

TUGAS AKHIR

**ANALISA PENGARUH *PWHT* PADA BAJA ST 41 PADA
PROSES LAKU PANAS DENGAN VARIASI
TEMPERATUR PEMANASAN DAN *HOLDING TIME*
TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO**



Disusun Oleh :

MOCH. RIDHO NUR IKSAN

NBI : 1421800011

BANI SOFWANSYAH

NBI : 1421800035

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

2022

TUGAS AKHIR

ANALISA PENGARUH *PWHT* PADA BAJA ST 41 PADA PROSES LAKU PANAS DENGAN VARIASI TEMPERATUR PEMANASAN DAN *HOLDING TIME* TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO



Disusun oleh:

MOCH. RIDHO NUR IKSAN

1421800011

BANI SOFWANSYAH

1421800035

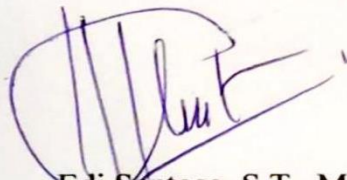
**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA
2022**

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

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

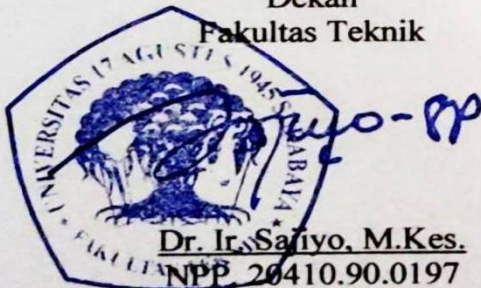
NAMA : MOCH. RIDHO NUR IKSAN
NBI : 1421800011
PROGRAM STUDI : TEKNIK MESIN
FAKULTAS : TEKNIK
JUDUL : ANALISA PENGARUH *PWHT* PADA BAJA ST 41
PADA PROSES LAKU PANAS DENGAN VARIASI
TEMPERATUR PEMANASAN DAN *HOLDING*
TIME TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN
STRUKTUR MIKRO

Mengetahui / Menyetujui
Dosen Pembimbing



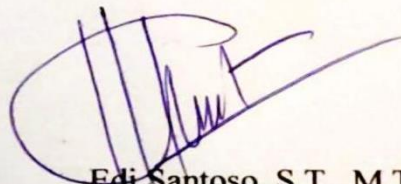
Edi Santoso, S.T., M.T.
NPP. 20420.96.0485

Dekan
Fakultas Teknik



Dr. Ir. Safyo, M.Kes.
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 :
ANALISA PENGARUH *PWHT* PADA BAJA ST 41 PADA PROSES LAKU PANAS DENGAN VARIASI TEMPERATUR PEMANASAN DAN *HOLDING TIME* TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO

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, 01 Juli 2022



Moch. Ridho Nur Iksan
1421800011



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 : MOCH. RIDHO NUR IKSAN
NBI/NPM : 1421800011
Fakultas : TEKNIK
Program Studi : TEKNIK MESIN
Jenis Karya : 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 Noneksklusif (Nonexclusive Royalty-Free Right)**, atas karya saya yang berjudul:

ANALISA PENGARUH PWHT PADA BAJA ST 41 PADA PROSES LAKU PANAS DENGAN VARIASI TEMPERATUR PEMANASAN DAN HOLDING TIME TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO

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

Dibuat di : UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA
Pada tanggal : 01 JULI 2022

Yang Menyatakan,



(Moch. Ridho Nur Iksan)

*Coret yang tidak perlu

LEMBAR PERSEMBAHAN DAN KATA MUTIARA

Dengan rasa syukur atas terselesainya Tugas Akhir ini, saya mengucapkan terimakasih kepada Orang Tua saya yang telah memberikan semangat, motivasi, dan doa yang tiada henti sehingga penulisan Tugas Akhir ini bisa terselesaikan, Bapak Edi Santoso, ST.,MT selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin sekaligus dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu, tenaga dan fikiran untuk membimbing saya selama penulisan Tugas Akhir hingga proses penelitian yang saya lakukan dapat berjalan dengan baik, Bapak Ibu Dosen yang telah memberikan banyak ilmu serta banyak terimakasih pada rekan rekan grup *whatapps* “PO. Rumah Belajar Yanuar” yang sudah meluangkan waktu untuk berdiskusi bersama, saling support dan saling membantu dalam penulisan Tugas Akhir.

