

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PERLAKUAN PANAS PADA PENGELASAN
BAJA TAHAN KARAT AUSTENIT TERHADAP PENGUJIAN
TARIK, STRUKTUR MIKRO DAN KOMPOSISI KIMIA**



Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan Program Studi Strata I
Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Disusun oleh:

Muhammad Khoirul Buwono

D 200 160 210

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2020

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir dengan judul:

**PENGARUH PERLAKUAN PANAS PADA PENGELASAN BAJA
TAHAN KARAT AUSTENIT TERHADAP PENGUJIAN TARIK,
STRUKTUR MIKRO DAN KOMPOSISI KIMIA**

Yang dibuat untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta. Sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan/atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya saya cantumkan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 17 Desember 2020

Penulis



Muhammad Khoirul Buwono

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir berjudul "PENGARUH PERLAKUAN PANAS PADA PENGELASAN BAJA TAHAN KARAT AUSTENIT TERHADAP PENGUJIAN TARIK, STRUKTUR MIKRO DAN KOMPOSISI KIMIA" telah disetujui dan diajukan sebagai syarat menyelesaikan program sarjana (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

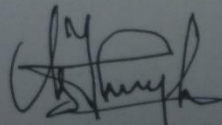
Dipersiapkan oleh :

Nama : Muhammad Khoirul Buwono
NIM : D 200 160 210

Diterima dan disetujui pada :

Hari : Rabu
Tanggal : 9-12-2020

Dosen Pembimbing



Ir. Agus Hariyanto, M.T.

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul "**PENGARUH PERLAKUAN PANAS PADA PENGELASAN BAJA TAHAN KARAT AUSTENIT TERHADAP PENGUJIAN TARIK, STRUKTUR MIKRO DAN KOMPOSISI KIMIA**", telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan telah dinyatakan sah untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh derajat Sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : Muhammad Khoirul Buwono

NIM : D 200 160 210

Disahkan pada :

Hari : Senin

Tanggal : 28 Desember 2020

Tim Penguji :

Ketua : Ir. Agus Hariyanto, M.T.

Anggota 1 : M. Syukron, S.T., M.Eng. Ph.D

Anggota 2 : Agus Yulianto, S.T., M.T.

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Prodi Teknik Mesin



Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D., IPM.

08022021

Ir. Subroto, M.T.



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Jl. A.Yani, Pabelan, Kartasura, Tromol Pos I Telp. (0271) 717417 ext. 222

LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR

Berdasarkan Surat Keputusan Rektor Universitas Muhammadiyah Surakarta Nomor 029/II/2020 tanggal 20 Februari 2020 tentang Pembimbing Tugas Akhir dengan ini :

Nama : Ir. Agus Hariyanto, M.T.
Pangkat/Jabatan : Lektor
Kedudukan : Pembimbing
Memberikan Soal Tugas Akhir kepada mahasiswa:
Nama : Muhammad Khoirul Buwono
Nomor Induk : D200160210
Jurusan/Semester : Teknik Mesin / 9
Judul/Topik : Pengaruh Perlakuan Panas Pada Pengelasan Baja Tahan Karat Austenit Terhadap Pengujian Tarik, Struktur Mikro, dan Komposisi Kimia.

Rincian Soal/Tugas : Meneliti Perubahan Yang Terjadi Pada Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Sebelum Dan Sesudah Dilakukannya Post Weld Heat Treatment Dengan Variasi Suhu 500 °C, 750 °C, dan 1000 °C selama satu jam.

Demikian soal tugas akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 28 Februari 2020

Pembimbing

Ir. Agus Hariyanto, M.T.

Keterangan:

Dibuat rangkap 3 (tiga)

1. Untuk KAJUR (Koordinator TA)
2. Untuk Pembimbing Tugas Akhir
3. Untuk Mahasiswa

MOTTO

Bagilah ilmu dan pengalaman yang didapatkan kepada orang – orang agar mereka dapat mempelajari kegagalan dari pengalaman kita.

PERSEMBAHAN

Penulis mempersembahkan untuk keluarga tercinta.

