

# **TUGAS AKHIR**

**ANALISIS PENGARUH *PWHT* TERHADAP KEKERASAN  
DAN KEKUATAN IMPAK PADA HASIL PENGELASAN  
SMAW PADA PIPA BAJA KARBON ASTM A106 DENGAN  
VARIASI MEDIA PENDINGIN DAN WAKTU TAHAN**



**Disusun Oleh :**

**YOGA RIZKY PRATAMA SETYATMOKO**

**NBI : 1421800138**

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

**2023**

# TUGAS AKHIR

**ANALISIS PENGARUH *PWHT* TERHADAP KEKERASAN  
DAN KEKUATAN IMPAK PADA HASIL PENGELASAN  
SMAW PADA PIPA BAJA KARBON ASTM A106 DENGAN  
VARIASI MEDIA PENDINGIN DAN WAKTU TAHAN**



**Disusun Oleh :**

**YOGA RIZKY PRATAMA SETYATMOKO**

**NBI : 1421800138**

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

**2023**

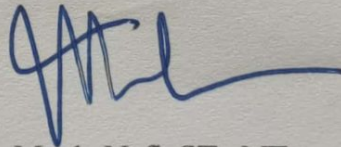
**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

---

**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR**

NAMA : YOGA RIZKY P.S.  
NBI : 1421800138  
PROGRAM STUDI : TEKNIK MESIN  
FAKULTAS : TEKNIK  
JUDUL : ANALISIS PENGARUH PWHT  
TERHADAP KEKERASAN DAN  
KEKUATAN IMPAK PADA HASIL  
PENGELASAN SMAW PADA PIPA  
BAJA KARBON ASTM A106 DENGAN  
VARIASI MEDIA PEDINGIN DAN  
WAKTU TAHAN

Mengetahui / Menyetujui  
Dosen Pembimbing



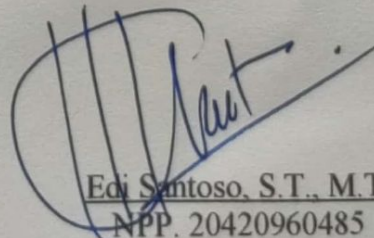
Maula Nafi, ST., MT  
NPP. 20420160717

Dekan  
Fakultas Teknik



Dr. Ir. Sajiyo, M. Kes., IPU., ASEAN ENG.  
NPP. 20410900197

Ketua Program Studi  
Teknik Mesin



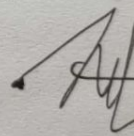
Edi Santoso, S.T., M.T.  
NPP. 20420960485

## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir dengan Judul:  
**ANALISIS PENGARUH PWHT TERHADAP KEKERASAN DAN KEKUATAN IMPAK PADA HASIL PENGELASAN SMAW PADA PIPA BAJA KARBON ASTM A106 DENGAN VARIASI MEDIA PEDINGIN DAN WAKTU TAHAN**

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, 18 Juni 2023



Yoga Rizky P.S.  
1421800138





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 Rizky Pratama Setyatmoko  
NBI/ NPM : 1421800138  
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:

### ANALYSIS PENGARUH PWHT TERHADAP KEKERASAN DAN KEKUATAN IMPAK PADA HASIL PENGELASAN SMAW PADA PIPA BAJA KARBON ASTM A106 DENGAN VARIASI MEDIA PENDINGIN DAN WAKTU TAHAN

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 : 18 Juni 2023

Yang Menyatakan,

(Yoga Rizky Pratama)



## LEMBAR PERSEMBAHAN

Saya ucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Kepada Allah SWT atas segala puji dan syukur atas segala rahmat rizqi dan hidayahnya sehingga proposal Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
2. Yang sangat teristimewah kepada orang tua dan segenap keluarga saya yang telah memberikan semangat dan doa yang tiada henti sehingga penulisan proposal Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
3. Bapak Edi Santoso. S,T.,M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
4. Bapak Maul Nafi, ST.,M.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk selalu sabar membimbing saya dalam penulisan Proposal Tugas Akhir ini.
5. Bapak/Ibu Dosen mata kuliah di prodi Teknik Mesin UNTAG Surabaya yang telah banyak memberikan ilmu dan wawasannya semoga kelak di dunia kerja akan berguna bagi saya.
6. Banyak terima kasih kepada semua kawan seperjuangan Teknik Mesin Angkatan 2018 yang banyak membantu mengarahkan dan selalu memberi masukan dan semangat selama saya menempuh jejang Strata 1 di Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya ini.

