

**SKRIPSI**

**EFEK *POST WELDING HEAT TREATMENT* PADA  
SIFAT MEKANIK DAN FISIK PADA SAMBUNGAN SS  
304 DAN BAJA KARBON AISI 1037**



**RADEN DUSTIN GHAZALI**

**03051281924066**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2023**



**SKRIPSI**

**EFEK *POST WELDING HEAT TREATMENT* PADA  
SIFAT MEKANIK DAN FISIK PADA SAMBUNGAN SS  
304 DAN BAJA KARBON AISI 1037**

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar Sarjana  
Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



**OLEH**

**RADEN DUSTIN GHAZALI**

**03051281924066**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2023**



**HALAMAN PENGESAHAN**

**EFEK *POST WELDING HEAT TREATMENT* PADA  
SIFAT MEKANIK DAN FISIK PADA SAMBUNGAN SS  
304 DAN BAJA KARBON AISI 1037**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk Melengkapi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana

Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

**RADEN DUSTIN GHAZALI**

**03051281924066**

**Palembang, 11 Oktober 2023**

**Diperiksa dan Disetujui Oleh  
Pembimbing**

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan Teknik Mesin**



**Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D.  
NIP. 197112251997021001**



**Prof. Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D.  
NIP. 197909272003121004**



JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No.  
Diterima Tanggal  
Paraf

: 054/ TM/AF/ 2023

: 17-11-2023



SKRIPSI

NAMA : RADEN DUSTIN GHAZALI  
NIM : 03051281924066  
JURUSAN : TEKNIK MESIN  
JUDUL SKRIPSI : EFEK *POST WELDING HEAT TREATMENT*  
PADA SIFAT MEKANIK DAN FISIK PADA  
SAMBUNGAN SS 304 DAN BAJA KARBON  
AISI 1037  
DIBUAT TANGGAL : 09 OKTOBER 2022  
SELESAI TANGGAL : 02 OKTOBER 2023

Palembang, 11 Oktober 2023

Mengetahui,

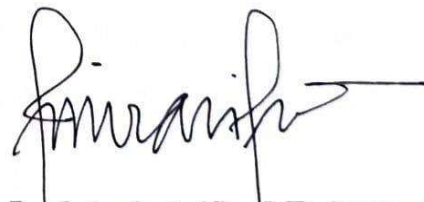
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.  
NIP. 197112251997021001

Diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing Skripsi



Prof. Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D.  
NIP. 197909272003121004





## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “Efek *Post Welding Heat Treatment* Pada Sifat Mekanik Dan Fisik Pada Sambungan SS 304 Dan Baja Karbon AISI 1037” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada tanggal 11 Oktober 2023.

Palembang, 11 Oktober 2023

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

Ketua :

1. Gunawan, S.T, M.T, Ph.D  
NIP. 197705072001121001

Sekretaris :

2. Akbar Teguh Prakoso, S.T, M.T  
NIP. 198911172015042003

Anggota :

3. Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi, M.T  
NIP. 196307191990032001

(.....)


(.....)

(.....)

Palembang, 11 Oktober 2023

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin




The image shows a blue ink signature of Irsyadi Yani over a circular official stamp of the Faculty of Engineering, Mechanical Engineering Department, Sriwijaya University. The stamp contains the text 'UNIVERSITAS SRIWIJAYA', 'FAKULTAS TEKNIK', and 'JURUSAN TEKNIK MESIN'.

Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM.  
NIP. 197112251997021001

Diperiksa dan Disetujui Oleh

Pembimbing



The image shows a blue ink signature of Prof. Amir Arifin.

Prof. Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D., IPP.  
NIP.197909272003121004



## KATA PENGANTAR

*Alhamdulillah*, puji, serta syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* yang telah memberikan rahmat, nikmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat beserta salam semoga selalu tercurahkan kepada Baginda Nabi Muhammad *Shalallahu Alaihi Wassalam*, serta para keluarga, sahabat dan para pengikutnya hingga akhir zaman.

Skripsi ini disusun untuk melengkapi salah satu syarat mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Pada kesempatan ini dengan setulus hati penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang tak terhingga atas segala bimbingan dan bantuan yang telah diberikan dalam penyusunan skripsi ini, oleh karena itu, sudah sepantasnya penulis haturkan terima kasih kepada :

1. Ayahanda Dedy Suryadi dan Ibunda Desy Irianti selaku orang tua penulis yang telah membesarkan, mendidik serta selalu mendukung penuh penulis secara lahir dan batin.
2. Prof. Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D., IPP. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya sekaligus sebagai Dosen Pembimbing Skripsi yang telah banyak memberikan bimbingan dan masukan dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. M. A. Ade Saputra, S. T., M. T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang membimbing penulis dalam menjalani perkuliahan.
4. Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
5. Gunawan, S.T., M.T., Ph.D. selaku Pembina Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
6. Yoga Rizandi dan M Rindang Y.Q.A.W selaku rekan tim yang selalu membantu penulis dengan memberikan kritik dan saran dalam penyusunan skripsi ini.
7. Pak Aria, Pak Mamat dan seluruh karyawan PT. Pusri yang turut membantu

dalam proses penelitian.

