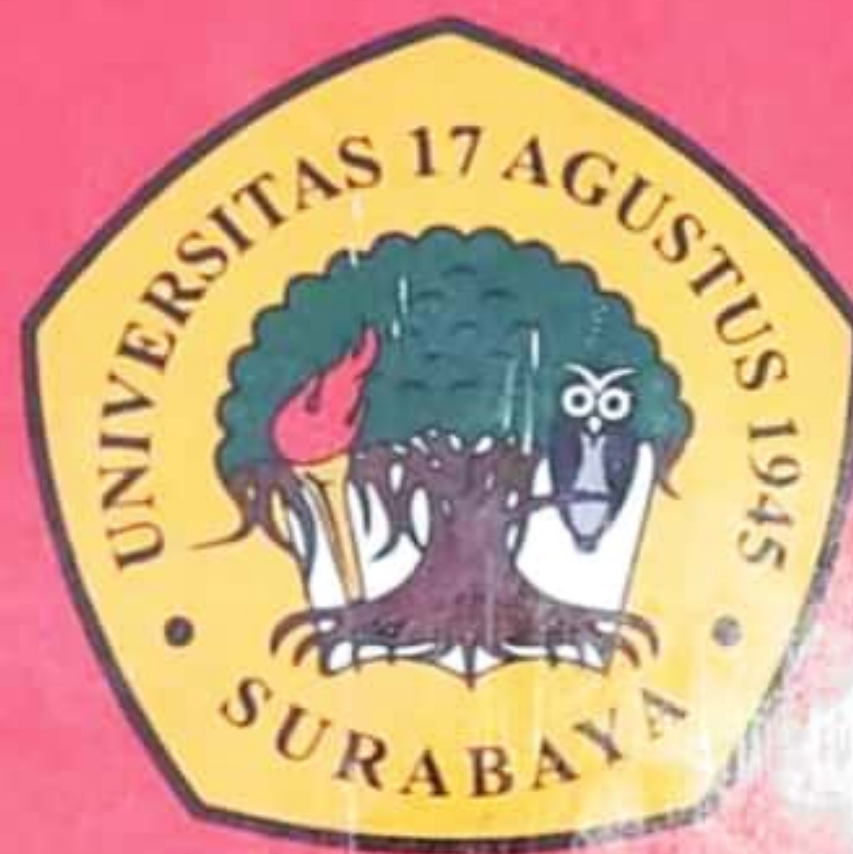


# **TUGAS AKHIR**

**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR *NORMALIZING*  
TERHADAP PERUBAHAN BUTIR STRUKTUR MIKRO  
DAN SIFAT MEKANIK PADA MATERIAL BAJA ST 42  
ELEKTRODA E7018**



**Disusun Oleh :**

**YOGA PRATAMA**  
**NBI : 1421900009**

**FEBRIAN DUTA ERLANGGA**  
**NBI : 1421900046**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

**2023**


**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

---

**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR**

NAMA : YOGA PRATAMA  
NBI : 1421900009  
NAMA : FEBRIAN DUTA ERLANGGA  
NBI : 1421900046  
PROGRAM STUDI ; TEKNIK MESIN  
FAKULTAS : TEKNIK  
JUDUL : PENGARUH VARIASI TEMPERATUR  
*NORMALIZING* TERHADAP PERUBAHAN BUTIR  
STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT MEKANIK  
PADA MATERIAL BAJA ST 42 ELEKTRODA  
E7018