## ABSTRAK

### MENGANALISIS PENGARUH PWHT TERHADAP KEKERASAN DAN KEKUATAN IMPAK PADA HASIL PENGELASAN SMAW PADA PIPA BAJA KARBON ASTM A106 DENGAN VARIASI MEDIA PEDINGIN DAN WAKTU TAHAN

PWHT (Post Weld Heat Treatment) adalah: laju pemanasan, waktu penahanan, laju pendinginan. Fungsi PWHT selain menghilangkan tegangan sisa, juga memperbaiki butir-butir kristal suatu material dan ketangguhan pada sambungan pengelasan penelitian lebih lanjut pengaruh variasi media pendingin dan waktu tahan PWHT terutama pada kekuatan impak dan kekerasan pada pipa baja karbon ASTM A106 hasil pengelasan SMAW, Material yang akan diuji pada penelitian ini adalah material pipa baja karbon ASTM A106 dengan diameter 6" dan tebal 8 mm. Proses pengelasan menggunakan las SMAW (Shield Metal Arc Welding) dengan elektroda E7016 menggunakan posisi pengelasan 6G. Dalam Penelitian ini menggunakan variasi arus 100 A dan kampuh V 60°. Selanjutnya Penelitian ini menggunakan PWHT Normalizing yang bertujuan untuk menghilangkan tegangan sisa yang terbentuk akibat proses pengelasan. Material akan mengalami perubahan struktur dan grain size akibat dari pemanasan dan pendinginan. Struktur yang tidak homogen ini menyimpan tegangan sisa yang membuat material tersebut memiliki sifat yang lebih keras sehingga ketangguhannya rendah. Selanjutnya dilakukan pengujian kekerasan Rockwell skala C dengan indenter kerucut intan 120° untuk mengetahui sifat kekerasan dan Selanjutnya dilakukan pengujian impak metode Charpy untuk mengetahui sifat ketangguhan pada pipa baja karbon ASTM A106 hasil pengelasan SMAW. Dari hasil uji kekerasan dimana rata-rata nilai tertinggi di dapat oleh material dengan variasi media pendingin Coolant 20 Menit karena memiliki nilai kekerasan 55,5 HRC di Base Metal, 56,52 HRC pada HAZ, 54,75 pada Weld Metal dan variasi media pendingin oli 60 menit memiliki nilai rata-rata kekerasan terendah yaitu 43 HRC pada titik Base Metal dan HAZ, 43,5 HRC pada titik Weld Metal dan dari hasil pengujian impak Hasil pengelasan SMAW perlakuan panas PWHT dengan variasi media pendingin dan waktu tahan, semakin lama waktu tahan spesimen di dalam tungku akan menaikkan harga impak. Dimana semakin rendah harga impak maka akan menaikkan sifat ketangguhan material tersebut. Variasi media pendingin Coolant 20 menit memiliki harga impak terendah yaitu 0,021 j/mm<sup>2</sup> dan variasi media pendingin Udara 20 menit memiliki harga impak tertinggi yaitu 0,284 j/mm<sup>2</sup> Dapat di simpulkan bahwa adanya perlakuan panas PWHT dengan variasi media pendingin Udara, Coolant dan Oli, semakin cepat waktu tahan spesimen di dalam tungku maka semakin tangguh material tersebut, sebaliknya semakin lama waktu tahan spesimen di dalam tungku akan menurunkan sifat ketangguhan material pada pipa baja ASTM A106.

