

**SKRIPSI**  
**OPTIMASI SAMBUNGAN LAS TAK SEJENIS SMAW**  
**BAJA KARBON 4340 DAN *STAINLESS STEEL* 304**  
**DENGAN METODE TAGUCHI**



**ANDIKA AKBAR PRATAMA**

**03051181722064**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
**JURUSAN TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**  
**2021**

**SKRIPSI**  
**OPTIMASI SAMBUNGAN LAS TAK SEJENIS SMAW**  
**BAJA KARBON 4340 DAN *STAINLESS STEEL* 304**  
**DENGAN METODE TAGUCHI**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar  
Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



**OLEH**  
**ANDIKA AKBAR PRATAMA**  
**03051181722064**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
**JURUSAN TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**  
**2021**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**OPTIMASI SAMBUNGAN LAS TAK SEJENIS SMAW  
BAJA KARBON 4340 DAN *STAINLESS STEEL* 304  
DENGAN METODE TAGUCHI**

**SKRIPSI**

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar sarjana Teknik Mesin  
Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

**ANDIKA AKBAR PRATAMA**  
**03051181722064**



Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin

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

Inderalaya, 26 Juli 2021  
Diperiksa dan disetujui oleh:  
Pembimbing Skripsi

**Amir Arifin, S.T., M.Eng. Ph.D**  
**NIP. 19790927200312100**

JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No. :  
Diterima Tanggal :  
Paraf :

---

SKRIPSI

NAMA : ANDIKA AKBAR PRATAMA  
NIM : 03051181722064  
JURUSAN : TEKNIK MESIN  
JUDUL SKRIPSI : OPTIMASI SABUNGAN LAS TAK  
SEJENIS SMAW BAJA KARBON  
4340 DAN *STAINLESS STEEL* 304  
DENGAN METODE TAGUCHI  
DIBUAT TANGGAL : 10 NOVEMBER 2020  
SELESAI TANGGAL : 29 JULI 2021

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

Inderalaya, 26 Juli 2021  
Diperiksa dan disetujui oleh:  
Pembimbing Skripsi

Amir Arifin, S.T., M.Eng. Ph.D  
NIP. 19790927200312100

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul **“OPTIMASI SAMBUNGAN LAS TAK SEJENIS SMAW BAJA KARBON 4340 DAN STAINLESS STEEL 304 DENGAN METODE TAGUCHI”** telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada tanggal 14 Juli 2021.

Inderalaya, 14 Juli 2021

Tim Penguji Karya tulis ilmiah berupa Skripsi.

Ketua :

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

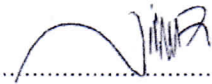
NIP 197705072001121001

(.....)

Anggota :

2. M. A. Ade Saputra, S.T., M.T.

NIP 198711302019031006

(.....)

3. Barlin, S.T, M.Eng, Ph.D

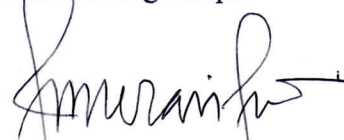
NIP 198106302006041001

(.....)

  
Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin  
  
Irsyad Yani, S.T., M.Eng., Ph.D  
NIP. 197112251997021001

Inderalaya, 26 Juli 2021

Diperiksa dan disetujui oleh:  
Pembimbing Skripsi

  
Amir Arifin, S.T., M.Eng. Ph.D  
NIP. 19790927200312100

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan rahmat dan juga karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Optimasi Sambungan Las Tak Sejenis SMAW Baja Karbon 4340 dan *Stainless Steel* 304 dengan Metode Taguchi**”. Seiring dengan selesainya skripsi ini, penulis telah mendapatkan pengetahuan dan pemahaman metode Taguchi.

Skripsi ini dibuat penulis sebagai salah satu syarat menyelesaikan program S1 Jurusan Teknik Mesin. Penulis dalam kesehariannya telah mendapat banyak bantuan, kritik dan saran yang cukup untuk menyelesaikan skripsi. Penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Dodi Does dan Ibu Badariyah selaku orang tua yang menjadi *support system* selama proses penyusunan skripsi dilakukan.
2. Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
3. Amir Arifin, S.T., M.Eng. Ph.D selaku Dosen Pembimbing dan selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya yang telah memberi tambahan pengetahuan dan koreksi kesalahan-kesalahan yang kemungkinan terjadi saat penelitian berlangsung dalam penyusunan skripsi.
4. Gunawan, S.T., M.T., Ph.D selaku Pembina Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
5. Ir. Zainal Abidin, M.T selaku Dosen Pembimbing Akademik.
6. Alim Mardhi, S.T., M.Sc. selaku *Researcher at National Nuclear Energy Agency* (BATAN) yang membantu dalam proses penelitian.
7. Irwanto, S.T dan Yahya Bahar, S.T selaku teknisi laboratorium Universitas Sriwijaya yang telah membantu dan membimbing dalam proses penelitian.

