

# **TUGAS AKHIR**

**ANALISIS PENGARUH PWHT TERHADAP SIFAT  
MEKANIK HASIL PENGELASAN SMAW PADA BAJA  
ST41 DENGAN VARIASI TEMPERATURE DAN WAKTU  
TAHAN MELALUI UJI IMPACT DAN METALOGRAFI**



**Disusun Oleh :**

**NUNGKI DWI PUTRA**  
**NBI : 1421700054**

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

**2021**

## **TUGAS AKHIR**

# **ANALISIS PENGARUH *PWHT* TERHADAP SIFAT MEKANIK HASIL PENGELASAN SMAW PADA BAJA ST41 DENGAN VARIASI TEMPERATURE DAN WAKTU TAHAN MELALUI UJI IMPACT DAN METALOGRAFI**



Disusun oleh:  
**NUNGKI DWI PUTRA**  
1421700054

**PROGAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA  
2021**

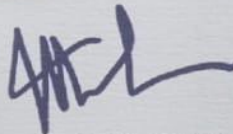
**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

---

**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR**

NAMA : NUNGKI DWI PUTRA  
NBI : 1421700054  
PROGRAM STUDI : TEKNIK MESIN  
FAKULTAS : TEKNIK  
JUDUL : ANALISIS PENGARUH *PWHT* TERHADAP SIFAT MEKANIK HASIL PENGELASAN *SMAW* PADA BAJA ST41 DENGAN VARIASI TEMPERATURE DAN WAKTU TAHAN MELALUI UJI IMPACT DAN METALOGRAFI

Mengetahui / Menyetujui  
Dosen Pembimbing

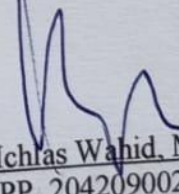


Maula Nafi, S.T.,M.T.  
NPP. 20420160717

Dekan  
Fakultas Teknik



Ketua Program Studi  
Teknik Mesin



Ir. Ichlas Wahid, M.T.  
NPP. 20420900207

## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir dengan Judul:  
**ANALISIS PENGARUH PWHT TERHADAP SIFAT MEKANIK HASIL  
PENGELASAN SMAW PADA BAJA ST41 DENGAN VARIASI  
TEMPERATURE DAN WAKTU TAHAN MELALUI UJI IMPACT DAN  
METALOGRAFI**

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.



## **LEMBAR PERSEMBAHAN**

Saya ucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT. Segala puji & puji syukur atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan
2. Teristimewa kepada orang tua saya yang telah memberikan semangat, motivasi, doa yang tiada henti sehingga penulisan Tugas Akhir ini bisa terselesaikan.
3. Bapak Ir.Ichlas Wahid,M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin.
4. Bapak Maula Nafi,S.T.,M.T selaku dosen pembimbing yang selalu sabar serta telah banyak meluangkan waktu, tenaga dan pemikirannya untuk membimbing penulis hingga terselesaikannya proposal Tugas Akhir ini.
5. Bapak Ibu Dosen yang telah memberikan banyak ilmu yang dapat membantu penulis sehingga bisa terselesaikannya Tugas Akhir ini
6. Semua teman teman khususnya angkatan 2017 yang banyak membantu mengarahkan dan memberikan masukan.

**“Semakin keras kamu bekerja untuk sesuatu, semakin besar perasaanmu saat mencapainya”**



UNIVERSITAS  
17 AGUSTUS 1945  
SURABAYA

BADAN PERPUSTAKAAN  
Jl. Semolowaru 45 Surabaya  
Tlp. 031 593 1800 (ex.311)  
Email: perpus@untag-sby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nungki Dwi Putra

NBI : 1421700054

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Mesin

Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi/Tesis/Disertasi/Laporan Penelitian/Makalah

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

Analisis Pengaruh *PWHT* Terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan *SMAW* Pada Baja ST41 Dengan Variasi Temperature Dan Waktu Tahan Melalui Uji Impact Dan Metalografi.

Dengan **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (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 nama saya sebagai penulis.