8. Pak Mahruri, Pak Slamet dan segenap karyawan Badan Riset Inovasi Nasional (BRIN) yang senantiasa membantu selama proses penelitian.
9. Pak Yahya selaku Teknisi Laboratorium Material Teknik Mesin Universitas Sriwijaya yang senantiasa membantu dan memberikan masukan selama proses penelitian.
10. Seluruh sahabat karib dan teman seperjuangan Teknik Mesin 2019 yang telah memberikan dukungan dan menemani penulis dalam menyelesaikan kuliah di Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
11. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih banyak sekali kekurangan karena keterbatasan ilmu dan wawasan yang penulis miliki. Oleh karena itu, penulis akan sangat menerima saran dan kritik yang membangun untuk kebaikan penulis kedepannya. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat khususnya bagi penulis, serta bagi pembaca dan untuk perkembangan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang.

Palembang, 11 Oktober 2023



Raden Dustin Ghazali  
NIM. 03051281924066

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Raden Dustin Ghazali

NIM : 03051281924066

Judul : Efek *Post Welding Heat Treatment* Pada Sifat Mekanik Dan Fisik  
Pada Sambungan SS 304 Dan Baja Karbon AISI 1037

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding author*).

Demikian pernyataan saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari pihak manapun.

Palembang, 11 Oktober 2023



Raden Dustin Ghazali  
NIM. 03051281924066



## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Raden Dustin Ghazali

NIM : 03051281924066

Judul : Efek *Post Welding Heat Treatment* Pada Sifat Mekanik Dan Fisik  
Pada Sambungan SS 304 Dan Baja Karbon AISI 1037

Menyatakan bahwa skripsi saya merupakan hasil karya saya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari pihak manapun.



Palembang, 11 Oktober 2023



Raden Dustin Ghazali

NIM. 03051281924066





## RINGKASAN

EFEK *POST WELDING HEAT TREATMENT* PADA SIFAT MEKANIK DAN FISIK PADA SAMBUNGAN SS 304 DAN BAJA KARBON AISI 1037

Karya Tulis Ilmiah berupa skripsi, 11 Oktober 2023

Raden Dustin Ghazali; Dibimbing oleh Prof. Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D., IPP.

XXVII + 82 Halaman, 7 tabel, 41 gambar, 27 lampiran

### RINGKASAN

Peran teknologi pengelasan bagi industri konstruksi begitu besar dan luas, diantaranya pada perkapalan, pembangunan jembatan, konstruksi mesin, rangka baja, dan lain sebagainya. Pengelasan logam tak sejenis (*dissimilar metal welding*) merupakan salah satu teknik pengelasan yang saat ini sedang banyak dikembangkan. Efek pemanasan setempat dengan temperatur tinggi yang dihasilkan oleh pengelasan mengakibatkan logam mengalami ekspansi termal maupun penyusutan pada saat pendinginan. Hal itu menyebabkan adanya tegangan-tegangan pada daerah las, yang disebut sebagai tegangan sisa. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengatasi tegangan sisa ini adalah cara termal melalui *Post Weld Heat Treatment* (PWHT). Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi efek yang diberikan oleh proses *post weld heat treatment* terhadap sifat mekanik dan fisik sambungan las antara *austenitic stainless steel* AISI 304 dan baja karbon AISI 1037. Metode pengelasan yang digunakan pada penelitian ini adalah *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW). PWHT yang dilakukan dengan menggunakan *Ceramic Heating Pad* (CHP) menerapkan variasi suhu yaitu 600°C, 650°C, dan 700°C dengan holding time selama 2 jam yang didinginkan secara perlahan. Pengujian yang dilakukan adalah uji tarik, uji kekerasan Vickers, uji komposisi, uji metalografi, uji *X-ray Diffraction*, uji *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan *line* EDS. Hasil penelitian menyatakan

bahwa perilaku sensitisasi pada suhu 700°C mempengaruhi kekuatan tarik dan nilai kekerasan. Hasil uji tarik menunjukkan pada non PWHT, PWHT suhu 600°C dan 650°C memiliki kekuatan tarik yang cukup seragam, namun pada suhu 700°C terjadi penurunan kekuatan tarik yang cukup signifikan. Pada hasil uji kekerasan menunjukkan nilai kekerasan yang semakin menurun seiring meningkatnya suhu PWHT, namun pada suhu 700°C terjadi peningkatan nilai kekerasan. Struktur mikro pada *base metal* baja karbon AISI 1037 yang semakin didominasi oleh ferit setiap kenaikan suhu PWHT, namun terjadi penurunan jumlah ferit pada suhu 700°C. Hasil uji SEM dan EDS menunjukkan terjadinya pengendapan Cr karbida pada batas butir dimana atom karbon dengan cepat berdifusi ke batas butir, dimana mereka bergabung dengan Cr untuk membentuk Cr karbida.