8. M.kasyffurahman dan Novialita Isti selaku rekan tim yang banyak membantu penulis dalam memberi keritik maupun masukan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Maka dari itu, penulis mengharapkan kiritik dan saran agar skripsi ini menjadi lebih baik lagi. Semoga dengan adanya skripsi ini akan memberikan dampak baik kedepannya bagi pembaca maupun mahasiswa teknik mesin khususnya Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Inderalaya, 29 Juli 2021

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Andika Akbar Pratama', with a large, sweeping flourish at the end.

Andika Akbar Pratama

Nim.03051181722064

## HALAMAN PERNYATAAN INTERGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Andika Akbar Pratama

Nim : 03051181722064

Judul : Optimasi Sambungan Las Tak Sejenis SMAW Baja Karbon 4340 dan *Stainless Steel* dengan Metode Taguchi

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

Demikian, saya buat pernyataan ini dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Inderalaya, 29 Juli 2021



Andika Akbar Pratama

Nim. 03051181722064



## HALAMAN ERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Andika Akbar Pratama

NIM : 03051181722064

Judul : Optimasi Sambungan Las Tak Sejenis SMAW Baja Karbon 4340 dan *Stainless Steel* 304 dengan Metode Taguchi.

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 ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Inderalaya, 29 Juli 2021



Andika Akbar Pratama

Nim. 03051181722064

## RINGKASAN

### OPTIMASI SAMBUNGAN LAS TAK SEJENIS SMAW BAJA KARBON 4340 DAN STAINLESS STEEL 304 DENGAN METODE TAGUCHI

Karya Tulis Ilmiah berupa skripsi, Juli 2021

Andika Akbar Pratama; Dibimbing oleh Amir Arifin, S.T., M.Eng. Ph.D.

xxv + 136 halaman, 14 Tabel, 33 gambar

#### RINGKASAN

Industrialisasi pada bidang rekayasa dan reparasi merupakan indikator dari perkembangan teknologi. Teknik pengelasan sudah menjadi salah satu upaya dalam mendorong kualitas dari produk yang dijalankan. Banyaknya kasus kegagalan dalam bidang konstruksi mengakibatkan teknik penyambungan semakin berkembang. Namun ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kegagalan sambungan yaitu: perbedaan kuat arus, elektroda yang dipakai, tipe sambungan las, tegangan pengelasan, suhu ruangan, kecepatan pengelasan, dan masih banyak lagi. Berdasarkan tinjauan tersebut maka dilakukanlah penelitian pada sambungan AISI 4340 dengan SS 304 untuk mencari keoptimalan dari hasil sambungan. Parameter yang digunakan yaitu: variasi elektroda, variasi arus, variasi kampuh, dan variasi kecepatan pengelasan. Ke-empat parameter tersebut kemudian dilakukan analisa statistik menggunakan perhitungan ANOVA dengan karakteristik SNR *Larger The Better*. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa terdapat satu faktor tidak signifikan dari ke empat faktor yang digunakan. Faktor tersebut merupakan variasi kecepatan pengelasan dengan nilai F-hitung lebih kecil dari nilai F-tabel ( $1.779 \leq 3.55$ ). Setelah dilakukan *pooling up* persentase *error* pada nilai rata-rata

sebesar 49%. Berdasarkan hasil perbandingan nilai optimal dan konfirmasi bahwa nilai rata-rata dari hasil perbandingan tersebut berada dalam interval optimal. Dari hasil tersebut dapat diterima berdasarkan nilai selang kepercayaan dengan nilai persentase selisih sebesar 13%. Hal ini menunjukkan bahwa hasil dalam eksperimen Taguchi terhadap sambungan tak sejenis antara AISI 4340 dan SS 304 adalah optimal. Diketahui nilai kekerasan tertinggi pada logam induk *stainless steel* 304 yaitu 263.4267981 N/mm<sup>2</sup>. Pada jenis arus 110 A serta elektroda yang dipakai ialah E309 maka, didapatkan dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai kekerasan logam las lebih kecil dari logam induk SS 304. Arus pengelasan dapat mempengaruhi nilai kekuatan dan kekerasan dari sambungan. Arus pengelasan yang tinggi dapat menciptakan butiran halus yang diakibatkan elektroda yang mencair. Namun, jika arus pengelasan terlalu tinggi dapat menciptakan butiran tersebut terbakar yang berakibat kepada kekuatan dan kekerasan dari sambungan. Terbakarnya butir lasan akan menjadikan sambungan tersebut rapuh. Pada hasil mikrostruktur *weld metal* tanpa perlakuan temperatur menunjukkan sedikit fasa ferit dan batas butir. Terlihat juga porositas pada lasan. Hal ini disebabkan karena adanya panas masuk selama proses pengelasan berlangsung. Fasa ferit yang tidak terlalu merata menyebabkan kekerasan menurun pada daerah lasan. Hasil faktor yang signifikan ditunjukkan pada setting level faktor untuk elektroda E309 dengan nilai rata-rata 368.688 MPa dan nilai SNR 50.689 dB. Setting level faktor untuk arus pengelasan adalah 110 A dengan nilai rata-rata 370.628 MPa dan nilai SNR 51.411 dB. Hasil eksperimen konfirmasi menghasilkan nilai rata-rata kekuatan tarik sebesar 302.959 MPa.