Dibuat di : Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Pada Tanggal : 13 Juli 2021

Yang Menyatakan,



( Nungki Dwi Putra )

## ABSTRAK

### ANALISIS PENGARUH PWHT TERHADAP SIFAT MEKANIK HASIL PENGELASAN SMAW PADA BAJA ST41 DENGAN VARIASI TEMPERATURE DAN WAKTU TAHAN MELALUI UJI IMPACT DAN METALOGRAFI

*Proses pengelasan memunculkan efek pemanasan setempat dengan temperatur tinggi yang menyebabkan logam mengalami ekspansi termal maupun menyusut saat pendinginan. Hal itu menyebabkan terjadinya tegangan sisa yang timbul setelah dilakukan pengelasan. Di perlukan cara untuk menghilangkan tegangan sisa yang timbul dan untuk memperbaiki struktur mikronya yaitu dengan cara PWHT . Tujuan dari penelitian ini adalah (1) Untuk mengetahui pengaruh Post Weld Heat Treatment terhadap ketangguhan pada hasil pengelasan material baja ST41, (2) Mengetahui pengaruh variasi temperature dan holding time Post Weld Heat Treatment terhadap struktur mikro pada hasil pengelasan material baja ST41, (3) Mengetahui pengaruh temperatur dan holding time Post Weld Heat Treatment terhadap ketangguhan pada hasil pengelasan material baja ST41. Dalam penelitian ini digunakan material baja ST41 dengan ketebalan 10 mm. Proses pengelasan menggunakan las SMAW dengan elektroda E7018. Variasi temperature PWHT yang digunakan yaitu 700<sup>0</sup>C, 750<sup>0</sup>C, 800<sup>0</sup>C dengan waktu tahan 45 menit, 70 menit, 95 menit. Selanjutnya dilakukan pengujian impact dan metalografi untuk mengetahui ketangguhan material dan struktur mikro setelah dilakukan proses PWHT. Hasil dari pengujian impact menunjukkan terjadinya peningkatan harga impact pada Baja ST 41 hasil proses pengelasan setelah dilakukan PWHT. Spesimen baja ST 41 tanpa proses PWHT menunjukkan harga impact sebesar 1,316 Joule/mm<sup>2</sup> sedangkan spesimen baja ST.41 dengan variasi temperature dan waktu tahan menunjukkan harga impact tertinggi di dapat dari temperature 800<sup>0</sup>C dengan holding time 95 menit yaitu dengan harga impact sebesar 2,453 Joule/mm<sup>2</sup>. Hal ini dapat diperoleh kesimpulan bahwa proses PWHT dapat meningkatkan ketangguhan material hasil pengelasan. Berdasarkan hasil uji struktur mikro, dengan adanya variasi temperature dan waktu tahan yang digunakan terjadi adanya perubahan ukuran butiran pada daerah logam las. Selain itu terjadi penurunan persentase pada perlit dan kenaikan persentase pada ferit. Dimana ini dapat menurunkan kekerasan dan meningkatkan ketangguhan pada material yang membuat material tersebut memiliki sifat lebih ulet.*

**Kata kunci:** PWHT, SMAW, Annealing, ketangguhan dan ketahanan, impact, struktur mikro.

## ABSTRACT

### ANALYSIS OF THE EFFECT OF PWHT ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF SMAW WELDING ON ST41 STEEL WITH VARIATIONS OF TEMPERATURE AND HOLDING TIME THROUGH IMPACT AND METALLOGRAPHIC TESTS

