dengan teori Hal ini sesuai dengan teori yang dikemukakan oleh Amanto Hari dan Daryanto, 1999 bahwa Pengaruh Suhu Penemperan Terhadap Sifat-Sifat Baja adalah apabila suhu temper semakin tinggi maka mempunyai sifat kekerasan dan kekuatan tarik yang semakin menurun, berbanding terbalik dengan keuletan dan kekenyalannya semakin tinggi suhu penemperan maka keuletan dan kekenyalannya akan semakin tinggi.

3. Hasil struktur mikro sebelum dilakukan perlakuan panas struktur yang mendominasi adalah struktur ferrit dan pearlite, akan tetapi setelah dilakukan perlakuan panas muncul struktur mikro seperti temper martensit, dan martensit yang menambah kekerasan material tersebut, dan juga menambah kekuatan tarik material tersebut, akan tetapi struktur pearlite masih mendominasi untuk perlakuan panas tempering di temperature 650C.

## **B. Saran**

Adapun saran yang bisa diberikan pada penelitian ini ataupun pengembangan penelitian ini untuk selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Variasi temperatur tempering yang digunakan sebaiknya dimulai dari 250, 450, dan 650 C, agar terlihat lebih jelas struktur ferrit, martensit, dan temper martensit yang lebih baik lagi.
2. Saat proses pembubutan atau persiapan spesimen harus lebih baik atau halus, agar saat proses pengujian tarik hasil yang didapatkan bisa maksimal.
3. untuk mendapat hasil struktur mikro yang lebih jelas sebaiknya melakukan uji struktur mikro Scanning Electron Microscopy (SEM).

## DAFTAR PUSTAKA

- Amanto, H. dan Daryanto. 1999. *Ilmu Bahan: ASM Metal Handbook*: Smar Grafika Offset, Jakarta. 161 halaman.
- Azizi, M. 2018. Pengaruh Suhu Quench Dan Temper Pada Proses Pengerasan Permukaan Baja Aisi 1054. Universitas Wahid Hasyim, Semarang. *Journal Mechanical Engineering* 14: 23-28.
- Blaoui M. M., Mokhtar, Z. and Mustapha, A. 2019. Effect of Medium Carbon Steel Microstructure on Tensile Strength and Fatigue Crack Growth. Universite Djillali Liabes de Sidi Bel Abbès, Sidi Bel Abbès, Algeria, and Universite Djillali Liabes de Sidi Bel Abbès, Sidi Bel Abbès, Algeria. *International Journal of Structural Integrity* 10: 67-75.
- Budiarto., Dikki A.H., Adiman. and Ochrandhy. D. F. 2020. The Heat Treatment of Austenisation Analysis of Medium Carbon Steel to The Hardness, Microstructure, and Tensile Strength. Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Indonesian Christian University Jl. Mayjen Sutoyo no.2 Cawang Jakarta Timur. *Journal Materials Science and Engineering* 725: 1-8.

Callister, W. D. 2008. *Materials Science and Engineering: An Introduction* 8<sup>th</sup> Edition, New York: John Wiley & Sons, Inc, Kanada. 971 halaman.

Daryanto, A. 2010, *Proses Pengolahan Besi dan Baja (ilmu Metalurgi)*: Penerbit Satu Nusa Sarana Tutorial Nurani Sejahtera, Bandung. 272 halaman

Haryadi, G. D. 2006. Pengaruh Suhu Tempering Terhadap Kekerasan, Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Pada Baja K-460. *Jurnal Mechanical Engineering* 8: 1-8.

Khansaa, D. S. 2018. Effect of Quenching Media on Mechanical Properties of Medium Carbon Steel 1030. Department of Electromechanical Engineering, University of Technology, Irak. *Journal of University of Babylon, Engineering Sciences* 26: 214-222.

Kirono, S. 2016. Analisa Pengaruh Temperatur Pada Proses Tempering Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Baja AISI 4340. Universitas Muhammadiyah, Jakarta. *Jurnal Teknik Mesin* 1: 11-21.