**Kata Kunci :** *Dissimilar welding*, AISI 4340, SS 304, Desain Eksperimen, Metode Taguchi

## SUMMARY

### TAGUCHI METHOD OPTIMIZATION OF DISSIMILAR WELDING WITH SMAW CARBON STEEL 4340 AND STAINLESS STEEL 304

Scientific Writing in the form of a thesis, July 2021

Andika Akbar Pratama ; Supervised of Amir Arifin, S.T., M.Eng. Ph.D.

xxv + 136 pages, 14 tables, 33 images

#### SUMMARY

Engineering and repair industrialization is a sign of technical progress. Welding has been one of the initiatives to improve the quality of the product being manufactured. Because of the high frequency of failures in the building industry, splicing procedures are becoming more advanced. Differences in current strength, electrodes used, kind of welding connection, welding voltage, room temperature, welding speed, and a variety of other factors can all impact the connection's failure. Based on this review, a study was done to determine the optimality of the connection outcomes between AISI 4340 and SS 304. The parameters utilized include electrode variation, current variation, seam variation, and welding speed variation. After that, the four parameters were statistically evaluated using ANOVA calculations with SNR Larger The Better features. The results of the calculations reveal that one of the four parameters employed is not significant. The difference in welding speed when the F-count value is less than the F-table value is this factor ( $1.779 \leq 3.55$ ). When the mistake percentages are added together, the average number is 49 percent. gamma-phase ( $\gamma$ -Fe )Based on a comparison of optimal values and validation that the average value of the comparison

findings is within the ideal range. The confidence interval value with a percentage difference of 13% may be accepted based on these data. This demonstrates that the Taguchi experiment on different connections between AISI 4340 and SS 304 are optimal. It is known that the highest hardness value in stainless steel 304 is 263.4267981 N/mm<sup>2</sup>. The calculation results reveal that the weld metal has a lower hardness value than the base metal SS 304 when the current type is 110 A and the electrode is E309. The strength and hardness of the junction can be affected by welding current. Due to melting electrodes, high welding currents can create fine grains. However, if the welding current is too high, the grain might be burned, reducing the joint's strength and hardness. The connection will become brittle if the weld grains are burned. Weld metal microstructures without thermal treatment reveal a little amount of ferrite phase and grain boundaries. The porosity of the weld may also be seen. This is due to heat being introduced during the welding process. The hardness of the weld region decreases due to the ferrite phase, which is not particularly uniform. The significant factor findings for the E309 electrode with an average value of 368.688 MPa and an SNR value of 50.689 dB are displayed in the factor level setting. The welding current setting factor is 110 A, with an average pressure of 370,628 MPa and an SNR of 51.411 dB. The average tensile strength was found to be 302,959 MPa by the testing data.

**Keyword:** Dissimilar Welding, AISI 4340, SS 304, Experimental Design, Taguchi Method

## DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul .....	i
Halaman Pengesahan .....	iii
Halaman Persetujuan.....	vii
Kata Pengantar .....	ix
Halaman Pernyataan Integritas .....	xi
Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi.....	xiii
Ringkasan.....	xv
Summary .....	xvii
Daftar Isi .....	xix
Daftar Gambar.....	xxii
Daftar Tabel .....	xxv
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1    Latar Belakang.....	1
1.2    Rumusan Masalah.....	2
1.3    Batasan Masalah .....	3
1.4    Tujuan Penelitian .....	4
1.5    Manfaat Penelitian .....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1    Teknologi Pengelasan.....	5
2.2    Pengelasan Tak Sejenis ( <i>Dissimilar Weld</i> ).....	6
2.3    Klasifikasi Proses Pengelasan.....	8
2.3.1    Proses Pengelasan Berdasarkan <i>Filler Metal</i> .....	9
2.3.2    Proses Pengelasan Berdasarkan Variasi .....	9
2.4 <i>Arc Welding</i> .....	10
2.4.1 <i>Carbon Arc Welding</i> .....	10
2.4.2 <i>Plasma Arc Welding</i> .....	11
2.4.3    Pengelasan Busur Logam Gas .....	12
2.4.4 <i>Submerged Arc Welding</i> .....	14