*The welding process creates a local heating effect with a high temperature that causes the metal to experience thermal expansion and shrinkage when cooling. This causes residual stresses that arise after welding. It is necessary to find a way to eliminate the residual stresses that arise and to improve the microstructure by using PWHT. The aims of this study were (1) to determine the effect of Post Weld Heat Treatment on the toughness of ST41 steel welding results, (2) to determine the effect of variations in temperature and holding time of Post Weld Heat Treatment on the microstructure of ST41 steel welding results, (3 ) Knowing the effect of temperature and holding time of Post Weld Heat Treatment on the toughness of ST41 steel material welding results. In this study used ST41 steel material with a thickness of 10 mm. The welding process uses SMAW welding with E7018 electrodes. PWHT temperature variations used are 700<sup>0</sup>C, 750<sup>0</sup>C, 800<sup>0</sup>C with holding times of 45 minutes, 70 minutes, 95 minutes. Furthermore, impact and metallographic tests were carried out to determine the material's toughness and microstructure after the PWHT process was carried out. The results of the impact test showed an increase in the impact price on ST 41 Steel from the welding process after PWHT was carried out. ST 41 steel specimens without PWHT process showed an impact value of 1,316 Joule/mm<sup>2</sup> while ST.41 steel specimens with variations in temperature and holding time showed the highest impact value obtained from a temperature of 800<sup>0</sup>C with a holding time of 95 minutes with an impact price of 2,453 Joule/mm<sup>2</sup> It can be concluded that the PWHT process can increase the toughness of the welded material. Based on the results of the microstructure test, with variations in temperature and holding time used, there is a change in grain size in the weld metal area. In addition, there is a decrease in the percentage of pearlite and an increase in the percentage of ferrite. Where this can reduce the hardness and increase the toughness of the material which makes the material more ductile.*

**Keywords:** *PWHT, SMAW, Annealing, toughness and resilience, impact, microstructure.*



## KATA PENGANTAR

Segala puja dan puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas limpahan berkat rahmat dan hidayah-Nya dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**Analisis Pengaruh PWHT Terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan SMAW Pada Baja ST41 Dengan Variasi Temperature Dan Waktu Tahan Melalui Uji Impact Dan Metalografi**”. Penelitian ini dibuat untuk memenuhi syarat akademik dalam menyelesaikan Program Strata 1 Sarjana Teknik Mesin di Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini penulis telah menerima banyak dukungan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu, dalam kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan terimakasih yang sebesar besarnya kepada semua pihak yang telah membantu, diantaranya :

1. Teristimewa kepada orang tua saya yang telah memberikan semangat, motivasi, doa yang tiada henti sehingga penulisan Tugas Akhir ini bisa terselesaikan.
2. Bapak Ir.Ichlas Wahid,M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin.
3. Bapak Maula Nafi,S.T.,M.T selaku dosen pembimbing yang selalu sabar serta telah banyak meluangkan waktu, tenaga dan pemikirannya untuk membimbing penulis hingga terselesaikannya proposal Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ibu Dosen yang telah memberikan banyak ilmu yang dapat membantu penulis sehingga bisa terselesaikannya Tugas Akhir ini
5. Semua teman teman khususnya angkatan 2017 yang banyak membantu mengarahkan dan memberikan masukan.

Penulis menyadari didalam penulisan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan dan masih jauh dari kata sempurna karena keterbatasan kemampuan yang penulis miliki. Oleh sebab itu, penulis sangat mengharapkan kepada pembaca untuk memberikan kritik dan saran yang membangun dengan tujuan untuk menyempurnakan penulisan dimasa mendatang. Semoga tulisan ini bisa bermanfaat.

Surabaya, 14 Juni 2021

Penulis

## DAFTAR ISI

|                                  |      |
|----------------------------------|------|
| Halaman Judul.....               | i    |
| Lembar Pengesahan .....          | ii   |
| Pernyataan Keaslian .....        | iii  |
| Lembar Persembahan .....         | iv   |
| Lembar Pernyataan Publikasi..... | v    |
| Abstrak .....                    | vi   |
| Kata Pengantar .....             | viii |
| Daftar Isi.....                  | ix   |
| Daftar Gambar.....               | xi   |
| Daftar Tabel .....               | xiii |

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

|                              |   |
|------------------------------|---|
| 1.1 Latar Belakang.....      | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah.....     | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah .....    | 2 |
| 1.4 Tujuan Masalah .....     | 2 |
| 1.5 Manfaat Penelitian ..... | 2 |

### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

|   |    |
|---|----|
| 2.1 Pengelasan.....                               | 3  |
| 2.1.1 Jenis Jenis Pengelasan.....                 | 3  |
| 2.1.2 Kampuh Pengelasan .....                     | 6  |
| 2.1.3 Posisi Pengelasan .....                     | 7  |
| 2.2 Metalurgi Las .....                           | 7  |
| 2.2.1 Struktur Mikro Dan Sifat Sifat Mekanik..... | 7  |
| 2.2.2 Siklus Termal Daerah Lasan .....            | 9  |
| 2.3 Tegangan Sisa .....                           | 10 |
| 2.3.1 Pengurangan Tegangan Sisa.....              | 11 |
| 2.3.2 Pembebasan Tegangan Sisa.....               | 11 |
| 2.4 Post Weld Heat Treatment .....                | 14 |
| 2.4.1 Proses Post Weld Heat Treatment .....       | 14 |
| 2.5 Diagram Fasa.....                             | 15 |
| 2.6 Material Baja.....                            | 17 |
| 2.6.1 Baja ST41 .....                             | 18 |
| 2.7 Annealing .....                               | 18 |
| 2.8 Pengujian Metalografi.....                    | 19 |
| 2.9 Pengujian Impact.....                         | 22 |

|   |    |
|---|----|
| 2.9.1 Pengujian Impact Metode Charpy..... | 22 |
|---|----|

### **BAB III METEDOLOGI PENELITIAN**

|   |    |
|---|----|
| 3.1 Diagram Alir .....                  | 25 |
| 3.2 Alat Dan Bahan .....                | 26 |
| 3.3 Persiapan Spesimen Uji.....         | 34 |
| 3.4 Proses Pengelasan .....             | 35 |
| 3.5 Post Weld Heat Treatment .....      | 35 |
| 3.6 Pengujian Struktur Mikro.....       | 36 |
| 3.7 Pengujian Impact Metode Charpy..... | 37 |
| 3.8 Matrik Penelitian .....             | 39 |

### **BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN**

|   |    |
|---|----|
| 4.1 Data Hasil Foto Struktur Makro.....                         | 41 |
| 4.1.1 Foto Makro Pada Spesimen.....                             | 41 |
| 4.2 Hasil Pengamatan Struktur Mikro.....                        | 41 |
| 4.3 Pengujian Impact.....                                       | 55 |
| 4.3.1 Hasil Data Dan Perhitungan Pengujian Impact.....          | 56 |
| 4.3.2 Analisis Data Hasil Pengujian Impact.....                 | 59 |
| 4.3.3 Hubungan Antara Hasil Uji Impact Dan Struktur Mikro ..... | 61 |

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

|                      |    |
|----------------------|----|
| 5.1 Kesimpulan ..... | 63 |
| 5.2 Saran.....       | 63 |

|                             |           |
|-----------------------------|-----------|
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b> | <b>65</b> |
|-----------------------------|-----------|

|                      |           |
|----------------------|-----------|
| <b>LAMPIRAN.....</b> | <b>67</b> |
|----------------------|-----------|

