

SKRIPSI

**VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIK DAN
MEKANIK DISSIMILAR METAL WELDING
ASTM A36 DAN SS 316 MENGGUNAKAN
ELEKTRODA E316-16**



A. SAMI

03051182025009

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2024

HALAMAN PENGESAHAN

**VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK
DISSIMILAR METAL WELDING ASTM A36 DAN SS 316
MENGUNAKAN ELEKTRODA E316-16**

SKRIPSI

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

Oleh:

A.SAMI

03051182025009

Palembang, 08 Maret 2024

Diperiksa dan disetujui oleh

Pembimbing Skripsi

Mengetahui,

4 Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

Nurhabibah Paramitha Eka Utami, S.T., M.T.
NIP. 198911172015042003

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No.
Diterima Tanggal
Paraf

: 074/TKMYAK/2024

: 22-03-2024

: 

SKRIPSI

NAMA : A.SAMI
NIM : 03051182025009
JURUSAN : TEKNIK MESIN
JUDUL SKRIPSI : VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK *DISSIMILAR METAL WELDING* ASTM A36 DAN SS 316 MENGGUNAKAN ELEKTRODA E316-16
DIBUAT TANGGAL : 16 MARET 2023
SELESAI TANGGAL : 19 JANUARI 2024

Palembang, Februari 2024

Diperiksa dan disetujui oleh:
Pembimbing Skripsi

Mengetahui,

 Ketua Jurusan Teknik Mesin



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



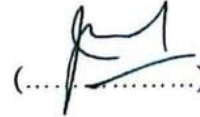
Nurhabibah Paramitha Eka Utami, S.T., M.T.
NIP. 198911172015042003

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah Skripsi dengan judul “Variasi Arus Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Dissimilar Metal Welding ASTM A36 dan SS 316 Menggunakan Elektroda E316-16”. telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 9 Oktober 2023.

Palembang, 29 Februari 2024
Tim Penguji Karya tulis ilmiah berupa Skripsi
Ketua Penguji :

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



Sekretaris Penguji :

2. Akbar Teguh Prakoso, S.T., M.T
NIP 199204122022031009



Penguji :

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



Palembang, 9 Oktober 2023
Diperiksa dan disetujui oleh :

Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

Pembimbing Skripsi



Nurhabibah Paramitha Eka Utami, S.T., M.T
NIP. 198911172015042003

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang dibuat untuk memenuhi syarat mengikuti Sidang Skripsi pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dengan judul “Variasi arus terhadap sifat fisik dan mekanik *dissimilar metal welding* ASTM A36 dan SS 316 menggunakan elektroda E316-16”.

Pada kesempatan ini dengan setulus hati Penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala bimbingan dan bantuan yang telah diberikan dalam penyusunan Skripsi ini kepada:

1. Ibu, Baba, Kak Nia, Bang Aan, Bunga, Khodijah dan Muhammad yang telah memberikan doa, kasih sayang, dorongan dan semangat demi keberhasilan Penulis.
2. Nurhabibah Paramitha Eka Utami, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah banyak sekali memberikan arahan, saran serta nasihat dalam menyelesaikan Skripsi ini.
3. Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D. IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D. IPP. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
5. Gunawan, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Pembina Mahasiswa Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
6. Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi, M.T. selaku Dosen Pengarah yang membantu dalam pembuatan Skripsi ini.
7. Seluruh tenaga pendidik dan kependidikan di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, yang telah memberikan ilmu dan pelajaran yang bermanfaat kepada Penulis selama masa perkuliahan.
8. Seluruh pihak yang telah mendukung Penulis dalam pembuatan Skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam Penulisan Skripsi ini masih banyak sekali kekurangan karena keterbatasan wawasan Penulis. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun untuk kelanjutan Skripsi ini akan sangat membantu. Akhir kata Penulis berharap semoga Skripsi ini bermanfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang.

Indralaya, 16 Maret 2024

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'A. Sami', with a horizontal line extending to the right.

A.Sami

NIM. 03051182025009

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : A.Sami

NIM : 03051182025009

Judul : Variasi Arus terhadap Sifat Fisik dan Mekanik *Dissimilar Metal welding* ASTM A36 dan SS 316 menggunakan elektroda E316-16.

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, 16 Maret 2024



A.Sami

03051182025009

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : A.Sami

NIM : 03051182025009

Judul : Variasi arus terhadap Sifat Fisik dan Mekanik *Dissimilar Metal Welding*
ASTM A36 dan SS 316 menggunakan elektroda E316-16

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.