Kata Kunci : pengelasan tak sejenis, PWHT, sensitisasi

Kepustakaan : 40 (1947-2020)

## SUMMARY

### EFFECTS OF POST WELDING HEAT TREATMENT ON MECHANICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF SS 304 AND AISI 1037 CARBON STEEL JOINTS

Scientific Writing in the form of a Thesis, 11 October 2023

Raden Dustin Ghazali; Supervised by Prof. Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D., IPP.  
XXVII + 82 Pages, 7 tables, 41 figures, 27 attachment

#### SUMMARY

The role of welding technology for the construction industry is large and extensive, including in shipping, bridge construction, machine construction, steel frames, and many others. Dissimilar metal welding is one of the welding techniques that is currently being developed. The high-temperature local heating effect produced by welding causes the metal to undergo thermal expansion and shrinkage during cooling. This causes stresses in the weld area, which are referred to as residual stresses. One of the methods that can be used to overcome these residual stresses is the thermal method through Post Weld Heat Treatment (PWHT). This study aims to investigate the effect of post weld heat treatment on the mechanical and physical properties of welded joints between austenitic stainless steel AISI 304 and carbon steel AISI 1037. The welding method used in this research is Shielded Metal Arc Welding (SMAW). PWHT carried out using Ceramic Heating Pad (CHP) applies temperature variations, which are 600°C, 650°C, and 700°C with a holding time of 2 hours which is cooled slowly. The tests carried out were tensile test, Vickers hardness test, composition test, metallographic test, X-ray Diffraction test, Scanning Electron Microscope (SEM)

test and line EDS. The results stated that the sensitization behavior at 700°C affects the tensile strength and hardness values. The tensile test results show that non PWHT, PWHT at 600°C and 650°C have fairly uniform tensile strength, but at 700°C there is a significant decrease in tensile strength. The hardness test results show that the hardness value decreases as the PWHT temperature increases, but at 700°C there is an increase in hardness value. The microstructure of AISI 1037 carbon steel base metal is increasingly dominated by ferrite with each increase in PWHT temperature, but there is a decrease in the amount of ferrite at 700°C. SEM and EDS test results show the deposition of Cr carbides at the grain boundaries where carbon atoms rapidly diffuse to the grain boundaries, where they combine with Cr to form Cr carbides.

Keywords : dissimilar welding, PWHT, sensitization

Literatures : 40 (1947-2020)

## DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
SKRIPSI.....	vii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ix
KATA PENGANTAR .....	xi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	xiii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	xv
RINGKASAN .....	xvii
SUMMARY .....	xix
DAFTAR ISI.....	xxi
DAFTAR GAMBAR .....	xxv
DAFTAR TABEL.....	xxvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1    Latar Belakang.....	1
1.2    Rumusan Masalah.....	2
1.3    Ruang Lingkup Penelitian .....	3
1.4    Tujuan Penelitian .....	4
1.5    Manfaat Penelitian .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1    Pengelasan .....	5
2.2    Pengelasan Tak Sejenis.....	6
2.3 <i>Shielded Metal Arc Welding</i> (SMAW).....	7
2.4    Paduan <i>Stainless Steel</i> .....	9
2.4.1 <i>Austenitic Stainless Steel</i> .....	11
2.4.2 <i>Ferritic Stainless Steel</i> .....	11
2.4.3 <i>Martensitic Stainless Steel</i> .....	11
2.5    Baja Karbon .....	12
2.6    Diagram Konstitusi Schaeffler.....	13

2.7	Metalurgi Las .....	15
2.7.1	Daerah Pengelasan.....	15
2.8	<i>Post Weld Heat Treatment (PWHT)</i> .....	17
2.9	Sensitisasi .....	20
2.10	Tegangan Sisa .....	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....		23
3.1	Diagram Alir Penelitian .....	23
3.2	Persiapan Alat dan Bahan .....	24
3.3	Prosedur Penelitian.....	24
3.3.1	Studi Literatur.....	25
3.3.2	Penyambungan Material Las .....	25
3.3.3	Proses Pengelasan SMAW .....	26
3.3.4	Pemotongan Sampel Uji .....	26
3.3.5	Proses Perlakuan Panas Pasca Pengelasan .....	27
3.4	Pengujian.....	27
3.4.1	Uji Komposisi (XRF) .....	27
3.4.2	Pengujian Kekerasan Vickers .....	28
3.4.3	Pengujian Tarik .....	28
3.4.4	Pengujian Metalografi .....	29
3.4.5	Pengujian <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	29
3.4.6	Pengujian <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i> .....	30
3.5	Analisa dan Pengolahan Data.....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		31
4.1	Data Hasil Uji Komposisi .....	31
4.2	Data Hasil Uji Tarik .....	33
4.3	Hasil Pengujian Kekerasan.....	37
4.4	Hasil Pengamatan Metalografi .....	39
4.4.1	Pengujian Menggunakan Mikroskop.....	41
4.5	Hasil Data Pengujian <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	54
4.6	Hasil Pengujian <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i> dan EDS...	56
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		61
5.1	Kesimpulan.....	61
5.2	Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA.....		63

