

SKRIPSI

**PENGARUH WAKTU PENAHANAN *PWHT* TERHADAP KEKERASAN
BRINELL DAN KOROSI SAMBUNGAN *BUTT- JOINT* PENGELASAN
TIG PADA BAJA KARBON RENDAH**



Disusun oleh :

Mario Ricardo Jehalu

NIM : 210015034

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL YOGYAKARTA

2020

HALAMAN PERSETUJUAN

SKRIPSI

**PENGARUH WAKTU PENAHANAN *PWHT* TERHADAP KEKERASAN
BRINELL DAN KOROSI PADA *BUTT- JOINT* PENGELASAN *TIG* PADA
BAJA KARBON RENDAH**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Mesin Pada Program Studi Teknik Mesin S-1 Institut Teknologi Nasional

Yogyakarta

Oleh:

Nama : Mario Ricardo Jehalu

No. Mhs : 210015034

Program Studi : Teknik Mesin S1



Yogyakarta, 24 Agustus 2020

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Wartono, M.Eng.

NIP : 196211151994031001

Joko Pitoyo, ST.

NIK : 19730095

HALAMAN PENGESAHAN

Dipertahankan Di Depan Dewan Penguji Penguji Skripsi Program Studi Teknik Mesin S-1 Institut Teknologi Nasional Yogyakarta dan Disahkan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Tanggal : 26-08-2020

Pukul : 13.00-Selesai

Tempat : Ruang D12

Catur Tunggal, Depok, Sleman

Dewan penguji :

Tanda tangan

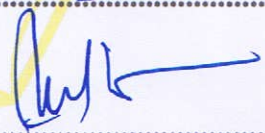
1. **Ir. Wartono, M.Eng.**

Ketua Tim Penguji



2. **Joko Pitoyo, ST.**

Anggota Tim Penguji



3. **Anita Susiana, S.T., M.Eng**

Anggota Tim Penguji



Mengetahui :

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknologi Industri

Ketua Prodi Teknik Mesin S-1



Dr. Daru Sugati, S.T., M.T.



Ir. Wartono, M.Eng

NIK : 19730125

NIP : 196211151994031001



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

YOGYAKARTA

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Jl. BabarsariCaturtunggal, Depok, Sleman Yogyakarta 55281 - Telp. (0274) 485390, 486986 – Fax. (0274) 487249

SOAL TUGAS AKHIR

No : 35/ITNY/Prodi. TM-S1/TGA/X/2019

Nama Mahasiswa : Mario Ricardo Jehalu

Nomor Mahasiswa : 210015034

Soal : Lakukan penelitian dengan judul :

“Pengaruh Waktu Penahanan *PWHT* Terhadap
Kekerasan *Brinell* Dan Korosi Sambungan *Butt-
Joint* Pengelasan *TIG* Pada Baja Karbon”

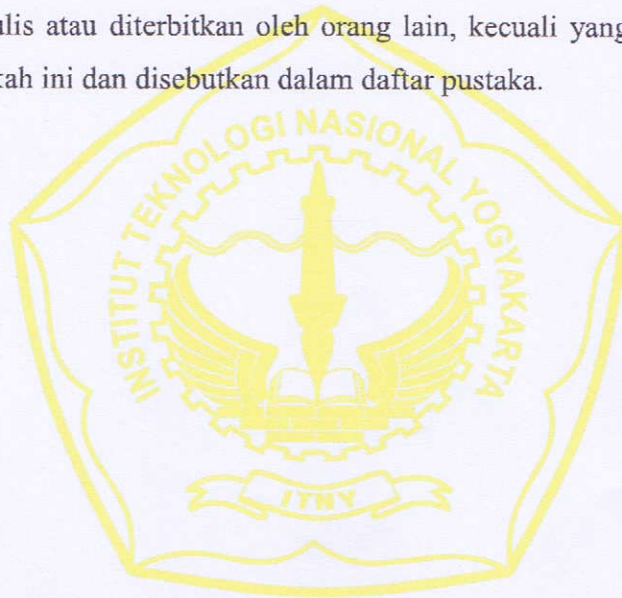
Yogyakarta, 07 Oktober 2019

Dosen Pembimbing I

Ir. Wartono, M.Eng.


HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.