2.4.5	<i>Electro-slag Welding</i> .....	14
2.4.6	Pengelasan Busur Tungsten Gas .....	15
2.4.7	<i>Shielded Metal Arc Welding</i> .....	16
2.5	Sejarah Taguchi.....	17
2.5.1	Metode Taguchi.....	18
2.5.2	Tahapan dalam Metode Taguchi .....	19
2.5.3	Proses Taguchi .....	19
2.6	Metalurgi Las .....	21
2.6.1	Struktur Mikro Logam Las Tahan Karat.....	21
2.6.2	Mikrostruktur Logam Las BKR .....	21
2.6.3	Daerah Pengelasan .....	22
2.6.4	Perubahan Struktur Mikro Las .....	23
2.7	Paduan Baja Tahan Karat.....	23
2.7.1	<i>Type of Stainless Steel</i> .....	24
2.7.2	<i>Ferritic Stainless Steel</i> .....	24
2.7.3	<i>Austenitic Stainless Steel</i> .....	25
2.7.4	<i>Martensitic Stainless Steel</i> .....	26
2.7.5	<i>Duplex Stainless Steel</i> .....	26
2.8	Klasifikasi Baja .....	27
2.8.1	Baja Karbon.....	28
2.8.2	Baja Karbon Rendah .....	28
 BAB 3 METODE PENELITIAN .....		29
3.1	Diagram Alir Penelitian .....	29
3.2	Penetapan Variabel.....	30
3.2.1	<i>Independent Variable</i> .....	30
3.2.2	<i>Dependent Variable</i> .....	30
3.3	Persiapan Alat dan Bahan.....	31
3.3.1	Persiapan Alat .....	31
3.3.2	Persiapan Bahan .....	31
3.4	Prosedur Penelitian.....	32
3.4.1	Pemotongan Material Las.....	32
3.4.2	Penetapan <i>Orthogonal Array</i> (OA) .....	33
3.4.3	Proses Pengelasan SMAW .....	34
3.4.4	Pemotongan untuk Uji Sampel.....	35

3.5	Pengujian .....	36
3.5.1	Uji Tarik.....	36
3.5.2	Pengujian Metalografi .....	37
3.5.3	Pengujian Kekerasan Vickers.....	37
3.5.4	Pengujian Difraksi Sinar-X (XRD) .....	38
3.6	Analisa dan Pengolahan Data .....	39
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....		41
4.1	Perhitungan .....	41
4.1.1	Hasil Data Pengujian Tarik.....	41
4.2	Pengolahan Data .....	42
4.2.1	Analisa Metode Taguchi dengan ANOVA.....	42
4.2.2	Perhitungan Nilai <i>Mean</i> dan SNR .....	43
4.2.3	Perhitungan ANOVA dari Nilai <i>Mean</i> Setiap Faktor dan Tingkat Faktor .....	44
4.2.4	Perhitungan ANOVA terhadap Nilai <i>Mean</i> dari Setiap Faktor untuk SNR .....	50
4.2.5	Menentukan Pengaturan Level Optimal .....	52
4.2.6	Penentuan Nilai Interval Kepercayaan Kondisi Optimal.....	53
4.2.7	Eksperimen Validasi.....	54
4.3	Hasil Profil Pengujian Kekerasan.....	57
4.4	Pengamatan Metalografi.....	58
4.4.1	Pengujian dengan <i>Optical Microscopes</i> (OM) .....	59
4.4.2	Pengujian dengan Difraksi Sinar-X (XRD).....	62
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....		65
5.1	Kesimpulan .....	65
5.2	Saran .....	66
DAFTAR RUJUKAN .....		67
LAMPIRAN.....		71



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 <i>Carbon welding</i> .....	11
Gambar 2 Pengelasan busur plasma: (a) proses keseluruhan; (b) area pengelasan diperbesar dan menunjukkan <i>keyhole</i> .....	12
Gambar 3 <i>Basic GMAW system</i> .....	13
Gambar 4 <i>Gas metal arc welding</i> .....	13
Gambar 5 Pengelasan busur terendam: (a) proses keseluruhan; (b) area pengelasan diperbesar .....	14
Gambar 6 <i>Gas tungsten arc welding</i> .....	15
Gambar 7 Pengelasan busur logam pelindung: (a) proses keseluruhan; (b) area pengelasan diperbesar .....	17
Gambar 8 <i>Schematics representation of butt welded joint with the locations of hardness testing and examination of microstructure</i> .....	22
Gambar 9 <i>Raw materials</i> .....	23
Gambar 10 <i>Ferritic stainless steel microstructure</i> .....	26
Gambar 11 <i>Duplex stainless steel microstructure</i> .....	27
Gambar 12 <i>Austenitic stainless steel microstructure</i> .....	27
Gambar 13 Diagram alir penelitian .....	29
Gambar 14 Bentuk dan dimensi benda uji JIS Z 2201 .....	32
Gambar 15 Bentuk dan dimensi benda uji yang akan dilas .....	33
Gambar 16 Proses pengelasan SMAW .....	34
Gambar 17 Ukuran dimensi spesimen uji .....	35
Gambar 18 Hasil pemotongan spesimen uji yang sudah dilas .....	35
Gambar 19 Mesin uji tarik .....	36
Gambar 20 Mikroskop optik pengujian metalografi .....	37
Gambar 21 <i>Vickers</i> tipe VKH-2E dengan standar JIS B7725 .....	38
Gambar 22 <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	39
Gambar 23 Spesimen yang akan di uji tarik .....	41