**“ SEMESTA TIDAK AKAN MENGHADIRKAN KISAH INDAH
TANPA ADANYA PERJUANGAN ”**

ABSTRAK

ANALISA PENGARUH PWHT PADA BAJA ST 41 PADA PROSES LAKU PANAS DENGAN VARIASI TEMPERATUR PEMANASAN DAN *HOLDING TIME* TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO

Pengelasan banyak dipakai dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi bangunan, kendaraan, mesin dan pekerjaan teknik lainnya. Disamping kegunaannya yang sangat luas proses pengelasan juga menimbulkan pengaruh pada material, yaitu munculnya tegangan sisa akibat efek panas dan laju pendinginan yang tidak merata. Tegangan sisa dapat mempengaruhi sifat mekanik suatu material. Salah satu cara untuk membebaskan tegangan sisa adalah dengan cara *Post Weld Heat Treatment*.

Dalam penelitian ini menggunakan las *SMAW* dengan posisi pengelasan 1G. *PWHT* menggunakan metode *normalizing* dengan variasi temperatur yang digunakan adalah 900°C, 925°C, 950°C dan waktu tahan 10,20,30 menit. Pengujian yang dilakukan menggunakan uji impact charpy, uji kekerasan rockwell C dan uji struktur mikro.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, variasi temperatur dan *holding time PWHT* dapat mempengaruhi sifat mekanik dan struktur mikro baja ST 41. Hasil uji impact menunjukkan sampel *PWHT* temperatur 925°C *holding time* 10 menit memiliki harga impact tertinggi dari beberapa sampel variasi pengujian lainnya, yaitu sebesar 3,53 j/mm² lebih tangguh dan ulet dari sampel tanpa *PWHT* 2,19 j/mm². Sedangkan pada uji kekerasan memiliki nilai sebaliknya, sampel tanpa *PWHT* memiliki nilai kekerasan tertinggi dari beberapa sampel variasi pengujian lainnya, yaitu sebesar 53,17 HRC sehingga sifatnya keras namun getas. Pada uji struktur mikro menunjukkan bahwa semakin lama waktu tahan disetiap variasi temperatur akan cenderung menaikkan persentase fasa perlit, sedangkan dengan waktu tahan lebih pendek akan cenderung menaikkan persentase fasa ferit. Dimana semakin tinggi persentase fasa perlit, material akan bersifat keras namun getas sedangkan semakin tinggi persentase fasa ferit material akan bersifat tangguh dan ulet.

Kata kunci: Baja ST 41, Impact Charpy, Las *SMAW*, *Normalizing*, *PWHT*, Rockwell C, Struktur Mikro.

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE EFFECT OF PWHT ON ST 41 STEEL ON HEAT WORKING PROCESS WITH VARIATION OF HEATING TEMPERATURE AND HOLDING TIME ON MECHANICAL PROPERTIES AND MICROSTRUCTURE

Welding is widely used in the implementation of building construction work, vehicles, machinery and other engineering work. Besides its very wide use, the welding process also has an effect on the material, namely the emergence of residual stress due to the effects of heat and uneven cooling rates. Residual stress can affect the mechanical properties of a material. One way to free the residual stress is by means of Post Weld Heat Treatment.

In this study using SMAW welding with a welding position of 1G. PWHT using normalizing method with temperature variations used are 900°C, 925°C, 950°C and holding time 10,20,30 minutes. The tests were carried out using the Charpy impact test, the Rockwell C hardness test and the microstructure test.

From the results of research that has been carried out, variations in temperature and holding time of PWHT can affect the mechanical properties and microstructure of ST 41 steel. The impact test results show that the PWHT sample at 925°C holding time 10 minutes has the highest impact value from several samples of other test variations, which is 3.53 j/mm² which is tougher and more ductile than the sample without PWHT 2.19 j/mm². While the hardness test has the opposite value, the sample without PWHT has the highest hardness value from several samples of other test variations, which is 53.17 HRC so that it is hard but brittle. The microstructure test shows that the longer holding time at each temperature variation will tend to increase the percentage of pearlite phase, while with a shorter holding time will tend to increase the percentage of ferrite phase. Where the higher the percentage of the pearlite phase, the material will be hard but brittle, while the higher the percentage of the ferrite phase the material will be tough and ductile.