Yogyakarta, 24 Agustus 2020




Mario Ricardo Jehalu
NIM : 210015034

HALAMAN MOTTO

**“Dan Bergembiralah Karena Tuhan; Maka ia Akan Memberikan Kepadamu
Apa Yang diinginkan Hatimu”**

Mazmur 37:4

**Pendidikan Tidak Menjamin Suatu Pekerjaan Tetapi Mendekatkan Mu
Dengan Suatu Pekerjaan.**

(Mario R.j)

**“Sistem pendidikan yang bijaksana setidaknya akan mengajarkan kita
betapa sedikitnya yang belum diketahui oleh manusia seberapa banyak yang
masih harus ia pelajari”**

(Sir John Lubbock)

”

(Thomas Alva Edison)

**“Hidup itu seperti mengendarai sepeda. Buat tetap seimbang, kamu harus
terus bergerak”**

(Albert Einstein)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa dan dengan kerendahan hati serta rasa bangga kupersembahkan Skripsi ini kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan berkat dan karunia kepada saya.
2. Bapak saya Marselinus Jehalu, dan Mama saya Bernadeta Nggelo. Mereka kedua orang tua saya yang selalu mendoakan saya dan tidak lupa dengan nasihat-nasihat yang mereka berikan.
3. Kedua orang Kakak saya yang selalu mendukung saya dalam menjalani perkuliahan saya Dan Adik Saya
4. Jantung Hati Beta Irene Anjela Mugar yang selalu mendukung saya
5. Bapak-Ibu Dosen Program Studi Teknik Mesin ITNY.
6. Teman-teman saya yang sudah banyak membantu, Markus Yawalka, Iksan Tiahudin, Bonisius, Terlebih Konco Saya Kaks Novi yang selalu sebagai pendengar setia via WA, teman-teman Denokan Squad Mulyadi, Petrus, Berry,Ula,Reihan, dan semuanya yang telah membantu dan mendo'akan, yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.
7. Kepada semua orang yang berada disekeliling saya yang tidak bisa saya tuliskan satu per satu, saya berterima kasih atas kebaikan dan bantuan kalian.

KATA PENGANTAR

Segala pujian bagi Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan berkat yang tak terkira sehingga penyusun dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Pengaruh Waktu Penahanan *PWHT* Terhadap Kekersan *Brinell* dan Korosi Sambungan *Butt Joint* Pengelasan *TIG* Pada Baja Karbon Rendah”.

Penyusunan Skripsi ini digunakan untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh Gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Mesin S-1 Institut Teknologi Nasional Yogyakarta (ITNY).

Dalam penyusunan Skripsi ini tidak lepas dari bimbingan dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penyusun dalam kesempatan ini mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberi saya keberhasilan dalam setiap langkah serta mengabulkan setiap doa saya.
2. Kedua orang tua yang telah membiayai, memberikan semangat, serta doa tiada henti.
3. Bapak Dr. Ir. H. Ircham, M.T., selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.
4. Bapak Ir. Wartono, M.Eng., selaku Ka. Prodi Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.
5. Bapak Ir. Wartono, M.Eng., selaku dosen pembimbing I.
6. Bapak Joko Pitoyo, S.T., selaku dosen pembimbing II.
7. Semua Dosen Program Studi Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Yogyakarta yang telah banyak memberikan ilmunya kepada saya.
8. Bapak-Ibu Dosen dan Staf Asisten Perpustakaan ITNY.
9. Teman-teman seangkatan di Prodi Teknik Mesin yang tidak mungkin disebutkan satu persatu.
10. Dan semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir I ini yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.

Penyusun menyadari bahwa Skripsi yang telah terselesaikan ini masih jauh dari kata sempurna, untuk itu penyusun mengharapkan kritik dan saran semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat lebih disempurnakan lagi dikemudian hari.

Semoga laporan ini dapat dijadikan tambahan referensi bagi rekan-rekan mahasiswa Teknik Mesin dan bagi yang memerlukan pada umumnya.

Yogyakarta, 24 Agustus 2020

Penyusun

Mario Ricardo Jehalu
NIM : 210015034

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN SOAL	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN MOTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR SINGKATAN	xvii
ABSTRAK	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Manfaat Penelitian	4
1.5. Tujuan Penelitian	4
1.6. Sistematika penulisan	4
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1. Tinjauan Pustaka.....	6
2.2 .Teori Dasar Baja Karbon.....	8
2.2.1. Unsur-Unsur Yang Berpengaruh Pada Baja Karbon	10
2.2.2. <i>Weldability</i> Baja Karbon Rendah	14
2.3. Teori Dasar Pengelasan <i>TIG</i>	15
2.3.1. Defenisi Cara Pengelasan Cair	16
2.3.2. Prinsip Kerja Las <i>TIG</i> atau <i>GTAW</i>	20
2.3.3. Peralatan Las <i>Tungsten Inert Gas (TIG)</i>	21

