

# **TUGAS AKHIR**

**ANALISA PENGARUH PWHT TERHADAP SIFAT  
MEKANIK HASIL PENGELOMAN SMAW PADA BAJA ST41  
DENGAN VARIASI TEMPERATUR DAN WAKTU TAHAN  
MELALUI UJI ROCKWELL DAN METALOGRAFI**



**Disusun Oleh :**

**DIMAS RUSENO**

**NBI : 1421700104**

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

**2021**

## **TUGAS AKHIR**

# **ANALISA PENGARUH PWHT TERHADAP SIFAT MEKANIK HASIL PENGELOASAN SMAW PADA BAJA ST41 DENGAN VARIASI TEMPERATUR DAN WAKTU TAHAN MELALUI UJI ROCKWELL DAN METALOGRAFI**



Disusun oleh:  
**DIMAS RUSENO**  
1421700104

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

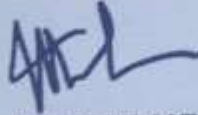
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA

---

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

NAMA : DIMAS RUSENO  
NBI : 1421700104  
PROGRAM STUDI : TEKNIK MESIN  
FAKULTAS : TEKNIK  
JUDUL : ANALISA PENGARUH PWHT TERHADAP SIFAT MEKANNIK PENGELASAN SMAW PADA BAJA ST41 DENGAN VARIASI TEMPERATUR DAN WAKTU TAHAN MELALUI UJI ROCKWELL DAN METALOGRAFI

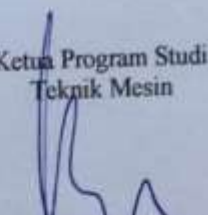
Mengetahui / Menyetujui  
Dosen Pembimbing



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



Ketua Program Studi  
Teknik Mesin



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

## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir dengan Judul:  
**ANALISA PENGARUH PWHT TERHADAP SIFAT MEKANIK HASIL  
PENGELASAN SMAW PADA BAJA ST41 DENGAN VARIASI  
TEMPERATUR DAN WAKTU TAHAN MELALUI UJI ROCKWELL 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.

Surabaya, 13 Juni 2021



Dimas Kuseno

1421700104

## 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.

“DOA USAHA IKTIAR TAWAKAL”





UNIVERSITAS  
17 AGUSTUS 1945  
SURABAYA

BADAN PERPUSTAKAAN

Jl. Semolowaru 45 Surabaya  
Tlp. 031 593 1800 (ex.311)  
Email: perpustakaan@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 : Dimas Ruseno

NBI : 1421700104

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:

**Analisa Pengaruh PWHT Terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan SMAW Pada Baja ST41 Dengan Variasi Temperatur Dan Waktu Tahan Melalui Uji Rockwell 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,



( Dimas Ruseno )

## ABSTRAK

### ANALISA PENGARUH PWHT TERHADAP SIFAT MEKANIK PENGELASAN SMAW PADA BAJA ST41 DENGAN VARIASI TEMPERATUR DAN WAKTU TAHAN MELALUI UJI ROCKWELL DAN METALOGRAFI