Gambar 24 <i>Response graph</i> nilai <i>mean</i> .....	46
Gambar 25 Grafik respons nilai SNR.....	52
Gambar 26 Perbandingan nilai interval kepercayaan nilai <i>mean</i> .....	56
Gambar 27 Grafik profil analisa kekerasan sambungan las .....	58
Gambar 28 Logam induk SS 304 perbesaran 200X .....	59
Gambar 29 Daerah HAZ terhadap SS 304 perbesaran 200X .....	60
Gambar 30 Daerah <i>weld metal</i> perbesaran 200X .....	60
Gambar 31 Daerah HAZ pada AISI 4340 perbesaran 200X.....	61
Gambar 32 Logam induk AISI 4340 perbesaran 200X.....	62
Gambar 33 <i>Measurement profile of welding result</i> .....	63

## DAFTAR TABEL

Tabel 1 Tipe dan komposisi baja tahan karat.....	24
Tabel 2 Variabel bebas.....	30
Tabel 3 <i>Orthogonal Array L9</i> .....	34
Tabel 4 Hasil uji tarik material AISI 4340 dan SS 304 .....	42
Tabel 5 Hasil perhitungan nilai <i>mean</i> dan SNR.....	44
Tabel 6 Respons dari nilai <i>mean</i> .....	45
Tabel 7 ANOVA rata-rata sebelum <i>pooling up</i> .....	48
Tabel 8 ANOVA terhadap <i>mean</i> setelah <i>pooling-up</i> .....	50
Tabel 9 Respons dari nilai SNR eksperimen .....	51
Tabel 10 Level yang Berpengaruh .....	53
Tabel 11 Hasil uji tarik sambungan las eksperimen konfirmasi .....	55
Tabel 12 Selisih interval kepercayaan optimal dan konfirmasi .....	57
Tabel 13 <i>Crystal structure analysis results</i> .....	64
Tabel 14 <i>Peak list</i> .....	64

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Faktor yang paling penting dalam pengelasan non-serupa adalah memperbaiki *capability* performansi, formabilitas efisiensi yang baik, serta dapat mengurangi biaya kerugian karena lebih ekonomis. Oleh karena itu, banyak industrial yang menerapkan teknik *dissimilar weld* termasuk *automotive, oil and gas, petrochemical, geothermal, dan petroleum*. Semakin meningkatnya sektor dibidang rekayasa mengakibatkan pengembangan *dissimilar weld* semakin bervariasi. *Dissimilar weld* dipercayai dapat mendorong *credibility* terhadap efisiensi tinggi serta *deduct of cost*.

Sugiarto et al., (2012) menyatakan pengelasan *dissimilar metal* merupakan suatu proses penyambungan dua logam tak serupa yang mempunyai perbedaan sifat fisik dan material untuk mencapai sambungan yang diinginkan. Penyambungan dua buah logam yang tak sejenis dapat dilakukan dengan berbagai metode sesuai dengan kondisi serta bahan yang digunakan. Setiap metode pengelasan yang akan digunakan tentu memiliki kelebihan dan kekurangan tersendiri terhadap metode lainnya. Menurut Aditia et al., (2019) hal ini disebabkan saat melakukan penyambungan dengan metode yang telah dipilih harus menyesuaikan kondisi yang ada.

Sifat mekanik dari suatu bahan merupakan hal terpenting dalam melakukan proses penyambungan. Hal ini karena ada kaitanya dengan penerimaan beban tanpa timbul kegagalan pada struktur tertentu. Panas yang dihasilkan selama penyambungan dapat mengubah struktur kristal material dan mengurangi sifat fisik dan mekanik material yang akan dilas. Adapun menurut standar yang ditetapkan proses penyambungan memiliki

persyaratan kualitas meliputi kekuatan, ketangguhan, kekerasan dan elastisitas teradap korosi (Riyadi dan Setyawan, 2011).

Semakin majunya perkembangan industrial, *grade stainless steel* tipe *austenitic* menjadi yang paling populer diproduksi karena *corrosion formality* yang baik. Namun, *grade austenitic* rentan terhadap *stress corrosion cracking* (SCC). Hal ini dibuktikan dalam jurnal Lu et al., (2012) lapisan permukaan pada baja *stainless* AISI 304 (*austenitic*) menunjukkan dampak masif LP terhadap SCC yang melakukan induksi terhadap tegangan sisa sehingga menyebabkan *residual stress* yang dalam.