2.3.4. Elektroda <i>Tungsten</i>	25
2.3.5. Kecepatan Pengelasan (<i>Travel speed</i>).....	28
2.3.6. Jenis Sambungan Las	29
2.3.7. Tegangan	37
2.3.8. Arus	38
2.3.9. Ukuran Kawat (<i>filler</i>).....	42
2.3.10. Gas Argon Gas Lindung (<i>inert gas</i>).....	42
2.4. <i>Heat Treatment</i>	43
2.4.1. Macam-macam proses <i>Heat Treatment</i>	44
2.5. Korosi	52
2.5.1. Pengertian Korosi.....	52
2.5.2. Penyebab korosi.....	53
2.5.3. Mekanisme Korosi Logam	54
2.5.4. Polarisasi Korosi	55
2.5.4.1. Polarisasi Aktivasi.....	57
2.5.4.2. Polarisasi Konsentrasi	57
2.5.5. Jenis-Jenis Korosi Menurut Bentuknya	59
2.5.5.1. Korosi Seragam (<i>Uniform Corrosion</i>)	59
2.5.5.2. Korosi Sumur (<i>Pitting corrosion</i>).....	59
2.5.5.3. Korosi Erosi (<i>Errosion Corrosion</i>).....	59
2.5.5.4. Korosi Tegangan (<i>Stress corrosion</i>)	60
2.5.5.5. Korosi Celah (<i>Crevice corrosion</i>).....	60
2.5.5.6. Korosi Mikrobiologi.....	61
2.5.5.7. Korosi Lelah (<i>Fatigue Corrosion</i>)	61
2.5.5.8. Korosi Interdendritik (<i>Intergranular corrosion</i>)	61
2.5.6. Pencegahan Korosi	62
2.6. Pengujian Bahan	65
2.6.1. Pengujian Komposisi	65
2.6.2. Pengujian Struktur Mikro.....	65
2.6.3. Pengujian Kekerasan.....	68
2.6.3.1. Metode Kekerasan <i>Brinell</i>	69

2.6.3.2. Metode Kekerasan <i>Vickers</i>	70
2.6.3.3. Metode Kekerasan <i>Rockwell</i>	71
2.6.3.4. Metode <i>Skeleroskop Shore</i> Pengukuran Kekerasan	72
2.6.4. Pengujian Korosi.....	72
2.7. Hipotesis.....	73
BAB III METODE PENELITIAN	74
3.1. Diagram Alir Penelitian.....	74
3.2. Metode Pengelasan Spesimen.....	75
3.3. Pembuatan Spesimen Uji.....	79
3.3.1. Jumlah Spesimen	79
3.3.2. Pengujian Spesimen	80
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Uji Komposisi	86
4.2 Penglihatan Visual Material	87
4.3 Hasil Foto Struktur Mikro	88
4.3.1 Struktur Mikro <i>Raw Materials</i>	89
4.3.2 Struktur Mikro Daerah Las.....	90
4.3.3 Struktur Mikro Logam Induk	92
4.3.4 Struktur Mikro <i>HAZ</i>	94
4.4 Analisis Hasil Pengujian Kekerasan	96
4.5 Analisis Hasil Pengujian Korosi.....	106
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	110
5.2 Saran	111
DAFTAR PUSTAKA	112
LAMPIRAN	114