Indralaya, Maret 2024



A.Sami

NIM. 03051182025009

RINGKASAN

VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK *DISSIMILAR METAL WELDING* ASTM A36 DAN SS 316 MENGGUNAKAN ELEKTRODA E316-16

Karya Tulis Ilmiah berupa skripsi, 13 Maret 2024

A.Sami, dibimbing oleh Nurhabibah Paramitha Eka Utami, S.T.,M.T.

xxvii + 56 halaman, 6 tabel, 20 gambar, 14 lampiran

RINGKASAN

Dissimilar metal welding merupakan teknik penting dalam industri manufaktur untuk menggabungkan material yang berbeda. Baja karbon ASTM A36 dan stainless steel 316 adalah dua jenis material yang umum digunakan dalam berbagai aplikasi. Pengelasan dissimilar metal antara A36 dan SS 316 menghadirkan tantangan karena perbedaan sifat fisik dan mekaniknya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh arus pengelasan terhadap karakteristik fisik dan mekanik Dissimilar Metal welding ASTM A36 dan SS 316 dengan menggunakan Elektroda E316-16. Penelitian ini menggunakan metode ekperimental dengan variasi kuat arus pada rentang 60 A, 70 A, dan 80 A. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah Pengujian dye penetrant, Pengujian Impak, Pengamatan Optical Microscope dan Pengujian Kekerasan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi kuat arus berpengaruh signifikan terhadap sifat fisik dan mekanik sambungan las, arus pengelasan yang lebih tinggi menghasilkan kekerasan yang lebih tinggi. Ditunjukkan dengan beberapa kehadiran cacat pada uji dye penetrant dan mempengaruhi ketangguhan daerah las pada hasil impak. Arus las yang tinggi berbanding lurus dengan masukan panas atau Heat Input sehingga dapat menyebabkan logam las meleleh dan membeku dengan cepat. Butir yang lebih kecil akan membentuk banyak batas butir. Batas butir bertindak sebagai penghalang pergerakan dislokasi, yang merupakan penyebab penurunan kekerasan material. Butir yang kecil memiliki struktur mikro yang halus sehingga

menyebabkan peningkatan kekuatan dan kekerasan pada material. Maka arus 80 A paling cocok untuk digunakan pada Dissimilar Metal Welding ASTM A36 dan SS 316 dengan metode SMAW menggunakan Elektroda E316-16.

Kata kunci : Dissimilar Metal Welding, ASTM A36, SS 316, E316-16, Arus Pengelasan, Sifat Fisik, Sifat Mekanik

SUMMARY

CURRENT VARIATION ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF DISSIMILAR METAL WELDING ASTM A36 AND SS 316 USING E316-16 ELECTRODES

A.Sami, Supervised by Nurhabibah Paramitha Eka Utami, S.T.,M.T

xxvii + 56 pages, 6 tables, 20 figures, 14 appendies

SUMMARY

Dissimilar metal welding is an important technique in the manufacturing industry to join dissimilar materials. ASTM A36 carbon steel and 316 stainless steel are two common types of materials used in various applications. Dissimilar metal welding between A36 and SS 316 presents challenges due to the differences in their physical and mechanical properties. This study aims to analyze the effect of welding current on the physical and mechanical characteristics of Dissimilar Metal welding ASTM A36 and SS 316 using E316-16 Electrode. This research uses an experimental method with variations in current strength in the range of 60 A, 70 A, and 80 A. The tests carried out in this study are dye penetrant testing, impact testing, optical microscope observation and hardness testing. The results showed that variations in current strength had a significant effect on the physical and mechanical properties of welded joints, higher welding currents resulted in higher hardness. This is indicated by the presence of some defects in the dye penetrant test and affects the toughness of the weld area in the impact results. High welding currents are directly proportional to heat input, which can cause the weld metal to melt and solidify quickly. Smaller grains will form many grain boundaries. Grain boundaries act as barriers to dislocation movement, which is the cause of decreased hardness of the material. Small grains have a fine microstructure leading to increased strength and hardness of the material. So 80 A current is most

suitable to be used for Dissimilar Metal Welding ASTM A36 and SS 316 by SMAW method using E316-16 Electrode.