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 2.1 Skema Las GMAW .....                                      | 3  |
| Gambar 2.2 Skema Las SMAW .....                                      | 4  |
| Gambar 2.3 Skema Las SAW .....                                       | 4  |
| Gambar 2.4 Skema Las Oksi Asetilen.....                              | 5  |
| Gambar 2.5 Skema Las GTAW .....                                      | 6  |
| Gambar 2.6 Macam Macam Poisis Pengelasan.....                        | 7  |
| Gambar 2.7 Diagram Pendinginan CCT .....                             | 8  |
| Gambar 2.8 Struktur Mikro Dalam Baja Karbon Rendah .....             | 8  |
| Gambar 2.9 Hubungan Antara Transisi Temperature Getas Ulet.....      | 9  |
| Gambar 2.10 Daerah Lasan.....  | 10 |
| Gambar 2.11 Distribusi Tegangan Sisa Pada Sambungan Tumpul Plat..... | 11 |
| Gambar 2.12 Siklus Thermal Post Weld Heat Treatment .....            | 15 |
| Gambar 2.13 Diagram Fasa Fe <sub>3</sub> C .....                     | 16 |
| Gambar 2.14 Diagram Fasa Fe <sub>3</sub> C .....                     | 19 |
| Gambar 2.15 Efek Proses Etsa Permukaan Spesimen .....                | 20 |
| Gambar 2.16 Pantulan Sinar Pada Pengamatan Metalografi.....          | 21 |
| Gambar 2.17 Contoh Penentuan Titik Perhitungan Persentase Fasa.....  | 21 |
| Gambar 2.18 Pengujian Impact.....                                    | 23 |
| Gambar 2.19 Ilustrasi Skematis Pengujian Impact.....                 | 24 |
| Gambar 3.1 Mesin Las Listrik.....                                    | 26 |
| Gambar 3.2 Kacamata Las .....  | 26 |
| Gambar 3.3 Baja ST41 .....   | 27 |
| Gambar 3.4 Sarung Tangan.....  | 27 |
| Gambar 3.5 Elektroda E7018 .....                                     | 28 |
| Gambar 3.6 Amplas.....   | 28 |
| Gambar 3.7 Mesin Gergaji Besi.....                                   | 29 |
| Gambar 3.8 Sikat Kawat Baja .....                                    | 29 |
| Gambar 3.9 Palu Las .....  | 30 |
| Gambar 3.10 Gerinda .....  | 30 |
| Gambar 3.11 Busur .....  | 31 |
| Gambar 3.12 Cairan HNO <sub>3</sub> .....                            | 31 |
| Gambar 3.13 Mesin Grinding Polishing.....                            | 32 |
| Gambar 3.14 Microscope .....   | 32 |
| Gambar 3.15 Alat Uji Impact.....                                     | 33 |
| Gambar 3.16 Furnace .....  | 33 |
| Gambar 3.17 Material Uji Untuk Di Las.....                           | 34 |
| Gambar 3.18 Material Uji Untuk Kampuh.....                           | 34 |

|   |    |
|---|----|
| Gambar 3.19 Material Setelah DiLas .....  | 35 |
| Gambar 3.20 Proses Pemanasan Didalam Furnace .....  | 36 |
| Gambar 3.21 Proses Etsa.....  | 37 |
| Gambar 3.22 Proses Pengujian Struktur Mikro.....  | 37 |
| Gambar 3.23 Dimensi Spesimen Uji Impact Charpy .....                                      | 38 |
| Gambar 3.24 Spesimen Yang Akan Diuji Impact .....   | 39 |
| Gambar 3.25 Proses Pengujian Impact.....  | 39 |
| Gambar 4.1 Hasil Foto Makro Spesimen .....  | 41 |
| Gambar 4.2 Diagram Persentase Perlit Daerah Logam Las Temperature 700 <sup>0</sup> C...52 | 52 |
| Gambar 4.3 Diagram Persentase Perlit Daerah Logam Las Temperature 750 <sup>0</sup> C...53 | 53 |
| Gambar 4.4 Diagram Persentase Perlit Daerah Logam Las Temperature 800 <sup>0</sup> C...53 | 53 |
| Gambar 4.5 Diagram Persentase Perlit Daerah Logam Las .....                               | 54 |
| Gambar 4.6 Diagram Uji Impact 700 <sup>0</sup> C .....                                    | 57 |
| Gambar 4.7 Diagram Uji Impact 750 <sup>0</sup> C .....                                    | 58 |
| Gambar 4.8 Diagram Uji Impact 800 <sup>0</sup> C .....                                    | 58 |
| Gambar 4.9 Diagram Uji Impact.....  | 59 |
| Gambar 4.10 Spesimen Hasil Pengujian Impact .....   | 60 |
| Gambar 4.11 Diagram Persentase Perlit Daerah Logam Las .....                              | 61 |
| Gambar 4.12 Diagram Uji Impact.....   | 61 |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 2.1 Jenis Kampuh Las .....                             | 7  |
| Tabel 2.2 Cara Pembebasan Tegangan.....                      | 13 |
| Tabel 2.3 Komposisi Baja ST.41.....                          | 19 |
| Tabel 3.1 Dimensi Spesimen Uji Impact Charpy ASTM E-23 ..... | 38 |
| Tabel 3.2 Matrik 9 Sampel Penelitian .....                   | 40 |
| Tabel 4.1 Hasil Foto Uji Struktur Mikro .....                | 42 |
| Tabel 4.2 Data Hasil Uji Impact.....                         | 56 |