LAMPIRAN .....67





## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pengelasan <i>Shielded Metal Arc Welding</i> (SMAW) (Wirjosumarto & Okumura, 2008).....	9
Gambar 2.2 Diagram Konstitusional Schaeffler (Schaeffler, 1947) .....	14
Gambar 2.3 Zona dan batas daerah terpengaruh panas (HAZ) (Weman, 2003)...	17
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	23
Gambar 3.2 Bentuk dan dimensi material yang akan dilas (mm) .....	25
Gambar 3.3 Standar Pengujian Tarik JIS Z 2201 .....	26
Gambar 4.1 Spesimen yang akan dilakukan pengujian tarik .....	34
Gambar 4.2 Spesimen hasil uji tarik .....	35
Gambar 4.3 Hasil uji tarik material AISI 1037 dan SS 304.....	35
Gambar 4.4 Kurva presipitasi isothermal untuk $Cr_{23}C_6$ dalam baja tahan karat 304 (Kou, 2003). .....	36
Gambar 4.5 Permukaan patah hasil uji tarik (A) non PWHT, (B) PWHT suhu $600^{\circ}C$ , (C) PWHT suhu $650^{\circ}C$ , (D) PWHT suhu $700^{\circ}C$ .....	37
Gambar 4.6 Data hasil uji kekerasan sambungan las .....	38
Gambar 4.7 Makrostruktur <i>V-Groove dissimilar weld</i> .....	39
Gambar 4.8 Diagram Schaeffler material AISI 1037 dan SS 304 .....	40
Gambar 4.9 Logam induk AISI 1037 non PWHT pembesaran $2000\times$ .....	41
Gambar 4.10 Persentase Ferit dan Perlit logam induk AISI 1037 non PWHT .....	42
Gambar 4.11 Logam induk SS 304 non PWHT pembesaran $1500\times$ .....	42
Gambar 4.12 Daerah <i>Weld Metal</i> non PWHT pembesaran $450\times$ .....	43
Gambar 4.13 Logam induk AISI 1037 PWHT $600^{\circ}C$ pembesaran $2000\times$ .....	44
Gambar 4.14 Persentase ferit dan perlit logam induk AISI 1037 PWHT $600^{\circ}C$ ..	44
Gambar 4.15 Logam induk SS 304 PWHT suhu $600^{\circ}C$ pembesaran $1500\times$ .....	45
Gambar 4.16 Daerah <i>Weld Metal</i> PWHT suhu $600^{\circ}C$ pembesaran $450\times$ .....	45
Gambar 4.17 Daerah <i>fusion line</i> SS 304 PWHT $600^{\circ}C$ pembesaran $450\times$ .....	46
Gambar 4.18 Daerah <i>fusion line</i> AISI 1037 PWHT $600^{\circ}C$ pembesaran $450\times$ .....	46
Gambar 4.19 Logam induk AISI 1037 PWHT $650^{\circ}C$ pembesaran $2000\times$ .....	47
Gambar 4.20 Persentase ferit dan perlit logam induk AISI 1037 PWHT $650^{\circ}C$ ..	48

Gambar 4.21 Logam induk SS 304 PWHT suhu 650°C pembesaran 1500×	48
Gambar 4.22 Daerah <i>Weld Metal</i> PWHT suhu 650°C pembesaran 450×	49
Gambar 4.23 Daerah <i>fusion line</i> SS 304 PWHT 650°C pembesaran 450×	50
Gambar 4.24 Daerah <i>fusion line</i> AISI 1037 PWHT 650°C pembesaran 450×	50
Gambar 4.25 Logam AISI 1037 dengan PWHT 700°C pembesaran 2000×	51
Gambar 4.26 Persentase ferit dan perlit logam induk AISI 1037 PWHT 700°C ..	51
Gambar 4.27 Logam induk SS 304 PWHT suhu 700°C pembesaran 1500×	52
Gambar 4.28 Daerah <i>Weld Metal</i> PWHT suhu 700°C pembesaran 450×	52
Gambar 4.29 Daerah <i>fusion line</i> SS 304 PWHT 700°C pembesaran 450×	53
Gambar 4.30 Daerah <i>fusion line</i> AISI 1037 PWHT 700°C pembesaran 450×	54
Gambar 4.31 <i>Measurement profile of welding result</i> .....	55
Gambar 4.32 Mikrograf SEM setelah proses perlakuan panas pada 700°C (A) <i>Fusion line</i> baja karbon pembesaran 20.000x, (B) <i>Base metal</i> baja karbon pembesaran 20.000x, (C) <i>Fusion line stainless steel</i> pembesaran 20.000x, (D) <i>Base metal stainless steel</i> pembesaran 2000x.....	56
Gambar 4.33 <i>EDS Mapping</i> pada baja karbon SS 304.....	57
Gambar 4.34 <i>EDS Mapping</i> pada baja tahan karat AISI 1037 .....	58
Gambar 4.35 <i>EDS Mapping Line</i> pada <i>fusion line</i> SS 304.....	59