Mengetahui / Menyetujui  
Dosen Pembimbing

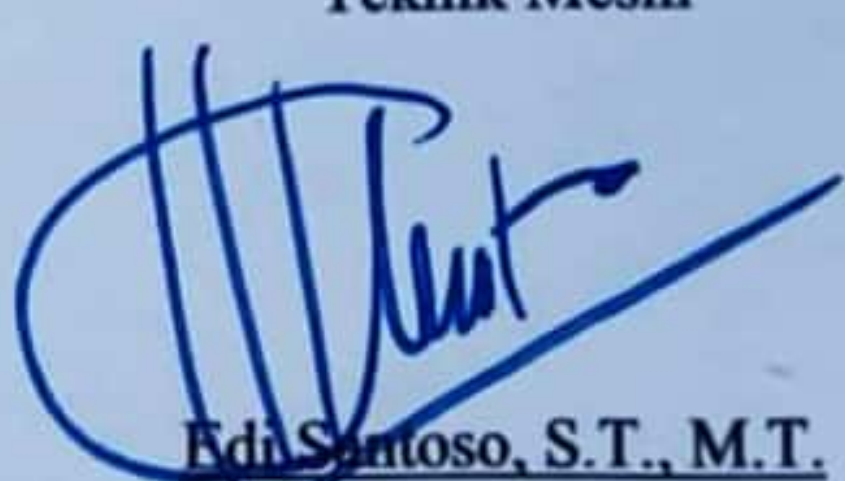
  
Ir. Ichlas Wahid, M.T.  
NPP. 20420.90.0207

Dekan  
Fakultas Teknik

  
Ir. Sajiro, M.Kes., IPU  
NPP. 20410.90.0197



Ketua Program Studi  
Teknik Mesin

  
Edi Santoso, S.T., M.T.  
NPP. 20420.96.0485

## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir dengan Judul:  
**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR *NORMALIZING* TERHADAP PERUBAHAN BUTIR STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT MEKANIK PADA MATERIAL BAJA ST 42 ELEKTRODA E7018**

yang dibuat untuk melengkapi persyaratan menjadi Sarjana Teknik Mesin pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan duplikasi dari Tugas Akhir yang sudah dipublikasikan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di lingkungan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya maupun di perguruan tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang bersumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Surabaya, Januari 2023



Yoga Pratama



UNIVERSITAS  
17 AGUSTUS 1945  
SURABAYA

BADAN PERPUSTAKAAN  
Jl. SEMOLOWARU 45 SURABAYA  
TELP. 031 593 1800 (Ext. 311)  
e-mail : perpus@untag-sby.ac.id

## LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai Civitas Akademik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yoga Pratama  
NBI/ NPM : 1421900009  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin  
Jenis Karya : Tugas Akhir/~~Skripsi/ Tesis/ Disertasi/ Laporan Penelitian~~  
~~/Praktek\*~~

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya **Hak Bebas Royalti Noneklusif (Nonexclusive Royalty-Free Right)**, atas karya saya yang berjudul:

**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR NORMALIZING TERHADAP PERUBAHAN BUTIR STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT MEKANIK PADA MATERIAL BAJA ST 42 ELEKTRODA E7018**

Dengan **Hak Bebas Royalti Noneklusif (Nonexclusive Royalty - Free Right)**, Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya berhak menyimpan, mengalihkan media atau memformatkan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, mempublikasikan karya ilmiah saya selama tetap tercantum

Dibuat di : Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya  
Pada tanggal : 05 Januari 2023

Yang Menyatakan,



(Yoga Pratama)

\*Coret yang tidak perlu

## LEMBAR PERSEMBAHAN DAN KATA MUTIARA

Saya ucapkan terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa karena dengan segala rahmat, petunjuk, dan kesehatan yang telah diberikan kepada saya dalam perjalanan saya menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Tugas akhir ini saya persembahkan kepada :

- 1 Kedua orang tua dan keluarga besar saya tercinta yang selalu mendukung, mendoakan, dan memotivasi kami dalam menyelesaikan pendidikan ini.
- 2 Bapak Ir. Ichlas Wahid., MT, Selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk selalu sabar membimbing saya dalam penulisan Proposal Tugas Akhir ini.
- 3 Bapak, Edi Santoso, ST., MT, Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
- 4 Bapak Dr. Ir. Sajiyo, M.Kes. selaku Dekan Fakultas Teknik, dan Bapak Edi Santoso, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin.
- 5 Segenap jajaran dosen program studi Teknik Mesin.
- 6 Segenap jajaran karyawan dan staff program studi Teknik Mesin.
- 7 Teman-teman dan sahabat saya yang menerima saya dengan tangan terbuka untuk membantu, mendukung, dan memberi nasihat baik yang berdomisili di Surabaya, maupun di luar Surabaya.
- 8 Mas Yoseph dan seluruh pihak yang belum disebutkan yang memberikan dukungan bagi saya.