Keywords: Dissimilar Metal Welding, ASTM A36, SS 316, E316-16, Welding Current, Physical Properties, Mechanical Properties

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	iii
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERSETUJUAN	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	xiii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	xv
RINGKASAN	xvii
SUMMARY	xix
DAFTAR ISI	xxi
DAFTAR GAMBAR	xxiii
DAFTAR TABEL	xxv
DAFTAR SIMBOL	xxvii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Metode Penelitian.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Teknologi Pengelasan	5
2.2 <i>Dissimilar Metal Welding</i>	6
2.3 <i>Shield Metal Arc Welding</i>	7
2.3.1 Arus Pengelasan	7
2.3.2 Elektroda E316-16	8
2.4 Baja Karbon Rendah (ASTM A36).....	8
2.5 Pengelasan Baja Karbon Rendah ASTM A36	10
2.6 <i>Stainless Steel</i> 316.....	11
2.7 Pengelasan <i>Stainless Steel</i>	12
2.7 Pengelasan Baja Karbon Rendah dan <i>Stainless Steel</i>	13

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	16
3.2 Alat dan Bahan yang Digunakan.....	16
3.2.1 Alat.....	16
3.2.2 Bahan.....	16
3.3 Proses Pengelasan	17
3.4 Pengujian Spesimen	18
3.4.1 Uji <i>Dye Penetrant</i>	18
3.4.2 Uji Impak.....	19
3.4.3 Pengamatan <i>Optical Microscope</i>	21
3.4.4 Uji Keras	23
3.5 Analisa Pengolahan Data	24
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Uji <i>Dye Penetrant</i>	25
4.2 Uji Impak.....	27
4.3 Pengamatan <i>Optical Microscope</i>	28
4.3.1 Analisa Pengamatan <i>Optical Microscope</i>	28
4.4 Uji Kekerasan.....	38
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 Kesimpulan.....	41
5.2 Saran.....	41
DAFTAR RUJUKAN	43
LAMPIRAN	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Shield Metal Arc Welding</i> (Wiryosumatro & Okumura, 2000).....	7
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian	17
Gambar 3.2 Langkah Pengujian <i>Dye Penetrant</i>	20
Gambar 3.3 Alat Uji Impak	22
Gambar 3.4 Mikroskop Optik	23
Gambar 3.5 Alat Uji Keras <i>Vickers</i>	25
Gambar 4.1 Pengujian <i>Dye Penetrant</i> dengan Arus 60 A	27
Gambar 4.2 Pengujian <i>Dye Penetrant</i> dengan Arus 70 A	27
Gambar 4.3 Pengujian <i>Dye Penetrant</i> dengan Arus 80 A	28
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Hasil Uji Impak	29
Gambar 4.5 Logam Induk ASTM A36 dengan Arus 60 A	31
Gambar 4.6 HAZ ASTM A36 dengan Arus 60 A.....	31
Gambar 4.7 Logam Induk SS 316 Arus 60 A	32
Gambar 4.8 HAZ SS 316 Arus 60 A	33
Gambar 4.9 Kawat Las E316-16	34
Gambar 4.10 Logam Induk ASTM A36 dengan Arus 70 A	34
Gambar 4.11 HAZ ASTM A36 dengan arus 70 A.....	35
Gambar 4.12 Logam Induk SS 316 Arus 70 A	36
Gambar 4.13 HAZ SS 316 Arus 70 A.....	36
Gambar 4.14 Kawat Las E316-16 pada Arus 70 A	37
Gambar 4.15 Logam Induk ASTM A36 dengan Arus 80 A	37
Gambar 4.16 HAZ ASTM A36 dengan Arus 80 A	38
Gambar 4.17 Logam induk SS 316 dengan Arus 80 A.....	39
Gambar 4.18 HAZ SS 316 dengan Arus 80 A	39
Gambar 4.19 Kawat Las E316-16 pada Arus 80 A	40
Gambar 4.20 Hasil pengujian kekerasan <i>Vickers</i>	41

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 (Komposisi Kimia E316-16)	9
Tabel 2.2 (ASTM Volume 9, 2012)	10
Tabel 2.3 (ASTM Section A36, 2004)	10
Tabel 2.4 Komposisi Kimia SS 316 (Prajitno dkk., 2019)	13
Tabel 2.5 Sifat Mekanik SS 316 (Margono dkk.,2020)	13
Tabel 4.1 Hasil Uji Impak	29