Keywords: *ST 41 Steel, Impact Charpy, SMAW Welding, Normalizing, PWHT, Rockwell C, Microstructure.*

KATA PENGANTAR

Segala puja dan puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**Analisa Pengaruh PWHT Pada Baja ST 41 Pada Proses Laku Panas Dengan Variasi Temperatur Pemanasan Dan Holding Time Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro**”. Penulisan Tugas Akhir ini dibuat sebagai syarat akademik dalam menyelesaikan Program Strata Satu (S-1) Sarjana Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.

Penulis banyak mendapat dukungan dan motivasi dari berbagai pihak dalam penulisan Tugas Akhir ini, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu dalam kesempatan kali ini dengan segala hormat dan kerendahan hati, penulis menyampaikan terimakasih yang sebesar besarnya kepada semua pihak yang telah membantu :

1. Orang tua saya yang telah memberikan semangat dan doa sehingga penulisan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Bapak Edi Santoso, ST.,MT selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin sekaligus dosen pembimbing yang telah sabar dan banyak meluangkan waktu, tenaga serta pikiran untuk membimbing dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
3. Bapak Ibu Dosen yang telah memberikan banyak ilmu yang bermanfaat bagi penulis.
4. Teman teman Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya khususnya angkatan 2018 yang telah meluangkan waktu untuk berdiskusi bersama sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini masih banyak terdapat kekurangan, oleh sebab itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Surabaya, 1 Juli 2022



Moch. Ridho Nur Iksan
1421800011

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Lembar Pengesahan Tugas Akhir	ii
Pernyataan Keaslian Tugas Akhir	iii
lembar Persembahan dan Kata Mutiara	iv
Abstrak	vi
<i>Abstract</i>	vii
Kata Pengantar	viii
Daftar Isi.....	ix
Daftar Gambar.....	xi
Daftar Tabel	xiii

BAB 1 PENDAHULUAN

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

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengelasan.....	5
2.1.1 Jenis – Jenis Pengelasan.....	5
2.1.2 Las Busur Elektroda Terbungkus (<i>Shielded Metal Arc Welding/SMAW</i>) ..	6
2.1.3 Jenis Sambungan Pengelasan	6
2.1.4 Kampuh Pengelasan	7
2.1.5 Posisi Pengelasan	8
2.2 Metalurgi Las	8
2.3 Tegangan Sisa	10
2.3.1 Penyebab Terjadinya Tegangan Sisa.....	11
2.3.2 Sifat-Sifat Tegangan Sisa	11
2.3.3 Pengurangan Dan Pembebasan Tegangan Sisa	12
2.4 Perlakuan Panas Pada Pengelasan.....	14
2.5 Diagram Fasa	16
2.6 Material Baja.....	17
2.6.1 Baja ST 41.....	18
2.7 Pengujian Impact.....	18
2.8 Uji Kekerasan Rockwell.....	19
2.9 Pengujian Metalografi	20

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Rangkuman Diagram Alir	26
3.2 Diagram Alir Penelitian	27
3.3 Penjelasan Diagram Alir	28
3.4 Matrik Penelitian.....	34
3.5 Alat dan Bahan.....	34

BAB 4 ANALISA DATA

4.1 Pengujian Impact.....	40
4.1.1 Perhitungan Data Uji Impact.....	41
4.1.2 Analisa Hasil Data Uji Impact.....	51
4.2 Pengujian Kekerasan Rockwell.....	52
4.2.1 Analisa Hasil Data Uji Kekerasan Rockwell C.....	54
4.3 Pengujian Struktur Mikro.....	54
4.3.1 Perhitungan Persentase Fasa Struktur Mikro	55
4.3.2 Analisa Hasil Data Uji Struktur Mikro.....	62