- Bapak, Ibu, serta Adik – Adik tercinta, yang telah mendoakan dan memberi motivasi kepada penulis agar segera menyelesaikan amanah yang di jalankan. Alhamdulillah amanah untuk studi sarjana telah diselesaikan dan akan berlanjut untuk mengemban amanah yang lainnya yang diridhoi.

PENGARUH PERLAKUAN PANAS PADA PROSES PENGELASAN BAJA TAHAN KARAT AUSTENIT TERHADAP UJI TARIK, STRUKTUR MIKRO DAN KOMPOSISI KIMIA

Abstrak

Semakin berkembangnya teknologi penyambungan logam terdapat masalah yang mana terdapat tegangan sisa yang dihasilkan setelah dilakukannya penyambungan dengan teknologi pengelasan. Penelitian bertujuan untuk mengetahui unsur dasar penyusun dari baja tahan karat austenitik serta mengetahui perbedaan kekuatan tarik dan struktur mikro pada pengelasan baja tahan karat austenitik sebelum dan sesudah dilakukannya *post welding heat treatment*. Menggunakan baja tahan karat austenitik AISI 304H dan pengelasan SMAW dengan elektroda AWS A5.4 E308. Sambungan *butt joint single V* dengan sudut 70°. Post welding heat treatment pada spesimen dengan suhu 500 °C, 750 °C dan 1000°C. Hasil pengujian komposisi kimia diketahui unsur penyusun baja tahan karat austenitik AISI 304H yaitu Fe=70.45%, Cr =18.56%, Ni =8.446% dan Mn =1.615%. Pengujian struktur mikro didapatkan semakin tinggi suhu PWHT maka fasa ferrit semakin melebar pada base metal melebar beraturan, pada daerah HAZ melebar tak beraturan, pada *weld zone* melebar dan tipis. Hasil pengujian tarik sebelum PWHT (625 MPa), PWHT 500 °C (640 MPa), PWHT 750 °C (650 MPa) dan PWHT 1000 °C (590 MPa) yang mana pada PWHT 500 °C dan 750 °C mengalami kenaikan nilai tegangan tarik karena adanya pelepasan tegangan sisa, setelah PWHT 1000 °C nilai tegangan tarik mengalami penurunan disebabkan perubahan struktur mikro pada daerah las.

Kata kunci: Tegangan sisa, Kekuatan tarik, Pengelasan, *Post welding heat treatment*, Komposisi Kimia.

THE EFFECT OF HEAT TREATMENT ON THE WELDING PROCESS OF AUSTENITE STEEL RESISTANT TO PULL TEST, MICRO STRUCTURE AND CHEMICAL COMPOSITION

Abstract

With the development of metal joining technology there is a problem where there is a residual stress that is generated after connection with welding technology. This study aims to determine the basic constituent elements of austenitic stainless steel and to know the differences in tensile strength and microstructure in welding austenitic stainless steels before and after post welding heat treatment. Using austenitic stainless steel AISI 304H and SMAW welding with AWS A5.4 E308 electrodes. Single V butt joint with 70o angle. Post welding heat treatment on specimens with temperatures of 500 °C, 750 °C and 1000 °C. The results of the chemical composition test showed that the constituent elements of the austenitic stainless steel AISI 304H were Fe = 70.45%, Cr = 18.56%, Ni = 8.446% and Mn = 1,615%. The microstructure test found that the higher the PWHT temperature, the wider the ferrite phase on the base metal widened regularly, the HAZ area widened irregularly, the weld zone was widened and thin. Tensile test results before PWHT (625 MPa), PWHT 500 °C (640 MPa), PWHT 750 °C (650 MPa) and PWHT 1000 °C (590 MPa) where the PWHT 500 °C and 750 °C experience an increase in tensile stress values due to discharge residual stress, after PWHT 1000 °C the tensile stress value has decreased due to changes in the microstructure of the weld area.