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Struktur mikro baja karbon	9
Gambar 2.2. Proses Pengelasan <i>Tig</i>	16
Gambar 2.3. Skema Las <i>TIG</i>	18
Gambar 2.4. Mesin Las <i>AC/DC Arc</i>	22
Gambar 2.5. Tabung gas lindung <i>Arc</i>	22
Gambar 2.6. Regulator gas lindung <i>Arc Welding</i>	23
Gambar 2.7. <i>Flowmeter</i> untuk mengukur tekanan aliran.....	23
Gambar 2.8. Selang gas penghubungan dari tabung gas	23
Gambar 2.9. Kabel elektroda dan selang menghantar arus.....	24
Gambar 2.10. Stang las (<i>Welding torch</i>).....	24
Gambar 2.11. Kawat las (<i>filler</i>).....	25
Gambar 2.12. Moncong (<i>nozzle</i>) tempat keluarnya gas.....	25
Gambar 2.13. Elektroda <i>tungsten</i>	28
Gambar 2.14. Kecepatan las penetrasi dan lebar lajur las	29
Gambar 2.15. Jenis-jenis sambungan dasar pada pengelasan	30
Gambar 2.16. Jenis-jenis sambungan las	31
Gambar 2.17. Kampuh sambungan tumpang	32
Gambar 2.18. Posisi pengelasan.....	33
Gambar 2.19. Daerah lasan	35
Gambar 2.20. Pengaruh arus listrik sambungan las.....	41
Gambar 2.21. Diagram fasa Fe-Fe ₃ C.....	48
Gambar 2.22. <i>Isothermal Transformation Diagram</i>	50
Gambar 2.23. <i>Continuous Cooling Transformation Diagram</i>	51
Gambar 2.24. Reduksi <i>hydrogen</i>	57
Gambar 2.25. Konsentrasi Polarisasi dalam reduksi <i>hydrogen</i>	58
Gambar 2.26. Alur korosi erosi pada pipa	59
Gambar 2.27. Mekanisme Korosi SCC.....	60
Gambar 2.28. Mekanisme Korosi Celah.....	61
Gambar 2.29. Pengamatan batas butir permukaan logam dipoles dan dietsa ..	66

Gambar 2.30. Skema mikroskop optik	67
Gambar 2.31. Susunan skematik sistem mikroskop	68
Gambar 2.32. Cara pengujian kekerasan <i>brinell</i>	70
Gambar 2.33. Cara pengujian kekerasan <i>vickers</i>	71
Gambar 2.34. Cara pengujian kekerasan <i>rockwell</i>	72
Gambar 3.1. Diagram alir.....	75
Gambar 3.2. Proses pemotongan bahan	77
Gambar 3.3. Desain kampuh	77
Gambar 3.4. <i>Weld-Tag</i> pada spesimen	78
Gambar 3.5. Proses pengelasan pada spesimen	79
Gambar 3.6. Spesimen yang telah dilas	79
Gambar 3.7. Spesimen Uji <i>Brinell</i>	79
Gambar 3.8. Dimensi spesimen uji korosi	80
Gambar 3.9. Alat uji komposisi.....	82
Gambar 3.10. <i>Weld metal</i> yang akan diuji struktur mikro	82
Gambar 3.11. Alat uji struktur mikro	83
Gambar 3.12. <i>Macro brinell hardness tester</i>	84
Gambar 3.13. Timbangan elektrik digital	85
Gambar 4.1 Persiapan sebelum dan setelah plat dilas.....	87
Gambar 4.2 Gambar spesimen uji brinell	88
Gambar 4.3 Gambar spesimen korosi.....	88
Gambar 4.4 Foto struktur mikro <i>raw materials</i> (perbesaran 100 x).....	89
Gambar 4.5 Foto struktur mikro daerah las non <i>pwht</i> (perbesaran 100 x)	89
Gambar 4.6 Struktur mikro daerah las dengan <i>holding time</i> 80 menit (perbesaran 100 x).....	90
Gambar 4.7 Struktur mikro daerah las dengan <i>holding time</i> 110 menit (perbesaran 100 x).....	91
Gambar 4.8 Struktur mikro daerah las dengan <i>holding time</i> 140 menit (perbesaran 100 x).....	91
Gambar 4.9 Struktur mikro logam induk non <i>pwht</i> (perbesaran 100 x)	92

Gambar 4.10. Struktur mikro logam induk <i>holding time</i> 80 menit (perbesaran 100 x).....	92
Gambar 4.11. Struktur mikro logam induk <i>holding time</i> 110 menit (perbesaran 100 x).....	93
Gambar 4.12. Struktur mikro logam induk <i>holding time</i> 140 menit (perbesaran 100 x).....	93
Gambar 4.13. Daerah <i>haz</i> waktu penahanan 80 menit (perbesaran 100 x).....	94
Gambar 4.14. Daerah <i>haz</i> waktu penahanan 110 menit (perbesaran 100 x)....	95
Gambar 4.15. Daerah <i>haz</i> waktu penahanan 140 menit (perbesaran 100 x)....	95
Gambar 4.16. Spesimen uji kekerasan <i>brinell</i>	97
Gambar 4.17. Grafik kekerasan <i>brinnell non-heat treatment</i>	99
Gambar 4.18. Grafik kekerasan <i>brinnell holding time</i> 80 menit.....	100
Gambar 4.19 Grafik kekerasan <i>brinnell holding time</i> 110 menit.....	102
Gambar 4.20. Hasil uji kekerasan <i>brinell holding time</i> 140 menit.....	103
Gambar 4.21. Kekerasan <i>brinnell holding time n-pwht</i> , pw_80.80, pw_800.110, pw_800. 140 menit.....	104
Gambar 4.22. Diagram kekerasan <i>brinnell holding time</i> 140 menit grafik kekerasan <i>brinnell holding time n-pwht</i> , pw_800.80, pw_800.110, pw_800. 140 menit.....	105
Gambar 4.23. Diagram laju korosi baja karbon	108