## ABSTRAK

### **PENGARUH VARIASI TEMPERATUR *NORMALIZING* TERHADAP PERUBAHAN BUTIR STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT MEKANIK PADA MATERIAL BAJA ST 42 ELEKTRODA E7018**

*Pada penelitian ini untuk mengetahui perubahan butir struktur mikro dan sifat mekanik dari material baja ST 42 dimensi 200 x 100 mm dengan tebal 10 mm dan menggunakan proses pengelasan SMAW (Shielded Metal Arc Welding). Penelitian ini menggunakan variasi temperatur normalizing 760°C, 785°C, 810°C dan elektroda filler E 7018 berdiameter 3,2 mm. Hasil penelitian diperoleh yaitu pengaruh proses normalizing didapatkan penurunan terhadap nilai batas butir struktur mikro pada material baja karbon ST 42 dibandingkan material sebelum mengalami proses normalizing. pada daerah base metal material tanpa perlakuan normalizing mempunyai nilai batas butir sebesar 0,0067 mm dan pada material sesudah mengalami proses normalizing mempunyai nilai batas butir sebesar 0,0133 mm. Butir yang membesar mengakibatkan menurunnya nilai kekerasan pada material tersebut. Hasil pengujian kekerasan rockwell dapat diketahui bahwa nilai kekerasan pada material baja ST 42 tanpa perlakuan panas memiliki nilai kekerasan lebih tinggi pada daerah Base Metal dibandingkan material yang telah melalui proses Normalizing pada material tanpa perlakuan memiliki nilai kekerasan rata-rata sebesar 75,22 HRB dan 75,33 HRB. Pada pengujian tarik pada spesimen dengan pengelasan elektroda 2,6 di dapatkan nilai tegangan paling tinggi pada perlakuan normalizing suhu 810°C sebesar 41,40 N/mm<sup>2</sup> dengan regangan sebesar 13,75 % dan pada pengelasan elektroda 3,2 di dapatkan nilai tegangan dan regangan paling besar pada perlakuan normalizing suhu 760°C sebesar 50 N/mm<sup>2</sup> dengan nilai regangan sebesar 20 %.*

**Kata Kunci :** *Normalizing, Las SMAW, sifat mekanik, baja ST 42, dan struktur mikro*

## ABSTRACT

### EFFECT OF NORMALIZING TEMPERATURE VARIATION ON GRAIN CHANGES IN MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF ST 42 STEEL MATERIAL E7018 ELECTRODE

*In this study, to determine changes in grain microstructure and mechanical properties of the steel material ST 42 (dimensions 200 x 100 mm with a thickness of 10 mm), the SMAW (shielded metal arc welding) welding process was used. This study used normalizing temperature variations of 760 C, 785 C, and 810 C and E 7018 filler electrodes with a diameter of 3.2 mm. The results of the study were obtained, namely, that the normalizing process caused a decrease in the grain boundary value of the microstructure in the ST 42 carbon steel material compared to the material before undergoing the normalizing process. In the base metal area, the material without normalizing treatment has a grain boundary value of 0.0067 mm, and the material after undergoing the normalizing process has a grain boundary value of 0.0133 mm. Enlarged grains result in a decrease in the hardness value of the material. From the results of the Rockwell hardness test, it can be seen that the hardness value of the ST 42 steel material without heat treatment has a higher hardness value in the base metal area than the material that has gone through the normalizing process in that the material without treatment has an average hardness value of 75.22 HRB and 75.33 HRB. In the tensile test on the specimen by welding the 2.6 electrode, the highest stress value was obtained in the normalizing treatment at 810°C of 41.40 N/mm<sup>2</sup> with a strain of 13.75%, and at the 3.2 electrode welding, the stress value and the greatest strain in the normalizing treatment at 760°C are 50 N/mm<sup>2</sup> with a strain value of 20%.*

**Keywords:** *Normalizing, SMAW welding, mechanical properties, ST 42 steel, and micro structure*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia-Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“PENGARUH VARIASI TEMPERATUR *NORMALIZING* TERHADAP PERUBAHAN BUTIR STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT MEKANIK PADA MATERIAL BAJA ST 42 ELEKTRODA E7018”**. Penulis sangat menyadari bahwa keberhasilan dalam penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Melalui kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu dalam proses penyelesaian tugas akhir ini antara lain:

- 1 Bapak Ir. Ichlas Wahid., MT, Selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk selalu sabar membimbing saya dalam penulisan Proposal Tugas Akhir ini.
- 2 Bapak, Edi Santoso, ST., MT, Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
- 3 Bapak dan Ibu dosen mata kuliah Program Studi Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya yang memberikan wawasan
- 4 Para orang tua dan keluarga yang selalu berdoa dan memberikan dukungan moral dan materi serta nasehat agar selalu bersemangat dan pantang menyerah. Terimakasih atas motivasi dan kasih sayang yang selalu diberikan demi kesuksesan saya.
- 5 Mas Yoseph dan seluruh pihak yang belum disebutkan yang memberikan dukungan bagi saya.