**Kata kunci :** Ketangguhan, Pipa Baja karbon ASTM A106, PWHT (Post Weld Heat Treatment), Sifat Kekerasan, Variasi Media Pendingin dan Waktu Tahan

## ABSTRACT

### *ANALYZING THE EFFECT OF PWHT ON HARDNESS AND IMPACT STRENGTH ON SMAW WELDING RESULTS ON ASTM A106 CARBON STEEL PIPE WITH VARIATION OF COOLING MEDIA AND HOLDING TIME*

PWHT (Post Weld Heat Treatment) are: heating rate, holding time, cooling rate. The function of PWHT apart from eliminating residual stresses, also improves the crystalline grains of a material and toughness in welding joints. Tested in this study were ASTM A106 carbon steel pipe materials with a diameter of 6" and a thickness of 8 mm. The welding process uses SMAW (Shield Metal Arc Welding) welding with E7016 electrodes using the 6G welding position. In this study using a current variation of 100 A and a 60° V seam. Furthermore, this research uses PWHT Normalizing which aims to eliminate the residual stress that is formed due to the welding process. The material will experience changes in structure and grain size as a result of heating and cooling. This inhomogeneous structure stores residual stress which makes the material have harder properties so that the toughness is low. Furthermore, the Rockwell hardness test was carried out on the C scale with a 120° diamond cone indenter to determine the hardness properties. Furthermore, the Charpy method impact test was carried out to determine the toughness properties of ASTM A106 carbon steel pipes as a result of SMAW welding. From the results of the hardness test where the highest average value was obtained by the material with the Coolant 20 Minute variety of cooling media because it has a hardness value of 55.5 HRC in Base Metal, 56.52 HRC in HAZ, 54.75 in Weld Metal and variations in cooling media 60 minutes of oil has the lowest average hardness value of 43 HRC at the Base Metal and HAZ points, 43.5 HRC at the Weld Metal point and from the impact test results. SMAW welding results PWHT heat treatment with variations in cooling media and holding time, the longer the time holding the specimen in the furnace will increase the impact price. Where the lower the impact price, the toughness of the material will increase. The Coolant 20 minute variation of cooling media has the lowest impact price of 0.021 j/mm<sup>2</sup> and the 20 minute Air cooling media variation has the highest impact price of 0.284 j/mm<sup>2</sup> It can be concluded that the PWHT heat treatment with variations of Air, Coolant and Oil cooling media, the more the faster the holding time of the specimen in the furnace, the tougher the material is, conversely, the longer the holding time of the specimen in the furnace will reduce the toughness of the material in ASTM A106 steel pipes.

**Keywords:** Toughness, Carbon Steel Pipe ASTM A106, PWHT (Post Weld Heat Treatment), Hardness Properties, Variation of Cooling Media and Hold Time



## KATA PENGANTAR

Segala puja dan syukur atas segala rahmat dan hidayahnya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Menganalisis Pengaruh Pwht Terhadap Kekerasan dan Kekuatan Impak Pada Hasil Pengelasan Smaw Pada Pipa Baja Karbon Astm A106 Dengan Variasi Media Pendingin Dan Waktu Tahan sinter”. Penelitian ini dibuat sebagai salah satu 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. Yang sangat teristimewah kepada orang tua dan segenap keluarga saya yang telah memberikan semangat dan doa yang tiada henti sehingga penulisan proposal Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
2. Bapak Edi Santoso. S,E.,M.T. Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
3. Bapak Maula nafi, ST.,M.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk selalu sabar membimbing saya dalam penulisan Proposal Tugas Akhir ini.
4. Bapak/Ibu Dosen mata kuliah di prodi Teknik Mesin UNTAG Surabaya yang telah banyak memberikan ilmu dan wawasannya
5. Banyak terima kasih kepada semua kawan seperjuangan Teknik Mesin Angkatan 2018 yang banyak membantu mengarahkan dan selalu memberi masukan dan semangat selama saya menempuh jejang Strata 1 di Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya ini.