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis-jenis dan komposisi baja tahan karat (Agustriyana dkk., 2019). .	10
Tabel 4.1 Hasil uji komposisi baja karbon AISI 1037 .....	31
Tabel 4.2 Hasil uji komposisi baja tahan karat SS 304.....	32
Tabel 4.3 Hasil uji komposisi daerah zona fusi .....	33
Tabel 4.4 Cr dan Ni ekuivalen material AISI 1037 dan SS 304 .....	40
Tabel 4.5 <i>Quantitative analysis results</i> .....	55
Tabel 4.6 <i>Peak list</i> .....	56



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 <i>Mill Certificate</i> AISI 1037/ST 37 .....	67
Lampiran 2 <i>Mill Certificate</i> AISI 304.....	68
Lampiran 3 Pengambilan data uji komposisi <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF) .....	68
Lampiran 4 Hasil uji komposisi <i>X-Ray Fluorescence</i> material AISI 1037 .....	69
Lampiran 5 Hasil uji komposisi <i>X-Ray Fluorescence</i> material AISI 304.....	69
Lampiran 6 Hasil uji komposisi <i>X-Ray Fluorescence</i> daerah zona fusi .....	70
Lampiran 7 Peralatan <i>Post Weld Heat Treatment</i> (PWHT).....	70
Lampiran 8 Spesifikasi alat pemanas sampel uji ( <i>Ceramic Heating Pad</i> ).....	71
Lampiran 9 <i>Temperature recorder</i> PWHT suhu 600°C .....	71
Lampiran 10 <i>Temperature recorder</i> PWHT suhu 650°C .....	72
Lampiran 11 <i>Temperature recorder</i> PWHT suhu 700°C .....	72
Lampiran 12 Defleksi pengelasan pada PWHT suhu 600°C .....	73
Lampiran 13 Defleksi pengelasan pada PWHT suhu 650°C .....	73
Lampiran 14 Defleksi pengelasan pada PWHT suhu 700°C .....	74
Lampiran 15 Pengambilan data kekerasan.....	74
Lampiran 16 Parameter pengelasan SMAW .....	75
Lampiran 17 Hasil uji tarik material AISI 1037 dan SS 304 .....	75
Lampiran 18 Grafik uji tarik non PWHT .....	76
Lampiran 19 Grafik uji tarik PWHT suhu 600°C .....	76
Lampiran 20 Grafik uji tarik PWHT suhu 650°C .....	77
Lampiran 21 Grafik uji tarik PWHT suhu 700°C .....	77
Lampiran 22 Spesimen hasil uji kekerasan vickers .....	77
Lampiran 23 Spesifikasi elektroda E309-16 .....	78
Lampiran 24 Tabel hasil uji kekerasan vikers non PWHT .....	79
Lampiran 25 Tabel hasil uji kekerasan vikers PWHT suhu 600°C .....	80
Lampiran 26 Tabel hasil uji kekerasan vikers PWHT suhu 650°C .....	81
Lampiran 27 Tabel hasil uji kekerasan vikers PWHT suhu 700°C .....	82



# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Pada zaman yang semakin maju saat ini, peran teknologi pengelasan bagi industri konstruksi begitu besar dan luas. Peran tersebut diantaranya pada perkapalan, pembangunan jembatan, konstruksi mesin, rangka baja, dan lain sebagainya. Besarnya implementasi teknologi pengelasan ini dikarenakan industri konstruksi berupa bangunan atau mesin yang menggunakan teknologi las dalam proses pembuatannya lebih sederhana dan lebih ringan, sehingga biaya yang dikeluarkan menjadi lebih ekonomis.

Pengelasan merupakan rangkaian unsur metalurgi pada sambungan antar logam sejenis atau beda jenis yang dikerjakan pada kondisi tak padat, berupa *liquid* atau cair. Las merupakan sambungan antara dua batang logam dengan menggunakan energi panas yang digunakan untuk mencairkan bagian logam yang akan dihubungkan. Mengelas adalah sebuah kegiatan menghubungkan antara dua atau lebih bagian benda melalui pemanasan atau penekanan atau penggabungan dari keduanya sehingga benda terhubung dan menyatu (Mizhar dan Pandiangan, 2014).

Terdapat banyak hal yang dapat dikembangkan pada bidang teknologi pengelasan. Pengelasan logam tak sejenis (*dissimilar metal welding*) merupakan salah satu teknik pengelasan yang saat ini sedang banyak dikembangkan. Sambungan logam yang tidak seragam adalah metode pengelasan yang digunakan pada dua jenis logam yang berlainan. *Dissimilar metal welding* adalah produk dari kemajuan dalam teknologi pengelasan saat ini yang muncul karena kebutuhan akan menghubungkan logam-logam dengan jenis yang berbeda. Penting untuk memilih elektroda yang tepat, mengatur arus yang digunakan, dan memilih jenis sambungan sesuai dengan standar

pengelasan untuk mencapai hasil pengelasan yang optimal dan sempurna (Parekke *dkk.*, 2014).