Keywords: Residual stress, tensile strength, Welding, Post welding heat treatment, Chemical Composition.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillah rabbil 'alamin, penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala berkah, rahmat, dan hidayah-Nya sehingga penyusunan laporan Tugas Akhir dengan judul **“PENGARUH PERLAKUAN PANAS PADA PENGELASAN BAJA TAHAN KARAT AUSTENIT TERHADAP PENGUJIAN TARIK, STRUKTUR MIKRO DAN KOMPOSISI KIMIA”** dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan, bimbingan, dan motivasi dari berbagai pihak maka sangat sulit bagi penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D., IPM. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Bapak Ir. Subroto, M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Bapak Ir. Sunardi Wiyono, M.T., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
4. Bapak Ir. Agus Hariyanto, M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bantuan, bimbingan dan, arahan tanpa pamrih.
5. Bapak Nurmuntaha Agung Nugraha, S.T., Pg. Dip., selaku Dosen Pembimbing Akademik atas segala bimbingan dan nasihat yang telah diberikan selama ada di bangku kuliah.
6. Jajaran staf dan dosen Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, atas segala ilmu yang diberikan selama penulis menempuh studi perkuliahan.

7. Teman-teman Prodi Teknik Mesin Angkatan 2016 yang tidak bisa saya sebut satu persatu.
8. Teman kelas F terutama Tim “Sukses Kuliah” yang sudah menemani perjalanan kuliah selama 4 tahun ini.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas semua bantuan dan dukungan yang telah diberikan selama pengerjaan Tugas Akhir ini.

Semoga Allah SWT juga memberikan kelancaran dan kemudahan atas segala urusan kepada mereka semua. Aamiin.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Untuk itu, penulis memohon maaf serta mengharapkan segala kritik dan saran yang bersifat membangun agar tercipta tulisan yang lebih baik. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Wassalamu’alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Surakarta, 17 Desember 2020

Muhammad Khoirul Buwono

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
LEMBAR SOALTUGAS AKHIR.....	v
LEMBAR MOTTO.....	vi
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penrlitian.....	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Kajian Pustaka	4
2.2 Landasan Teori	5
2.2.1 Baja.....	5
2.2.2 Pengelasan	13
2.2.3 <i>Post Weld Heat Treatment</i>	23
2.2.4 Pengujian Komposisi Kimia.....	25
2.2.5 Pengujian Tarik Menurut Standard ASTM E8	27
2.2.6 Foto Struktur Mikro Menurut Standard E407	31
BAB III METODELOGI PENELITIAN	34
1.1 Diagram Alir	34
1.2 Tempat Pengerjaan	35
1.3 Alat dan Bahan.....	35
1.3.1 Alat Las.....	35
1.3.2 Elektroda	36
1.3.3 <i>Furnace</i>	37
1.3.4 Mikroskop	37
1.3.5 Alat Pengujian Tarik.....	38
1.3.6 Spektrometer	38
1.3.7 <i>Face Shield</i>	39
1.3.8 Martil Pengelasan.....	39
1.3.9 Baja Tahan Karat Austenit.....	39
1.4 Prosedur Penelitian	40
1.4.1 Uji Komposisi Kimia.....	40
1.4.2 Pengelasan.....	40
1.4.3 <i>Post Weld Heat Treatment</i>	41
1.4.4 Struktur Mikro	42

1.4.5 Pengujian Tarik	43
BAB IV ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1 Komposisi Kimia	45
4.2 Pengujian Tarik	46
4.2.1 Hasil Pengujian Sebelum PWHT	47
4.2.2 Hasil Pengujian PWHT 500 °C	47
4.2.3 Hasil Pengujian PWHT 750 °C	48
4.2.4 Hasil Pengujian PWHT 1000 °C	48
4.3 Struktur Mikro	49
4.3.1 Hasil Foto Mikro Pada Base Metal	49
4.3.2 Hasil Foto Mikro Pada Daerah HAZ	51
4.3.3 Hasil Foto Mikro Pada <i>Weld Zone</i>	53
BAB V KESIMPULAN	57
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran	57
Daftar Pustaka	
Lampiran	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Fasa Fe_3C	7
Gambar 2.2 Diagram Fasa <i>Stainless Steel</i>	11
Gambar 2.3 Diagram CCT Austenitik.....	11
Gambar 2.4 Diagram TTT Austenitik 304.....	12
Gambar 2.5 Proses SMAW	14
Gambar 2.6 Skema Pengelasan SMAW	15
Gambar 2.7 Tipe sambungan pengelasan	16
Gambar 2.8 Macam – Macam Kampuh Pada Pengelasan	17
Gambar 2.9 Standard <i>Groove</i>	17
Gambar 2.10 Simbol Pengelasan	18
Gambar 2.11 <i>Basic Weld Symbol</i>	20
Gambar 2.12 <i>Supplementary Symbol</i>	21
Gambar 2.13 <i>Location Significance of the Arrow</i>	22
Gambar 2.14 Siklus dan parameter <i>Post Welding Heat Treatment</i>	24
Gambar 2.15 Digram Tegangan Regangan Untuk Menentukan Kekuatan Luluh	29
Gambar 2.16 Standard ukuran pengujian Tarik	30
Gambar 2.17 Struktur Mikro Pada Logam Induk <i>Stainless Steel</i> 304 Setelah Pengelasan.....	32