L.H. Ying, Dong, H. J., Jun, L., Guang, C. and Jie, S.X. 2013, Effect of Tempering Temperature on Microstructure and Mechanical Properties of AISI 6150 Steel. School of Materials Science and Engineering, Central South University, Changsha, China. *Journal Central South University* 30: 866-870.

Murugan,V. K. and Koshy, M. 2013. Effect of Tempering Behavior on Heat Treated Medium Carbon (C 35 Mn 75) Steel. Associate professor, Department of Mechanical Engineering, Kalaivani College of Technology, Coimbatore, India. Principal, Department of Mechanical Engineering, Kalaivani College of Technology, Coimbatore, India. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology* 2: 945-950.

Pranomo, A. 2011. Karakteristik Mekanik Proses Hardening Baja AISI 1045 Media Quenching Untuk Aplikasi Sprocket Rantai. Jurusan Teknik Metalurgi, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Banten. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakra* 5: 32-38.

Purwanto, H., Dzulfikar, M., and Tauviquirrahman, M. 2019. The Effect of Tempering Temperature on Medium Carbon Steel Plate of Surface Hardening Result Using Induction Heating as Ballistic Resistant Material Study. Universitas Wahid Hasyim, Semarang. *Journal Materials Science and Engineering* 694: 1-8.

Rizal, Y. 2014. Analisa Pengaruh Media *Quench* Terhadap Kekuatan Tarik Baja AISI 1045. Teknik Mesin Universitas Pasir Pengairan, Riau. *Jurnal APTEK* 6: 183-190.

Robert, D. S. J., Soukota. and Rudy, P. 2013. Pemodelan Pengujian Tarik Untuk Menganalisis Sifat Mekanik Material. Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sam Ratulangi, Manado. *Journal Mechanical Engineering* 4: 1-11.

Sanij, K., Ghasemi, B., Mashreghi., and Moshrefifar, M. 2012. The Effect of Single and Double Quenching and Tempering Heat Treatments on the Microstructure and Mechanical Properties of AISI 1040 Steel. Elsevier Science B.V, Amsterdam, The Netherlands. *Journal Materials and Design* 42: 339-346.

Shinya, T., Masahito, I., Yuki, M., Toshinori, I., Masato, O., Yutaka, N. and Takahisa, S. 2020. Influence of Iron Carbide on Mechanical Properties in High Silicon added Medium carbon Martensitic Steels, Graduate School of Engineering, Hokkaido University, Kita 13 Nishi 8, Kita-ku, Sapporo, Japan. *ISIJ International* 60: 182–189.

Smallman. 2000. *Metalurgi Fisik Modern & Rekayasa Material*: Penerbit Erlangga, Edisi 6, Jakarta. 555 halaman

Virginia, H. A., Fernando, D. C., Laura, N.G., Diego, J. C. and Alfredo, J.T. 2022. Effect of Cold Deformation in Quench and Tempered Medium-Carbon Steel Bars Microstructure (IMA). Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan, San Juan, Argentina. *Article in Materials Science and Technology* 1: 8-26.

Yan, S., Xianghua, L, Wayne J. L., Huifang, L. and Hongyan, W. 2015. Comparison on Mechanical Properties and Microstructure of a C-Mn-Si Steel Treated by Quenching and Partitioning (Q&P) and Quenching and Tempering (Q&T). The State Key Laboratory of Rolling & Automation, Northeastern University, Shenyang, China and Research Academy, Northeastern University, China. *Process. Material Science & Engineering* 620: 58-66.

Yudo, H. and Sisworo, J. 2021. The Effect of Low Tempering, Medium Tempering, and High Tempering Heating Temperature Variations in The Type of Medium Carbon Steel ST 60 on Microstructure, Hardness, and Toughness. Naval Architecture Department, Diponegoro University, Indonesia *Journal Materials Science and Engineering* 1052: 2-13.

Zhu, M., Guang Xu, Zhou, M., Yuan, Q., Tian, J., and Hu, H. 2018. Effects of Tempering on the Microstructure and Properties of a High-Strength Bainite Rail Steel with Good Toughness, School of Mechanical and Automotive Engineering, Nanyang Institute of Technology, Nanyang 473004, China. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology* 2: 1-11.