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, 18 Juni 2023

Penulis

## DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Lembar Pengesahan .....	ii
Lembar Pernyataan.....	iii
Lembar Persembahan .....	iv
Abstrak .....	v
Kata Pengantar .....	vii
Daftar Isi.....	viii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
2.1 Pengelasan SMAW .....	4
2.1.1 Kampuh pengelasan.....	5
2.1.2 Posisi Pengelasan.....	5
2.2 Perlakuan panas pada pengelasan.....	6
2.2.1 PWHT (Post Weld Treatment).....	7
2.3 Metalurgi las.....	7
2.3.1 Struktur mikro .....	11
2.3.2 Daerah lasan .....	12
2.3.3 Ketangguhan logam las .....	13
2.4 Proses terjadinya tegangan sisa .....	14
2.4.1 Pengurangan dan pembebasan tegangan sisa .....	15
2.5 Material baja.....	16
2.5.1 Pipa Seamless .....	17
2.6 Pengujian impak Uji impak metode Charpy .....	18
2.7 Pengujian kekerasan Rockwell.....	19
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>23</b>
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	23
3.2 Perencanaan penelitian .....	24
3.2.1 Bahan dan alat .....	24
3.2.2 Persiapan material pipa baja <i>ASTM A</i> .....	25
3.2.3 Pemotongan Spesimen.....	28

3.3.3 Pengelasan Spesimen.....	28
3.3.4 Proses PWHT (Post Weld Heat Treatment).....	28
3.3.5 Pengujian dan pengambilan data.....	28
3.3.6 Analisa data.....	29
3.3.7 Kesimpulan.....	29
<b>BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>31</b>
4.1 Data Hasil Pengujian Kekerasan Rockwell.....	31
4.1.1 Analisa Perhitungan Data Hasil Pengujian Kekerasan Rockwell.....	35
4.2 Hasil Perhitungan Energi Impak.....	36
4.2.1 Menghitung Harga Impak.....	37
4.2.2 Analisa Perhitungan Data Hasil Pengujian Impak.....	43
4.3 Hubungan Pengaruh Variasi Temperatur dan Waktu Tahan PWHT Terhadap Hasil Pengujian kekerasan.....	44
<b>BAB V</b>	
<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan.....	47
5.2 Saran.....	47
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>49</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>51</b>

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Ilustrasi pengelasan .....	6
2.2 Pengaruh Kuat Arus Terhadap Bentuk Lelehan Elektroda Pada Proses Las SMAW .....	6
2.3 Macam Macam Kampuh Pada Proses Pengelasan .....	7
2.4 Contoh Bagian Bagian Dari Kampuh .....	7
2.5 Macam Macam Posisi Pengelasan .....	8
2.6 Siklus Thermal PWHT Normlizing .....	9
2.7 Diagram Fe3C Temperatur PWHT 10	10
2.8 Gambar Diagram Fe3C Temperatur Thermal PWHT .....	10
2.9 Diagram CCT (ASTM, 43430) .....	11
2.10 Daerah daerah Lasan Dikat Teknologi Pengelasan ITS Musaikan (2021) .....	12
2.11 Chemical Reurements grade A10 .....	17
2.12 Chemical Reurements grade B53 .....	18
2.13 Bentuk dan ukuran Metode Charpy .....	19
2.14 Arah Pembebanan Metode Charpy .....	19
2.15 Standar Spesimen Uji Impak Metode Charpy JIS .....	20
2.16 Prinsip Uji Rockwel .....	21
2.17 Dial Indikator Pada Mesin Rockwell .....	22
4.1 Diagram Nilai Kekerasan HRC Pada Setiap Daerah (Base Metal) .....	33
4.2 Diagram Nilai Kekerasan HRC Pada Setiap Daerah (HAZ) .....	34
4.3 Diagram Nilai Kekerasan HRC Pada Setiap Daerah (Weld Metall) .....	34
4.4 Diagram Harga impak .....	43
4.5 Diagram Pengaruh PWHT Terhadap Nilai Kekerasan .....	44
4.6 Diagram Pengaruh PWHT Terhadap Hasil Impak .....	45
4.7 Spesimen Hasil Pengujian Kekerasan Dan Impak .....	46

## DAFTAR TABEL

	Halaman
2. 1 Cara-Cara Pembebasan Tegangan Sisa .....	15
2. 2 Chemical Requirements grade ST 37 .....	17
3.1 Alat dan Bahan .....	25
4.1 Hasil Perhitungan Rata-Rata Nilai Kekerasan Pada Tiap Daerah Pengamatan .....	32
4.2 Hasil Perhitungan Energi Impak .....	36
4.3 3 Hasil Perhitungan Energi Impak dan Harga Impak .....	41