Didapatkan dari referensi sebelumnya peneliti bermaksud melakukan penyambungan tak sejenis antara pelat *stainless steel* 304 dan AISI 4340. Tentunya kedua jenis material ini memiliki karatersistik yang berbeda, sehingga mendorong peneliti untuk melakukan pengamatan agar menciptakan sambungan yang lebih baik. Metode pengelasan yang digunakan adalah SMAW dengan menggunakan metode Taguchi untuk mengoptimalkan hasil.

## 1.2 Rumusan Masalah

Industrialisasi pada bidang rekayasa dan reparasi merupakan indikator dari perkembangan teknologi. Teknik pengelasan sudah menjadi salah satu upaya dalam mendorong kualitas dari produk yang dijalankan. Banyaknya kasus kegagalan dalam bidang konstruksi mengakibatkan teknik penyambungan semakin berkembang. Namun ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kegagalan sambungan yaitu: perbedaan kuat arus, elektroda yang dipakai, tipe sambungan las, media pendinginan, suhu ruangan, dan masih banyak lagi.

Purnama et al., (2015) mengatakan terjadinya kerugian pada material AISI 4340 karena pengelasan tidak dapat diperbaiki dengan menggunakan metode SMAW pada elektroda E7018 yang berdiameter 3,2 mm. Untuk

menghindari kerugian tersebut maka, suatu proses atau metode ditentukan untuk mendapatkan nilai maksimum dan minimum dari suatu fungsi tertentu yang bekerja secara optimal. Proses inilah yang dinamakan dengan optimasi.

Penelitian ini bertujuan untuk mencari hasil optimal yang diperoleh dari variasi arus, elektroda, jenis sambungan, dan kecepatan terhadap kekuatan tarik sambungan las tak sejenis SMAW pada baja AISI 4340 dan *stainless steel* 304 menggunakan metode Taguchi. Desain penelitian menggunakan *orthogonal array/largh*  $L_9$ , sedangkan untuk analisis data penelitian menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) dengan perhitungan manual dari *Excel*.

### 1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian mengenai sambungan las tak sejenis SMAW pada baja AISI 4340 dan *stainless steel* 304 menggunakan metode Taguchi tersebut dibutuhkan batasan masalah sebagai berikut:

1. Metode penyambungan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*).
2. Menggunakan metode Taguchi dengan analisis data penelitian *Analysis of Variance* (ANOVA).
3. Variasi arus yang digunakan 90 A, 100 A, dan 110 A.
4. Tipe kampuh yang digunakan V, I, dan IV.
5. Kecepatan pengelasan yang dipakai 1 cm/mint, 2 cm/mint, dan 4 cm/mint.
6. Variasi *filler metal* yang digunakan E308, E309, dan E312 menggunakan jenis sambungan *but joint*.

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Pengembangan penelitian di atas tentunya memiliki beberapa tujuan yang dapat mencapai hasil yang maksimal sebagai berikut:

1. Melakukan penyambungan *dissimilar* (*stainless steel* 304 dan AISI 4340).
2. Menentukan parameter optimal dan faktor signifikan dalam setiap level faktor.
3. Membandingkan struktur mikro pada wilayah *weld metal*, *base metal*, dan *Heat Affected Zone* (HAZ).

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Pada penelitian sambungan las tak sejenis SMAW terhadap baja AISI 4340 dan *stainless steel* 304 menggunakan metode Taguchi terdapat beberapa manfaat yang dapat diambil oleh peneliti sebagai berikut:

1. Memberikan pemahaman mendalam mengenai pengelasan tak sejenis (*dissimilar weld*) yang kemudian dapat diterapkan pada bidang produksi, manufaktur, dan berbagai aplikasi industri lainnya.
2. Menemukan hasil terbaik dari sambungan tak sejenis terhadap faktor variasi yang diberlakukan sehingga dapat menjadi referensi faktor mana saja yang lebih baik dalam melakukan sambungan tersebut.
3. Memberikan pemahaman literatur terhadap mahasiswa khususnya mahasiswa teknik mesin sebagai acuan serta pertimbangan untuk melakukan pengelasan tak sejenis dengan baik.
4. Dapat menjadi acuan pemikiran mengenai karakteristik sifat mikrostruktur serta mekanik yang dapat membawa dampak baik terhadap ketahanan sambungan pada pengelasan dissimilar.