Efek pemanasan setempat dengan temperatur tinggi yang dihasilkan oleh pengelasan mengakibatkan logam mengalami ekspansi termal maupun penyusutan pada saat pendinginan. Hal itu menyebabkan adanya tegangan-tegangan pada daerah las, yang disebut sebagai tegangan sisa. Tegangan sisa dapat menyebabkan retak las yang mana sangat berbahaya bagi konstruksi yang dilas jika menerima pembebanan. Sebagai upaya untuk mengurangi tegangan sisa, salah satu metode yang dapat diterapkan adalah pendekatan termal melalui *Post Weld Heat Treatment* (PWHT). PWHT merupakan prosedur di mana logam dipanaskan setelah proses pengelasan pada suhu tertentu, dipertahankan pada suhu tersebut selama jangka waktu tertentu, dan kemudian didinginkan secara perlahan (Ananda, 2020). Aspek penting yang perlu diperhatikan dalam proses PWHT mencakup durasi penahanan (*holding time*), suhu pemanasan, dan tingkat pendinginan (Wiryosumarto dan Okumura, 2008). Pada penelitian ini berpusat pada pengaruh variasi suhu dan *holding time* saat proses PWHT terhadap sifat fisik dan mekanik suatu material.

Penelitian ini melakukan pengelasan tak sejenis dengan metode *Shield Metal Arc Welding* (SMAW) dengan menggunakan material *austenitic stainless steel* AISI 304 dan disambungkan dengan baja karbon medium AISI 1037. Diharapkan melalui penelitian menggunakan metode ini agar mendapatkan hasil las yang kuat dan bermutu serta sifat fisik dan mekanik yang baik.

## 1.2 Rumusan Masalah

Pengelasan logam berbeda jenis merupakan sebuah teknik pengelasan menyambungkan dua jenis logam yang berbeda jenis menjadi satu. Pengelasan tak sejenis saat ini banyak diterapkan pada industri konstruksi. Hal ini dikarenakan peralihan sifat mekanik dan kinerja suatu material dibutuhkan,



serta pengeluaran biaya yang lebih ekonomis. Permasalahan yang terdapat pada pengelasan tak sejenis adalah adanya perbedaan pada sifat fisik dan mekanik dari dua material yang disambungkan sehingga rentan terjadi kecacatan karena ketidakseragaman secara metalurgi.

Solusi yang tepat diperlukan untuk mengatasi suatu permasalahan. Penelitian ini dilakukan untuk mendapati pengaruh *post weld heat treatment* terhadap sifat fisik dan mekanik sambungan las logam beda jenis. Pengelasan tak sejenis pada penelitian ini menggunakan material *austenitic stainless steel* AISI 304 yang disambungkan dengan baja karbon medium AISI 1037 dengan *filler* E309-16.

### 1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini dilakukan tidak terlepas dari batasan-batasan masalah agar lebih terfokus dan tidak keluar dari inti permasalahan yang akan dibahas sesuai dengan tema penelitian ini mengenai pengelasan tak sejenis SMAW antara *austenitic stainless steel* AISI 304 dan baja karbon medium AISI 1037. Adapun batasan masalah yang difokuskan dalam penelitian ini antara lain :

1. Metode pengelasan yang digunakan pada penelitian ini adalah *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW).
2. Temperatur suhu yang digunakan saat melakukan *Post Weld Heat Treatment* adalah 600°C, 650°C, dan 700°C dengan *holding time* selama dua jam untuk tiap suhu.
3. Pengujian sifat fisik dan mekanik spesimen dilakukan dengan pengujian bersifat destruktif berupa pengujian tarik dan kekerasan. Untuk pengujian bersifat non-destruktif yaitu uji komposisi, mengamati mikrostruktur, *X-ray Diffraction*, *line* EDS dan SEM pada sambungan las setelah dilakukan pengetsaan.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Melalui penelitian ini, terdapat beberapa tujuan yang ingin dicapai guna mendapatkan hasil yang terbaik. Adapun tujuan tersebut ialah sebagai berikut:

1. Menginvestigasi efek yang diberikan oleh proses *post weld heat treatment* terhadap sifat mekanik dan fisik sambungan las.
2. Menganalisa struktur mikro sambungan las setelah melalui proses *post weld heat treatment*.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Beberapa manfaat yang didapatkan melalui penelitian ini ialah sebagai berikut :