Surabaya, 5 Januari 2023

Yoga Pratama



## DAFTAR ISI

Lembar Judul Tugas Akhir.....	i
Lembar Judul Tugas Akhir dengan Pernyataan Gelar.....	ii
Lembar Pengesahan Tugas Akhir .....	iii
Lembar Pernyataan Keaslian Tugas Akhir.....	iv
Lembar Pernyataan Persetujuan Publikasi .....	v
Lembar Persembahan dan Kata Mutiara .....	vi
Kata Pengantar .....	vii
Abstrak .....	viii
Abstract .....	ix
Daftar Isi.....	x
Daftar Gambar.....	xii
Daftar Tabel .....	xiii

### **BAB I PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

2.1 Definisi Pengelasan.....	5
2.1.1 Shielded Metal Arc Welding (SMAW).....	5
2.1.2 Sikap/Posisi Pada Proses Pengelasan .....	6
2.1.3 Sumber Panas Las .....	7
2.1.4 Kodefikasi Elektroda.....	8
2.1.5 Struktur Mikro Las .....	8
2.2 Baja Karbon .....	9
2.2.1 Normalizing.....	12
2.2.2 Metode Pemanasan dan Pendinginan .....	13
2.2.3 Holding Time (Waktu Penahanan).....	14
2.3 Material .....	14
2.4 Uji Tarik.....	14

2.4.1 Kekuatan Tarik.....	17
2.4.2 Kekuatan Luluh (Yield Strength).....	18
2.5 Uji Kekerasan (Hardness Test) .....	18
2.5.1 Pengujian Kekerasan Rockwell.....	19
2.6 Metalography Test.....	21
2.6.1 Mikrofafi (Micrography).....	22
2.6.2 Etsa.....	22
2.6.3 Macam-macam Cairan Etsa .....	23

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1 Gambar Diagram Alir (Flow Chart).....	25
3.1.1 Variabel Penelitian .....	26
3.2 Tahapan Proses Pengerjaan.....	26
3.3.1 Studi Literatur .....	26
3.3.2 Persiapan Material dan Alat .....	26
3.3.3 Proses Perlakuan Panas .....	32
3.3.4 Proses Pengelasan .....	34
3.3 Uji Tarik (Tensile Test).....	36
3.4 Uji Kekerasan Rockwell.....	36
3.5 Uji Struktur Mikro (Metalography Test).....	38

### **BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

4.1 Hardness Test (Uji Kekerasan) .....	41
4.2 Tensile Test (Uji Tarik).....	47
4.3 Metalography Test (Uji Metalografi) .....	80
4.3.1 Perhitungan Besar Butir Pada Hasil Struktur Mikro .....	80

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan .....	91
5.2 Saran.....	91

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>93</b>
-----------------------------	-----------

<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>94</b>
----------------------	-----------