## DAFTAR RUJUKAN

- Aditia, Nurdin dan Saputra Ismy, A. (2019) “Analisa Kekuatan Sambungan Material AISI 1050 dengan ASTM A36 dengan Variasi Arus pada Proses Pengelasan SMAW,” *Change Of Physical-Metallurgical Properties Of Low- Alloy Steel 16Mo3 In The Heat Affected Zone In Welding Processes MMA And MAG Belma*, 1(1), hal. 1–4.
- Agustriyana, L. (2019) “Pengaruh Pengelasan Gtaw Pada Logam Bimetal Plat Baja Karbon Rendah Dan Stainless Steel Terhadap Sifat Mekanik Sambungan Las,” *Pengaruh Pengelasan Gtaw Pada Logam Bimetal Plat Baja Karbon Rendah Dan Stainless Steel Terhadap Sifat Mekanik Sambungan Las*, 20(2), hal. 167–180.
- Arifin, A. dan Sulistyawan, T. (2017) “Peningkatan Kualitas Sambungan Las Baja Karbon Rendah Dengan Metode Taguchi,” *FLYWHEEL : Jurnal Teknik Mesin Untirta*, III(2), hal. 59–63.
- Azwinur, A., Jalil, S. A. dan Husna, A. (2017) “Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Terhadap Sifat Mekanik pada Proses Pengelasan SMAW,” *Jurnal POLIMESIN*, 15(2), hal. 36–41.
- Budiyana, Z. dan Ari Wibowo, N. F. P. L. (2016) “Analisis Kekerasan Daerah HAZ Hasil Annealing Pengelasan Dengan Variasi Wire Feed Speed,” *Jurnal Teknik Politeknik Negeri Batam*.
- Cahya, M. R. dan Abdulah, A. (2019) “Analisis Terjadinya Korosi Batas Butir Akibat Proses Pengelasan GTAW pada Material Austenitic Stainless Steel AISI A304,” *Jurnal Teknologika*, 9(1).
- Christian, R. S. (2017) “Analisis Risiko Pada Unit Pengerjaan Pemotongan Plat (Ppl) Pekerjaan Pengelasan Gmaw Pt. Inka (Persero) Madiun.” UNIVERSITAS ARILANGGA.
- Dupont, J. N. dan Marder, A. R. (1995) “Thermal Efficiency of Arc Welding Processes,” *Welding Journal-Including Welding Research Supplement*. [Miami, American Welding Society]., 74(12), hal. 406s.
- Fakie, B., Buric, A. dan Muminovie, B. (2011) “Change Of Physical-Metallurgical Properties Of Low- Alloy Steel 16Mo3 In The Heat Affected Zone In Welding Processes MMA And MAG Belma,” *Change Of Physical-Metallurgical Properties Of Low- Alloy Steel 16Mo3 In The Heat Affected Zone In Welding Processes MMA And MAG Belma*, (September), hal. 129–132.
- Fitrianto, A. D. (2019) “Pengaruh Jenis Filler Terhadap Nilai Kekerasan Dan Struktur Mikro Stainless Steel Aisi 304 Pada Proses Pengerjaan Las Tig.” UNNES.



- Foret, R., Zlamal, B. dan Sopousek, J. (2006) "Structural Stability of Dissimilar Weld Between Two Cr-Mo-V Steels," *Weld J*, 85, hal. 211–217.
- George, T. N. (1962) A Centenary Lecture: The Concept of Homoeomorphy, *Proceedings of the Geologists' Association*.
- Gowthaman, K., Saiganesh, J. dan Rajamanikam, C. S. (2013) "Determination Of Submerged Arc Welding Process Parameters Using Taguchi Method And Regression Analysis," 2013 International Conference on Energy Efficient Technologies for Sustainability, ICEETS 2013. CSIR, hal. 842–847.
- Harsono, W. dan Okumura, O. T. (2000) "Teknologi Pengelasan Logam," Cetakan ke delapan Jakarta, PT Raja Grafindo Persada.
- Hendrawan, M. A. dan Rusmawan, D. D. (2014) "Studi Pengaruh Arus Dan Waktu Pengelasan Terhadap Sifat Mekanik Sambungan Las Titik (Spot Welding) Logam Tak Sejenis." Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Houldcroft, P. T. (1977) *Welding Process Technology*. Cambridge University Press.
- Huda, M. dan Setiawan, F. (2016) "Pengaruh Variasi Sudut Kampuh V dan Kuat Arus dengan Las Shielded Metal Arc Welding (SMAW) pada Baja A36 Terhadap Sifat Mekanik," *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, hal. 1–9.
- Jokosisworo, S. (2006) "Weldability, Welding Metallurgy, Welding Chemistry," *Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*, 3(3), hal. 65–69.
- Kain, V. (2011) *Stress Corrosion Cracking (SCC) In Stainless Steels, Stress Corrosion Cracking: Theory And Practice*. Woodhead Publishing Limited.
- Khoirofik, I. (2016) "Analisa Teknis Pengelasan Dissimilar Material Antara AA 6063 Dan AA 5083 Ditinjau Dari Aspek Mekanik Dan Metalurgi Pada Bangunan Kapal." Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Lu, J. Z. et al. (2012) "Effects Of Laser Peening On Stress Corrosion Cracking (SCC) Of ANSI 304 Austenitic Stainless Steel," *Corrosion Science*. Elsevier, 60, hal. 145–152.
- Metcalfé, J. C. dan Quigley, M. B. C. (1975) "Heat Transfer In Plasma-Arc Welding," *Welding journal*, 54(3), hal. 99–103.
- Mukherjee, M. dan Pal, T. K. (2012) "Influence Of Mode Of Metal Transfer On Microstructure And Mechanical Properties Of Gas Metal Arc-Welded Modified Ferritic Stainless Steel," *Metallurgical and Materials Transactions A*. Springer, 43(6), hal. 1791–1808.
- Nadzam, J. (2014) *Gas Metal Arc Welding*. Diedit oleh S. A. E. Jeff