1. Memberikan hasil sambungan las tak sejenis yang berkualitas sehingga dapat menjadi acuan yang baik dalam pengelasan tak sejenis.
2. Berkontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang pengelasan tak sejenis.
3. Menjadi landasan yang tepat untuk penelitian berikutnya yang akan datang dalam pengelasan *dissimilar metal*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustriyana, L. Dkk. (2019) “Pengaruh Pengelasan GTAW Pada Logam Bimetal Plat Baja Karbon Rendah Dan Stainless Steel Terhadap Sifat Mekanik Sambungan Las,” 20(2), Hal. 167–180.
- Amanto, H. Dan Daryanto (1999) Ilmu Bahan.
- Ananda, T.F. (2020) “Pengaruh Proses Post Weld Heat Treatment Pada Hasil Pengelasan SMAW Terhadap Ketangguhan Baja Karbon Rendah,” Jurnal Teknik Mesin, Hal. 1–7.
- Anwar, B. (2017) “Analisis Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan Posisi Bawah Tangan Dengan Perbedaan Variasi Kuat Arus Listrik Pada Baja St. 42,” Teknologi, 16(1), Hal. 18–24.
- Ardhyananta, H. Dkk. (2020) “Pengaruh Komposisi Nikel (Ni) Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Paduan Baja Tahan Karat Kekuatan Tinggi Fe-C-Mn-Cr-Ni Melalui Metode Proses Pengecoran Menggunakan Tungku Pembakaran Gas,” Mesin, 11(1). Tersedia Pada: <https://doi.org/10.25105/Ms.V11i1.7439>.
- Brandi, S.D. Dan Schön, C.G. (2017) “A Thermodynamic Study Of A Constitutional Diagram For Duplex Stainless Steels,” Journal Of Phase Equilibria And Diffusion, 38(3), Hal. 268–275. Tersedia Pada: <https://doi.org/10.1007/S11669-017-0537-8>.
- Budianto, A. Dkk. (2009) “Pengamatan Struktur Mikro Pada Korosi Antar Butir Dari Material Baja Tahan Karat Austenitik Setelah Mengalami Proses Pemanasan,” Jurnal Forum Nuklir, 3(2), Hal. 107. Tersedia Pada: <https://doi.org/10.17146/Jfn.2009.3.2.3297>.
- Daryanto (2012) Teknik Las.
- Degarmo, E.P. (1979) Materials And Processes In Manufacturing. Macmillan. Tersedia Pada: [https://books.google.co.id/books?id=Cv%5c\\_4xweacaaj](https://books.google.co.id/books?id=Cv%5c_4xweacaaj).
- Eka, M.P.B.L. (2018) “Analisis Elastisitas Dan Karakterisasi Kimia Logam Baja Ss 304, Ss 310, Dan Low Alloy Dengan Menggunakan Tensile Test Machine,” Teknikm, 1(April), Hal. 1–9.
- Fitri, M. Dkk. (2019) “Pengaruh Waktu Penahanan Pada Perlakuan Panas Paska Pengelasan Terhadap Ketangguhan Sambungan Las Baja,” Sintek Jurnal: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, 13(2), Hal. 80. Tersedia Pada: <https://doi.org/10.24853/Sintek.13.2.80-86>.
- Harsono, W. Dan Toshie, O. (2006) Teknologi Pengelasan Logam.
- Haryadi, G.D. Dkk. (2017) “Pengaruh Post Weld Heat Treatment (PWHT)

Dengan Pemanas Induksi Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Sambungan Las Shield Metal Arc Welding (SMAW) Pada Pipa Api 51 X52,” *Rotasi*, 19(3), Hal. 117. Tersedia Pada: <https://doi.org/10.14710/Rotasi.19.3.117-124>.

Helanianto Dkk. (2020) “Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Smaw Terhadap Kekerasan Logam Induk Dan Logam Las,” *Elemen : Jurnal Teknik Mesin*, 7(2), Hal. 138–147. Tersedia Pada: <https://doi.org/10.34128/Je.V7i2.148>.

Hery, S. Dan Rochim, S. (2006) *Pengantar Untuk Memahami Proses Pengelasan Logam*, Alfabeta.

Hestiawan, H. Dan Suryono, A.F. (2014) “Pengaruh Preheat Dan Post Welding Heat Treatment Terhadap Sifat Mekanik Sambungan Las SMAW Pada Baja Amutit K-460,” *Mekanikal*, 5(12), Hal. 422–426.

Indraswari, R. (2010) “Pengaruh Pengelasan Pada Stainless Steel,” *Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok [Preprint]*.

Jokosisworo, S. (2006) “Weldability, Welding Metallurgy, Welding Chemistry,” *Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Kelautan*, 3(3), Hal. 65–69. Tersedia Pada: <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/kapal/article/view/2638>.

Kim, H. Dkk. (2019) “Effects Of Heat Treatment On Mechanical Properties And Sensitization Behavior Of Materials In Dissimilar Metal Weld,” *International Journal Of Pressure Vessels And Piping*, 172(August 2018), Hal. 17–27. Tersedia Pada: <https://doi.org/10.1016/j.ijpvp.2019.03.009>.

Kou, S. (2003) *Welding Metallurgy Second Edition*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.