*Pada proses pengelasan bisa memunculkan efek pemanasan setempat dengan temperatur tinggi yang menyebabkan material logam mengalami ekspansi termal maupun penyusutan saat pendinginan. Hal ini menyebabkan terjadinya tegangan sisa, perubahan struktur mikro, kekerasan dan ketangguhan yang berbeda beda pada setiap daerah konstruksi. Adapun cara untuk memperbaikinya adalah dengan dilakukan PWHT. Tujuan dari penelitian ini adalah (1) Mengetahui pengaruh variasi temperatur dan holding time Post Weld Heat Treatment terhadap struktur mikro pada hasil pengelasan material baja ST41, (2) Mengetahui pengaruh variasi temperatur dan holding time Post Weld Heat Treatment terhadap kekerasan pada hasil pengelasan material baja ST41, (3) Mengetahui pengaruh Post Weld Heat Treatment terhadap kekerasan 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. Proses perlakuan panas menggunakan perlakuan panas Annealing sebagai media perlakuan panas pada material logam yang telah mengalami proses pengelasan. Pada proses perlakuan panas Annealing ini diberikan variasi temperature 750 °C, 800 °C, 850 °C dan dengan menggunakan variasi holding time 30 menit, 60 menit dan 90 menit. Selanjutnya dilakukan uji rockwell ball 1/16" dan analisa struktur mikro untuk mengetahui tingkat kekerasan material dan struktur mikro setelah dilakukan proses PWHT. Hasil dari uji rockwell ball 1/16" menunjukkan terjadinya penurunan nilai kekerasan pada Baja ST 41 hasil proses pengelasan setelah dilakukan PWHT. Spesimen baja ST 41 tanpa proses PWHT menunjukkan nilai kekerasan pada logam induk 83,7 HR<sub>B</sub>, logam las 84,2 HR<sub>B</sub> dan HAZ 86,7 HR<sub>B</sub> sedangkan spesimen baja ST.41 dengan variasi temperature dan waktu tahan menunjukkan nilai kekerasan terendah di dapat dari temperature 850 °C dengan holding time 90 menit yaitu dengannilai kekerasan pada logam induk 75,2 HR<sub>B</sub>, logam las 78,2 HR<sub>B</sub> dan HAZ 80 HR<sub>B</sub>. Hal ini dapat diperoleh kesimpulan bahwa proses PWHT dapat menurunkan tingkat kekerasan material hasil pengelasan. Berdasarkan hasil uji struktur mikro, dengan adanya variasi temperature dan waktu tahan yang digunakan terjadi adanya perubahan ukuran butiran pada masing masing daerah HAZ, logam las dan logam induk. Selain itu terjadi penurunan persentase pada perlit dan kenaikan persentase pada ferit. Dimana hal ini dapat menurunkan tingkat kekerasan pada material.*

**Kata kunci:** PWHT, SMAW, Annealing, kekerasan dan ketahanan, rockwell, 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 ROCKWELL AND METALLOGRAPHIC TESTS

*The welding process can cause a local heating effect with high temperatures which causes the metal material to experience thermal expansion and shrinkage when cooling. This causes residual stresses, changes in microstructure, hardness and toughness that are different in each construction area. The way to fix it is to do PWHT. The purposes of this study were (1) to determine the effect of temperature variations and holding time of Post Weld Heat Treatment on the microstructure of the welding results of ST41 steel material, (2) to determine the effect of temperature variations and holding time of Post Weld Heat Treatment on the hardness of the welded steel material ST41, (3) Knowing the effect of Post Weld Heat Treatment on the hardness of the 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. The heat treatment process uses annealing heat treatment as a heat treatment medium on metal materials that have undergone a welding process. In the Annealing heat treatment process, the temperature variations are 750 C, 800 C, 850 C and by using variations of holding time 30 minutes, 60 minutes and 90 minutes. Furthermore, the rockwell ball 1/16" test and microstructure analysis were carried out to determine the level of material hardness and microstructure after the PWHT process was carried out. The results of the 1/16" rockwell ball test showed a decrease in the hardness value of ST 41 Steel as a result of the welding process after PWHT was carried out. The ST 41 steel specimen without the PWHT process showed a hardness value of 83.7 HR<sub>B</sub> for the base metal, 84.2 HR<sub>B</sub> for welding metal and 86.7 HR<sub>B</sub> for HAZ, while the ST.41 steel specimen with variations in temperature and time The resistance showed the lowest hardness value obtained from a temperature of 850 C with a holding time of 90 minutes, namely the hardness value of the base metal 75.2 HR<sub>B</sub>, welding metal 78.2 HR<sub>B</sub> and HAZ 80 HR<sub>B</sub>. It can be concluded that the PWHT process can reduce the hardness of the welded material. Based on the results of the microstructure test, with variations in temperature and holding time used, there was a change in grain size in each region of the HAZ, welding metal and parent metal. In addition, there is a decrease in the percentage of pearlite and an increase in the percentage of ferrite. Where this can reduce the level of hardness in the material.*

**Keywords:** *PWHT, SMAW, Annealing, hardness and resilience, rockwell, microstructure*



## KATA PENGANTAR

Puji syukur alhamdulillah penulis ucapkan kepada kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“ANALISA PENGARUH PWHT TERHADAP SIFAT MEKANIK PENGELASAN SMAW PADA BAJA ST41 DENGAN VARIASI TEMPERATUR DAN WAKTU TAHAN MELALUI UJI ROCKWELL DAN METALOGRAFI”** dengan lancar tanpa adanya halangan apapun. Tugas akhir ini merupakan syarat untuk mendapat gelar sarjana teknik strata 1 (S1) di Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.