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 Proses Pengelasan .....	6
Gambar 2-2 Sikap/Posisi Pengelasan 1G .....	6
Gambar 2-3 Sikap/Posisi Pengelasan 2G\ .....	7
Gambar 2-4 Sikap/Posisi Pengelasan 3G .....	7
Gambar 2-5 Sikap/Posisi Pengelasan 4G.....	8
Gambar 2-6 Diagram Fasa Fe <sub>3</sub> -C .....	11
Gambar 2-7 Interval Temperatur Normalizing Pada Baja Karbon (Thomas Ruglic, Hinderliter Heat Treating, Inc.).....	14
Gambar 2-8 Diagram Normalizing .....	14
Gambar 2-9 Tegangan-Regangan teknik (Wiryosumarto, 2000).....	18
Gambar 2-10 Prinsip Kerja Rockwell .....	23
Gambar 2-11 Keterangan Tabel Skala Uji Kekerasan Rockwell .....	24
Gambar 3-1 Gambar Diagram Alir (Flowchart).....	25
Gambar 3-2 Material Baja Karbon ST 42 .....	26
Gambar 3-3 Dimensi Material Las .....	27
Gambar 3-4 Sudut Groove 60° .....	27
Gambar 3-5 Mesin Las.....	28
Gambar 3-6 Elektroda E7018.....	28
Gambar 3-7 Mistar Siku dan Jangka Sorong.....	29
Gambar 3-8 Gerinda Tangan.....	29
Gambar 3-9 Palu .....	30
Gambar 3-10 Sikat Baja .....	30
Gambar 3-11 Sarung Tangan dan Pelindung Wajah.....	31
Gambar 3-12 Tungku Pemanas .....	31
Gambar 3-13 Diagram Pemanasan Benda Kerja Variasi Suhu 760°C Holding Time 15 Menit .....	32
Gambar 3-14 Diagram Pemanasan Benda Kerja Variasi Suhu 785°C Holding Time 15 Menit .....	33
Gambar 3-15 Diagram Pemanasan Benda Kerja Variasi Suhu 810°C Holding Time 15 Menit .....	33
Gambar 3-16 Pembuatan Tack Weld .....	34
Gambar 3-17 Alur Capping.....	35
Gambar 3-18 Alat Uji Kekerasan Rockwell di Laboraturium Untag Surabaya .....	37
Gambar 3-19 Proses Pengambilan Data Uji Kekerasan Rockwell.....	37
Gambar 3-20 Titik pengambilan data pada uji kekerasan .....	30
Gambar 3-21 Alat Uji Mikro pada Laboratorium Material UMSIDA .....	30

Gambar 3-22 Alat dan Bahan untuk Proses Etsa .....	39
Gambar 4-1 Titik Indentasi .....	41
Gambar 4-2 Material Uji Kekerasan .....	41
Gambar 4-3 Dimensi ukuran spesimen uji tarik (JIS Z2201) .....	47
Gambar 4-1 Titik Indentasi .....	41
Gambar 4-2 Material Uji Kekerasan .....	41
Gambar 4-3 Dimensi ukuran spesimen uji tarik (JIS Z2201) .....	47
Gambar 4-4 Grafik Hasil pengujian tarik Raw Material .....	49
Gambar 4-5 Titik Pengambilan Sampel Foto Mikro .....	80
Gambar 4-6 Foto sampel struktur mikro pada baja ST 42 tanpa perlakuan dengan pengelasan elektroda 2,6 .....	82
Gambar 4-7 Foto sampel struktur mikro pada baja ST 42 Normalizing 760°C Holding Time 15 menit dengan pengelasan elektroda 2,6 .....	84
Gambar 4-8 Foto sampel struktur mikro pada baja ST 42 Normalizing 785°C Holding Time 15 menit dengan pengelasan elektroda 3,2 .....	86
Gambar 4-9 Foto sampel struktur mikro pada baja ST 42 Normalizing 810° Holding Time 15 mnit dengan pengelasan elektroda 3,2 .....	88

## DAFTAR TABEL

Tabel 1 Skala Uji Kekerasan Rockwell.....	20
Tabel 2 Cairan Etsa .....	24
Tabel 3 Nilai Hasil Uji Kekerasan Rockwell Pada Pengelasan Elektroda Ø 2,6.....	42
Tabel 4 Diagram Nilai Rata-rata Kekerasan pada pengelasan elektroda Ø 2,6 .....	43
Tabel 5 Nilai Hasil Uji Kekerasan Rockwell Pada Pengelasan Elektroda Ø 3,2.....	44
Tabel 6 Diagram Nilai Rata-rata Kekerasan pada pengelasan elektroda Ø 3,2 .....	45
Tabel 7 Diagram Nilai Kekerasan Rata-rata dari pengelasan elektroda Ø 2,6 dan Ø 3,2.....	46
Tabel 9 Data Uji Tarik Spesimen <i>Raw Material</i> .....	47
Tabel 10 Grain Size Number (Ukuran Butir) ASTM E-112.....	81
Tabel 11 Grain Size Number (Ukuran Butir) ASTM E-112.....	83