Gambar 2.18 Struktur Mikro Pada Logam Induk Stainless Steel 304 Seletah Dilakukannya Post Welding Heat Treatment Pada Suhu 650 °C selama 30 menit	33
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	34
Gambar 3.2 Mesin SMAW	35
Gambar 3.3 Elektroda SMAW	36
Gambar 3.4 <i>Furnace WiseTherm</i>	37
Gambar 3.5 Alat Foto Mikro	37
Gambar 3.6 Alat Uji Tarik.....	38
Gambar 3.7 Alat Uji Komposisi Kimia	38
Gambar 3.8 Alat <i>safety</i> untuk wajah	39
Gambar 3.9 Martil	39
Gambar 3.10 Skema Pembuatan Groove Sesuai Standard AWS D1.6.	41
Gambar 3.11 Skema Desain Preparasi pengujian Tarik	43
Gambar 4.1 Hasil Pengujian Tarik Non PWHT	47
Gambar 4.2 Hasil Pengujian Tarik PWHT 500°C	47
Gambar 4.3 Hasil Pengujian Tarik PWHT 750°C	48
Gambar 4.4 Hasil Pengujian Tarik PWHT 1000°C	48
Gambar 4.5 Hasil Pengujian Foto Mikro Pada Daerah Base Metal	51
Gambar 4.6 Hasil Pengujian Foto Mikro Pada Daerah HAZ	53
Gambar 4.7 Hasil Pengujian Foto Mikro Pada Daerah Pengelasan	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Tipe Austenitik	9
Tabel 2.2 <i>Properties</i> Pada Tipe Austenitik.....	10
Tabel 2.3 Komposisi Kimia elektroda AWS A 5.4 E308	23
Tabel 2.4 Komposisi Kimia Stainless Steel Austenit	26
Tabel 2.5 komposisi kimia stainless steel Austenit SNI:7840.....	27
Tabel 2.6 Komposisi dan Prosedur Etcha Pada <i>Stainless Steel</i> Austenit	33
Tabel 4.1 Komposisi Kimia Baja Tahan Karat Austenit	45

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

PWHT	= <i>Post Weld Heat Treatment</i>
SMAW	= <i>Shielded Metal Arc Welding</i>
HAZ	= <i>Heat Affected Zone</i>
SNI	= <i>Standard Nasional Indonesia</i>
MMAW	= <i>Manual Metal Arc Welding</i>
GMAW	= <i>Gas Metal Arc Welding</i>
AISI	= <i>American Iron and Steel Instituet</i>
CCT	= <i>Correlated Color Temperature</i>
TTT	= <i>Time, Temperature and Transform</i>
AC dan DC	= <i>Alternating Current dan Direct Current</i>
FCAW	= <i>Flux Core Arc Welding</i>
SAW	= <i>Sub Arc Welding</i>
ASTM	= <i>American Standard Testing and Material</i>
AWS	= <i>American Welding Society</i>
SCC	= <i>Stress Corrothion Cracking</i>
σ	= <i>Tegangan Tarik (kg/mm² atau MPa)</i>
F	= <i>Beban Maksimal (kg)</i>
A	= <i>Luas Penampang (mm²)</i>
ε	= <i>Regangan (%)</i>
ΔL	= <i>Total Pertambahan Panjang (mm)</i>
L ₀	= <i>Panjang Mula – Mula (mm)</i>
L ₁	= <i>Panjang Akhir (mm)</i>