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Karakteristik dan contoh aplikasi baja karbon	14
Tabel 2.2. Elektroda <i>Tungsten</i>	25
Tabel 2.3. Penggunaan elektroda <i>tungsten</i> untuk mengelas baja karbon..	27
Tabel 2.4. Logam dan jenis arus yang sesuai untuk las <i>TIG</i>	40
Tabel 2.5. Variabel proses pengelasan <i>TIG</i> untuk baja karbon	42
Tabel 3.1. Jumlah spesimen uji	81
Tabel 4.1. Hasil uji komposisi kimia <i>raw material & weld metal</i>	86
Tabel 4.2. Hasil uji kekerasan <i>brinell raw material</i>	98
Tabel 4.3. Hasil uji kekerasan <i>brinell non-heat treatment</i>	98
Tabel 4.4. Hasil uji kekerasan <i>holding time</i> 80 menit	100
Tabel 4.5. Hasil uji kekerasan <i>brinell holding time</i> 110	101
Tabel 4.6. Hasil uji kekerasan <i>brinell holding time</i> 140 menit	103
Tabel 4.7. Hasil uji ketahanan korosi baja karbon	107
Tabel 4.8. Tingkat ketahanan korosi berdasarkan harga mmpy	108

DAFTAR SINGKATAN

<i>TIG</i>	: <i>Tungsten Inert Gas</i>
<i>GMAW</i>	: <i>Gas Metal Arc Welding</i>
<i>MIG</i>	: <i>Metal Inert Gas</i>
<i>DCEP</i>	: <i>(Direct Current Electrode Positive)</i>
<i>GTAW</i>	: <i>Gas Tungsten Arc Welding</i>
<i>DCEN</i>	: <i>Direct Current Electrode Negative</i>
<i>AC</i>	: <i>Alternating Current</i>
<i>DC</i>	: <i>Direct Current</i>
<i>RM</i>	: <i>Raw Material</i>
<i>A</i>	: <i>Arus</i>
<i>G</i>	: <i>umum (General)</i>
<i>W</i>	: <i>Wolfram</i>
<i>E</i>	: <i>Tegangan (Volt)</i>
<i>V</i>	: <i>Kecepatan pengelasan (mm/s)</i>
<i>I</i>	: <i>Arus pengelasan (Ampere)</i>
<i>Fe Ferrous</i>	: <i>Baja</i>
<i>C Carbon</i>	: <i>Karbon</i>
<i>Mn</i>	: <i>Mangan</i>
<i>Si</i>	: <i>Silikon</i>
<i>AISI</i>	: <i>The American Iron & Steel Institue</i>
<i>AWS</i>	: <i>American Welding Society</i>
<i>CO₂</i>	: <i>Karbon dioksida</i>
<i>DIN</i>	: <i>Deutsches Institut for Normung</i>
<i>JSSC</i>	: <i>Japan Society of Steel Contruction</i>
<i>BS</i>	: <i>British Standards</i>
<i>HAZ</i>	: <i>Heat Affective zone</i>
<i>S</i>	: <i>Sulfur</i>
<i>P</i>	: <i>Phosporus</i>

Cr : *Chromium*
Co : *Cobalt*
Nb : *Nobium*
Mo : *Molybdum*
Ni : *Nickel*
Ti : *Titanium*
V : *Vanadium*
Zr : *Zirconium*
Cu : *Copper*
ASTM : *American Standard Testing and Material*
Ta : *Tantalum*
T : *Tungsten*
BCC : *Body Centered Cubic*
FCC : *Face Centered Cubic*
Fe₃C : *Cementite*
SCC : *Stress Corrosion Cracking*
IGSCC : *Intergranular Stress Corrosion Cracking*
HF : *Hidro Flouride*
GBF : *Grain Boundary Ferit*
WF : *Widmansten Ferit*
AF : *Acicular Ferit*