Lippold, J.C. Dan Kotecki, D.J. (2005) *Welding Metallurgy And Weldability Of Stainless Steel*, John Wiley & Sons Inc., Hoboken, New Jersey. Tersedia Pada: <https://doi.org/10.1080/10426910500476747>.

Mizhar, S. Dan Pandiangan, I.H. (2014) “Pengaruh Masukan Panas Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan Dan Ketangguhan Pada Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (SMAW) Dari Pipa Baja Diameter 2,5 Inch,” *Jurnal Dinamis*, 14(1), Hal. 16–22.

Nanulaita, N.J.M. Dan Lillipaly, E.R.M.A.P. (2012) “Analisa Sifat Kekerasan Baja ST-42 Dengan Pengaruh Besarnya Butiran Media Katalisator (Tulang Sapi (CaCo<sub>3</sub>)) Melalui Proses Pengarbonan Padat (Pack Carburizing),” *Teknologi*, 9, Hal. 985–994.

Novita, S. Dkk. (2018) “Analisis Laju Korosi Dan Kekerasan Pada Stainless Steel 304 Dan Baja Nikel Laterit Dengan Variasi Kadar Ni ( 0 , 3 , Dan 10 %) Dalam Medium Korosif,” *06(01)*, Hal. 21–32.

Olson, D.L. (1985) “Prediction Of Austenitic Weld Metal Microstructure And Properties,” *Welding Journal (Miami, Fla)*, 64(10).

- Parekke, S. Dkk. (2014) “Pengaruh Pengelasan Logam Berbeda (AISI 1045) Dengan (AISI 316l) Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro,” *J. Sains & Teknologi*, Desember, 3(2), Hal. 191–198.
- Pratama, R.Y. Dkk. (2020) “Pengaruh Variasi Arus Pengelasan SMAW Untuk Posisi Pengelasan 1G Pada Material Baja Kapal SS 400 Terhadap Cacat Pengelasan,” *Jurusan Teknik Perkapalan Ftmk-Itats*, 02(1), Hal. 203–209.
- Ritonga, D.A.A. Dan Idris, M. (2017) “Karakteristik Bahan Steel 304 Terhadap Kekuatan Impak Benda Jatuh Bebas,” 6(2).
- Saputra, H. Dkk. (2014) “Analisis Pengaruh Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik Baja ST 37 Pasca Pengelasan Menggunakan Las Listrik Program Studi Teknik Mesin , *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unlam Vol . 03 No . 2 Pp 91-98 , 2014 Issn 2338-2236,*” *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unlam*, 03(2), Hal. 91–98.
- Schaeffler, A.L. (1947) “Selection Of Austenitic Electrodes For Welding Dissimilar Metals,” *Weld J*, 26, Hal. 601–620.
- Sonawan, H. Dan Suratman, R. (2003) *Pengantar Untuk Memahami Proses Pengelasan Logam*. Bandung: Alfabeta.
- Sudiarso, W. Dan Nugroho, S. (2012) “Pengaruh PWHT Pada Kualitas Spesimen Preheat Pengelasan Dissimilar Metal Antara Baja Karbon (A-106) Dan Baja Tahan Karat (A312 ...,” *Rotasi*, 14, Hal. 16–20. Tersedia Pada: [Http://Eprints.Undip.Ac.Id/41596/](http://Eprints.Undip.Ac.Id/41596/).
- Suharno (2008) *Prinsip-Prinsip Teknologi Dan Metalurgi Pengelasan Logam*.
- Suprpto, A. (2010) “Mekanisme Kegagalan Roda Gigi,” *Transmisi*, Vi Edisi 1, Hal. 529–538.
- Tarkono Dkk. (2012) “Studi Penggunaan Jenis Elektroda Las Yang Berbeda Terhadap Sifat Mekanik Pengelasan SMAW Baja Aisi 1045,” 3(September), Hal. 51–62.
- Weman, K. (2003) *Welding Processes Handbook, Welding Processes Handbook*. Tersedia Pada: <https://doi.org/10.1201/9780203499764>.
- Wibowo, A. (2007) “Pengaruh Tegangan Sisa Terhadap Frekuensi Nada Dasar Perunggu,” *Seminar Nasional Teknologi 2007*, Issn : 197(November), Hal. 1–5. Tersedia Pada: [Http://P3m.Amikom.Ac.Id/P3m/75](http://P3m.Amikom.Ac.Id/P3m/75) - Pengaruh Tegangan Sisa Terhadap.Pdf.
- Wiryosumarto, H. Dan Okumura, T. (2008) “*Teknologi Pengelasan Logam.*” Jakarta.
- Yakub, Y. Dan Nofri, M. (2013) “Variasi Arus Listrik Terhadap Sifat Mekanik Mikro Sambungan Las Baja Tahan Karat Aisi 304,” 1(I).
- Yassyir Maulana (2016) “Analisis Kekuatan Tarik Baja ST37 Pasca Pengelasan Dengan Variasi Media Pendingin Menggunakan SMAW,”

Jurnal Teknik Mesin Uniska, 2(1), Hal. 1–8.