Penulis adalah manusia biasa yang tentunya tidak lepas dari kesalahan dan lupa. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini tidak lepas dari kesalahan. Untuk itu penulis mohon kepada pembaca yang membaca tugas akhir penulis ini untuk memberikan saran dan masukan yang membangun guna menyempurnakan perbaikan dimasa mendatang. Dalam penulisan awal hingga akhir tugas akhir ini penulis juga tidak luput mengucapkan terimakasih kepada:

1. Orang tua penulis yang tercinta, terimakasih karena beliau telah mendukung penulis, memberikan kasih sayang dan memberikan semangat perjuangan dan membantu finansial penulis hingga terselesaikannya tugas akhir ini. Terimakasih atas doa yang telah dipanjatkan kepada Allah SWT untuk penulis. Saya ucapkan terimakasih yang sangat mendalam untuk beliau. Penulis berharap di masa yang akan datang bisa membalas jasanya.
2. Bapak Maula Nafi, ST.,MT selaku dosen pembimbing yang telah membimbing penulis dan memberikan motivasi dan dorongan semangat untuk segera menyelesaikan tugas akhir ini tepat waktu. Terimakasih atas kesabarannya mencurahkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk membimbing penulis hingga terselesaikannya tugas akhir ini.
3. Bapak/ibu dosen yang telah mengajar penulis. Terimakasih atas ilmu dan pelajaran yang telah di sampaikan kepada penulis.
4. Terimakasih kepada semua rekan dan teman-teman program studi teknik mesin yang telah membantu penulis hingga terselesaikannya tugas akhir ini.

Akhirnya dengan segala keterbatasan yang ada, penulis sudah berusaha sebaik mungkin dalam penyusunan tugas akhir ini. Akhir kata semoga tugas akhir ini bisa menjadi hal yang berguna dan bermanfaat untuk setiap pembaca yang telah membacanya.

Surabaya, 03 Juni 2021

Penulis

## DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Lembar Pengesahan Tugas Akhir.....	ii
Pernyataan Keaslian Tugas Akhir .....	iii
Lembar Persembahan .....	iv
Lembar Pernyataan Persetujuan 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 Penelitian .....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	2

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengelasan.....	3
2.2 Posisi Pengelasan .....	3
2.3 Alur atau kampuh pengelasan .....	4
2.4 Metalurgi Las .....	5
2.4.1 Struktur Mikro dan Sifat Mekanik .....	5
2.4.2 Siklus Temal Daerah Lasan.....	7
2.5 Tegangan Sisa .....	8
2.6 Post Weld Heat Treatment (PWHT) .....	11
2.6.1 Persiapan sebelum melakukan PWHT .....	12
2.6.2 Proses Post Weld Heat Treatment (PWHT) .....	12
2.7 Diagram Fasa Fe <sub>3</sub> C.....	13
2.8 Annealing.....	14
2.9 Pengujian kekerasan.....	15
2.10 Struktur makro dan mikro .....	18
2.10.1 Uji makro .....	18
2.10.2 Uji Mikro.....	19
2.11 Baja Karbon .....	21
2.11.1 Low Carbon Steel.....	21

2.11.2	Medium Carbon Steel.....	21
2.11.3	High Carbon Steel .....	21
2.12	Baja ST 41 .....	21

### BAB III METODELOGI PENELITIAN

3.1	Diagram Alir Penelitian .....	23
3.2	Alat dan Bahan.....	24
3.3	Persiapan Specimen Uji .....	31
3.4	Proses Pengelasan .....	32
3.5	Post Weld Heat Treatment .....	32
3.6	Pengujian Struktur Mikro.....	33
3.7	Pengujian Kekerasan Rockwell .....	34
3.8	Matrik Penelitian.....	35

### BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1	Hasil Foto Struktur Makro .....	37
4.1.1	Foto Makro pada spesimen .....	37
4.2	Hasil Pengamatan Struktur Mikro.....	37
4.2.1	Analisa Data Struktur Mikro .....	48
4.3	Pengujian Kekerasan.....	50
4.4	Analisa Data.....	58
4.4.1	Analisa Data Kekerasan .....	58
4.4.2	Perbandingan Hasil Uji Kekerasan .....	59
4.5	Hubungan Antara Struktur Mikro dan Uji Rockwell.....	61

### BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan .....	63
5.2	Saran .....	63

DAFTAR PUSTAKA .....	65
----------------------	----

LAMPIRAN .....	67
----------------	----

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Las busur dengan elektroda terbungkus .....	3
Gambar 2.2 Posisi pengelasan.....	4
Gambar 2.3 Diagram pendinginan kontinu atau diagram CCT .....	6
Gambar 2.4 Struktur mikro baja karbon rendah.....	7
Gambar 2.5 Penamaan zona dan batas pengaruh panas .....	8
Gambar 2.6 Distribusi tegangan sisa pada sambungan tumpul plat .....	9
Gambar 2.7 Siklus Termal Post Weld Heat Treatment .....	13
Gambar 2.8 Diagram fasa Fe <sub>3</sub> C .....	14
Gambar 2.9 Diagram Annealing .....	15
Gambar 2.10 Penetrasi rockwell .....	16
Gambar 2.11 Alat uji kekerasan rockwell .....	17
Gambar 2.12 Permukaan setelah di etsa.....	19
Gambar 2.13 Ilustrasi cahaya pada foto mikro.....	20
Gambar 2.14 Perhitungan titik pada prosentase fasa.....	20
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian .....	23
Gambar 3.2 Mesin las listrik .....	24
Gambar 3.3 Kacamata las.....	24
Gambar 3.4 Sarung tangan .....	25
Gambar 3.5 Baja ST41 .....	25
Gambar 3.6 Elektroda E7018 .....	26
Gambar 3.7 Amplas berbeagai grade .....	26
Gambar 3.8 Mesin gergaji besi.....	26
Gambar 3.9 Sikat kawat baja.....	27
Gambar 3.10 Palu las .....	27
Gambar 3.11 Gerinda .....	27
Gambar 3.12 Penggaris busur .....	28
Gambar 3.13 Mesin gerinding polishing .....	28
Gambar 3.14 Microscope .....	29
Gambar 3.15 Cairan HN03.....	29
Gambar 3.16 Furnace .....	29
Gambar 3.17 Mesin rockwell .....	30
Gambar 3.18 Bentuk kampuh las .....	31
Gambar 3.19 Material setelah proses pengelasan.....	31
Gambar 3.20 Proses pemanasan di dalam furnace .....	32
Gambar 3.21 Proses etsa .....	33
Gambar 3.22 Proses foto mikrostruktur .....	33
Gambar 3.23 Spesimen .....	34

Gambar 3.24 Uji rockwell.....	34
Gambar 4.1 Hasil Foto makro .....	36
Gambar 4.2 Grafik prosentase perlit .....	47
Gambar 4.3 Perbandingan prosentase perli pada HAZ.....	49
Gambar 4.4 Perbandigan prodsentase perlit pada weld metal.....	49
Gambar 4.5 Perbandingan prosentase perlit pada base metal .....	50
Gambar 4.6 Grafik uji Rockwell .....	57
Gambar 4.7 Grafik uji rockwell daerah HAZ.....	58
Gambar 4.8 Grafik uji rockwell daerah weld metal .....	58
Gambar 4.9 Grafik uji rockwell daerah base metal .....	59
Gambar 4.10 Grafik prosentase perlit pada struktur mikro .....	60
Gambar 4.11 Grafik kekerasan pada uji rockwell .....	60

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis alur dan jenis lasan .....	5
Tabel 2.2 Cara pembebasan tegangan sisa .....	9
Tabel 2.3 Skala uji rockwell.....	17
Tabel 2.4 Komposisi baja ST41 .....	21
Tabel 3.1 Variasi temperatur dan holding time .....	35
Tabel 4.1 Struktur mikro .....	37
Tabel 4.2 Nilai kekerasan uji rockwell ball B 1/16".....	50
Tabel 4.3 Rata - rata hasil pengujian kekerasan rockwell HRB .....	56