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Spesimen Uji	49
Lampiran 2 Kampuh V	49
Lampiran 3 Alat Las SMAW	49
Lampiran 4 Proses Pengelasan	50
Lampiran 5 Pengujian <i>Dye Penetrant</i>	50
Lampiran 6 Spesimen Uji Impak	50
Lampiran 7 Hasil Uji Impak	51
Lampiran 8 Pengukuran Uji Keras	51
Lampiran 9 Tabel Hasil Uji Keras <i>Vickers</i> Arus 60 A.....	52
Lampiran 10 Tabel Hasil Uji Keras <i>Vickers</i> Arus 70 A	53
Lampiran 11 Tabel Hasil Uji Keras <i>Vickers</i> Arus 80 A	54
Lampiran 12 Kartu Bimbingan Skripsi	55
Lampiran 13 Hasil Akhir Cek <i>Plagiarisme</i> (Turnitin)	56
Lampiran 14 pernyataan bebas <i>Plagiarisme</i>	57

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengelasan adalah metode untuk menyatukan dua atau lebih material logam dengan memanfaatkan panas untuk menggabungkannya menjadi satu kesatuan (Wiryosumarto & Okumura, 2000). Beberapa cara yang berbeda dapat digunakan untuk mengaplikasikan energi panas pada logam agar dapat dicairkan, seperti menggunakan pembakaran gas, radiasi elektron, gesekan, gelombang ultrasonik, hambatan listrik, atau arus listrik melalui busur. Berdasarkan cara penghubungannya, pengelasan dapat dibagi menjadi beberapa jenis, termasuk Shielded Metal Arc Welding (SMAW), Submerged Arc Welding (SAW), Gas Metal Arc Welding (GMAW), dan Gas Tungsten Arc Welding (GTAW), dan metode lainnya. Pengelasan berdasarkan bahan yang dilas dapat dibedakan menjadi pengelasan sejenis dan tidak sejenis.

Seiring berkembangnya teknologi di bidang konstruksi, hampir setiap proses pembangunan pabrik melibatkan unsur pengelasan. Maka, penting sekali untuk mengatur arus yang ideal agar hasil pengelasan mencapai standar kualitas yang tinggi. Penerapan beragam teknik pengelasan secara luas digunakan dalam berbagai proyek konstruksi seperti pembangunan kapal, jembatan, struktur baja, bejana tekan, kendaraan, rel, pipa, dan bidang lainnya telah menjadi hal yang biasa (Pratama dkk., 2020).

Secara umum, penggunaan pengelasan logam tidak sejenis atau Dissimilar Metal Welding pada bidang konstruksi karena kelebihanannya dalam pengurangan biaya. Proses pengelasan logam tidak sejenis yaitu ketika logam yang berbeda disatukan melalui pengelasan, dimana mereka memiliki perbedaan dalam sifat fisik, mekanik, termal, dan metalurgi. Hal ini menyebabkan perlu adanya penelitian terhadap karakteristik dari sambungan las yang dihasilkan. Contohnya, saat melakukan pengelasan antara SS 316 dan baja karbon rendah,

akan terjadi perbedaan dalam struktur mikro dan sifat mekanik di daerah sambungannya. Pentingnya pengontrolan terhadap struktur mikro di daerah las, terutama saat melakukan *root pass*, karena dapat menghasilkan fasa campuran austenit, ferit, dan martensit (Jhon C. Lippold & Damian J. Kotecki, 2005).

Penggabungan logam menggunakan listrik untuk memanaskan dan elektroda sebagai bahan tambahan dikenal sebagai proses Las SMAW. Proses ini sering dipilih karena kemudahannya, efisiensinya secara ekonomis, dan hasil pengelasannya dinilai berdasarkan karakteristik mekanik dan fisiknya, serta biaya investasi yang terjangkau (Azwinur & Muhazir, 2019).

Parameter-parameter tertentu, seperti kuat arus, memiliki pengaruh signifikan terhadap sifat mekanik suatu pengelasan. Ketika arus listrik yang diterapkan semakin tinggi, intensitas tarikan dan kekerasan hasil penyambungan juga meningkat. Hal ini disebabkan oleh penetrasi las yang lebih dalam akibat arus yang besar, yang menghasilkan sambungan las yang lebih kuat. Selain memengaruhi sifat mekanik, kuat arus juga memengaruhi struktur mikro dari produk las. Semakin meningkatnya intensitas arus yang digunakan, semakin signifikan perubahan struktur mikro terlihat di area pengelasan dan zona Heat-Affected Zone (HAZ). Itulah mengapa penelitian ini fokus pada pengaruh variasi kuat arus dalam proses pengelasan terhadap karakteristik fisik dan mekanik dari material ASTM A36 dan SS 316.