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	64
5.2 Saran.....	64

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

LAMPIRAN.....	66
----------------------	-----------

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Las SMAW (Sumber: Hery Sonawan 2006)	6
Gambar 2.2 Berbagai Jenis Sambungan Las (Sumber: Hery Sonawan 2006)	7
Gambar 2.3 Contoh Aturan Kampuh Las Single V (Sumber: Hery Sonawan 2006).....	7
Gambar 2.4 Jenis Posisi Pengelasan (Sumber: Heri Sunaryo 2008).....	8
Gambar 2.5 Daerah Lasan (Sumber: Hery Sonawan 2006)	8
Gambar 2.6 Siklus Termal Las (Sumber: Harsono Wiryosumarto 2000).....	9
Gambar 2.7 Diagram CCT (Sumber: Musaikin 2002)	10
Gambar 2.8 Kondisi Tegangan Sisa Selama Pemanasan (Sumber: Hery Sonawan 2006)	11
Gambar 2.9 Kondisi Tegangan Sisa (Sumber: Hery Sonawan 2006)	11
Gambar 2.10 Diagram Fe-C Temperature Normalizing (Sumber: Materi Matakuliah Perlakuan Panas dan Permukaan)	15
Gambar 2.11 Siklus Laju Pendinginan Normalizing (Sumber: Materi Matakuliah Perlakuan Panas dan Permukaan)	16
Gambar 2.12 Diagram Fasa Fe ₃ C (Sumber: Materi Matakuliah Perlakuan Panas dan Permukaan)	16
Gambar 2.13 Komposisi Kimia Baja ST 41 (Sumber: PT. Sutindo).....	18
Gambar 2.14 Skema Uji Impact Metode Charpy (Sumber: www.detech.co.id).....	19
Gambar 2.15 Skema Pembebanan Uji Kekerasan Rockwell (Sumber: Imroatus Sholikhah 2014)	20
Gambar 2.16 Skala Uji Kekerasan Rockwell (Sumber: Imroatus Sholikhah 2014)	20
Gambar 2.17 Jenis Larutan Etsa dan Pemakaiannya (Sumber: Vuko AT Manurung 2020)	22
Gambar 2.18 Skema Pengamatan Uji Struktur Mikro (Sumber: Vuko AT Manurung 2020)	23
Gambar 2.19 Penentuan Titik Perhitungan Fasa (Sumber: Tio Gefien 2017)	23
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	27
Gambar 3.2 Baja ST 41	28
Gambar 3.3 Proses Pembuatan Kampuh V	29
Gambar 3.4 Proses Pengelasan SMAW	29
Gambar 3.5 Pematangan Spesimen Uji	30
Gambar 3.6 Proses PWHT Normalizing	31
Gambar 3.7 Proses Uji Impact	32
Gambar 3.8 Proses Uji Kekerasan Rockwell C.....	32
Gambar 3.9 Proses Uji Struktur Mikro	33
Gambar 3.10 Material Baja ST 41	34
Gambar 3.11 Mesin Las SMAW.....	35
Gambar 3.12 Elektroda E7018.....	35

Gambar 3.13 Mesin Frais	35
Gambar 3.14 Mesin Gergaji	36
Gambar 3.15 Kertas Gosok (Amplas)	36
Gambar 3.16 Kertas Gosok (Amplas)	36
Gambar 3.17 Alat Mikroskop Optik	37
Gambar 3.18 Alat Uji Impact	37
Gambar 3.19 Alat Uji Kekerasan	37
Gambar 3.20 Tungku atau Furnace	38
Gambar 4.1 Grafik Harga Impact.....	51
Gambar 4.2 Grafik Nilai Kekerasan Rockwell C.....	53
Gambar 4.3 Grafik Persentase Fasa Perlit.....	61
Gambar 4.4 Grafik Persentase Fasa Ferit.....	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Cara Pengurangan atau Pembebasan Tegangan Sisa	12
Tabel 3.1 Jumlah Total Spesimen Pengujian	34
Tabel 4.1 Tabel Pengambilan Data Uji Impact	40
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Data Uji Impact	50
Tabel 4.3 Hasil Data Uji Kekerasan Rockwell C.....	52
Tabel 4.4 Foto Pengamatan Struktur Mikro.....	55
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Persentase Fasa.....	61