- Nadzam. U.S.A: Lincoln Global Inc.
- Nostrand, R. Van (1990) *A Primer On The Taguchi Method.pdf*. New York.
- Parekke, S. (2017) “Pengaruh Variasi Arus Pada Pengelasan Smaw Dan Gtaw Terhadap Sifat Mekanis Dan Fisis Pada Logam Berbeda Baja Karbon Sedang Dengan Baja Tahan Karat Austenit,” *Dinamika Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 9(1), hal. 12–19.
- Phillips, D. H. (2016) *Welding Engineering, Welding Engineering*.
- Prabowo, A. A. (2019) “Pengaruh Media Pendingin Pada Proses Quenching Terhadap Kekerasan, Struktur Mikro, Dan Kekuatan Bending Baja Aisi 1010.” UNNES.
- Prasetya, C., Rahman, A. dan Efranto, R. Y. (2013) “Analisa Desain Eksperimen Pembuatan Batako Berbahan Alternatif Lumpur Lapindo dan Fly Ash dengan Metode Taguchi,” *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*, 1(1), hal. 57–65.
- Prayitno, D., Hutagalung, H. D. dan Aji, D. P. B. (2018) “Pengaruh Kuat Arus Listrik Pengelasan Terhadap Kekerasan Lapisan Lasan pada Baja ASTM A316,” *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, 3(1), hal. 1–6.
- Purnama, A. (2020) “Pengelasan Model SMAW dan GTAW Terhadap Kekuatan Tarik Material Baja ST 37,” *Pengelasan Model SMAW dan GTAW Terhadap Kekuatan Tarik Material Baja ST 37*. Medan, hal. 17.
- Purnama, D., Wardana, G. A. dan Adicandra, N. S. (2015) “Analisa Kekuatan Mekanik pada Material AISI 4340 Terhadap Welding Repair dengan Metode SMAW,” 14(3), hal. 7.
- Riyadi, F. dan Setyawan, D. (2011) “Analisa Mechanical dan Metallurgical Pengelasan Baja Karbon A36,” *Analisa Mechanical dan Metallurgical Pengelasan Baja Karbon A36*, hal. 1–12.
- Santoso, T. B., Solichin, S. dan Trihutomo, P. (2016) “Pengaruh Kuat Arus Listrik Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Las SMAW dengan Elektroda E7016,” *Jurnal Teknik Mesin*, 23(1).
- Sugiarto, S., Wahyudi, A. dan Masduki, M. (2012) “Dampak Perubahan Temperatur Lingkungan Terhadap Temperatur Puncak Las Dan Laju Pendinginan Sambungan Dissimilar Metal Menggunakan Las Mlg,” *Rekayasa Mesin*, 2(2), hal. 98–105.
- Sumarji (2011) “Studi Perbandingan Ketahanan Korosi Stainless Steel Tipe Ss 304 Dan Ss 201 Menggunakan Metode U-Bend Test Secara Siklik Dengan Variasi Suhu Dan Ph,” *Studi Perbandingan Ketahanan Korosi Stainless Steel Tipe Ss 304 Dan Ss 201 Menggunakan Metode U-Bend Test Secara Siklik Dengan Variasi Suhu Dan Ph*, 4, hal. 1–8.

- Surya, I. (2019) “Pengaruh Panas Las Gtaw (Gas Tungsten Arc Welding) Pada Material Stainless Steelgrade 316L Terhadap Uji Tarik Dan Komposisi Kimia Material,” *Jurnal Teknik Mesin*, 6(2).
- Suwarno, Debataraja, N. N. dan Rizki, S. W. (2017) “Optimasi kualitas Hallow Block dengan Metode Taguchi,” *Optimasi kualitas Hallow Block dengan Metode Taguchi*, 6(01), hal. 61–68.
- Vijayaraghavan, G. . dan Sundaravalli, S. (2016) *Welding Technology*. 1 ed. Diedit oleh D. S. Vijayaraghavan, Dr. G.k. dan Sundaravalli. India: shucitra publication.
- Zhang, Y. M. dan Zhang, S. B. (1999) “Observation of The Keyhole During Plasma Arc Welding,” *Welding Journal (Miami, Fla). AMERICAN WELDING SOC*, 78(2), hal. 53-s.