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian mengenai pengelasan dissimilar ASTM A36 dan SS316L sudah banyak dilakukan. Akan tetapi penggunaan material SS316 dimana material ini memiliki kandungan karbon lebih tinggi dengan menggunakan elektroda E316-16 masih dalam pengembangan. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dianalisa variasi kuat arus pada *dissimilar metal* ASTM A36 dan SS316 menggunakan elektroda E316-16.

1.3 Batasan Masalah

Batasan-batasan diterapkan agar inti dari masalah dapat diselesaikan

dengan spesifik sesuai dengan judul penelitian ini. Adapun Batasan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Pengelasan *dissimilar metal* dilakukan pada material ASTM A36 dan SS 316 menggunakan metode SMAW dan Elektroda E316-16.
2. Arus pengelasan yang digunakan adalah 60,70,80 Ampere.
3. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah Pengujian *dye penetrant*, Pengujian Impak, Pengamatan *Optical Microscope* dan Pengujian Kekerasan.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis pengaruh arus pengelasan terhadap mekanik *Dissimilar Metal welding* ASTM A36 dan SS 316.
2. Menganalisis pengaruh arus pengelasan terhadap karakteristik fisik ASTM A36 dan SS 316 dengan Elektroda E316-16

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan memberi manfaat sebagai berikut :

1. Untuk memberikan kontribusi positif dalam ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya dibidang pengelasan logam.
2. Menambah pengetahuan tentang *Dissimilar Metal Welding* ASTM A36 dan SS 316.

1.6 Metode Penelitian

Dalam penelitian kali ini, penulis menggunakan metode penelitian, sebagai berikut :

1. Studi Literatur
2. Eksperimental

DAFTAR RUJUKAN

- Arifin, J., Purwanto, H., Syafa'at, I. (2017). Pengaruh Jenis Elektroda Terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan Smaw Baja Astm A36. *Jurnal Momentum UNWAHAS*, vol. 13, no. 1, hal 27-31.
- ASTM Standard E92-82 (2003) Standard test method for vickers hardness of metallic materials. West Conshohocken, PA.
- A. Azwinur dan M. Muhazir (2019), "Pengaruh jenis elektroda pengelasan SMAW terhadap sifat mekanik material SS400," *J. POLIMESIN*, vol. 17, no. 1, hal. 19– 25
- Arifin, Jaenal, et al. "Pengaruh Jenis Elektroda Terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan Smaw Baja Astm A36." *Jurnal Momentum UNWAHAS*, vol. 13, no. 1, 2017, doi:10.36499/jim.v13i1.1756.
- B. Dwi Nata, O., Hidayat, M., Ali Rohman, S. (2021). analisis kekuatan uji bending pengelasan shielded metal arc welding (smaw) material ss400 menggunakan kawat las e6013 berbagai variasi arus listrik. *Jurnal Teknik dan sains UTS*, Vol. 2 No. 1
- Easterling, K. (1992). 'Introduction to the Physical Metallurgy of Welding 2nd Edition', Butterworth-Heinemann
- Gharibshahiyan, E. dkk. (2011) 'The Effect Of Microstructure On Hardness And Toughness of Low Carbon Welded Steel Using Inert Gas Welding', *Materials and Design*, 32(4), pp. 2042–2048. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2010.11.056>.
- Hadi Prajitno, D., Setiawan, J. (2019). Perilaku elektrokimia baja tahan karat ss 316 dalam media nano fluida. *Jurnal Batan*, Vol 25 No 1
- Istiqlalayah, H., Rhohman, F. (2016). Pengaruh variasi temperatur annealing terhadap kekerasan sambungan baja st -37. *J. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 4.
- Iqbal Hamdi, Taufiqullah, Herry Oktadinata. "Pengaruh Variasi Posisi pengelasan terhadap distorsi dan sifat mekanik hasil pengelasan baja ss400 menggunakan metode GMAW." *jurnal ilmiah teknik mesin 8.1* (2020) 1-10.
- Jhon C. Lippold, & Damian J. Kotecki. (2005). *Welding Metallurgy and Weldability of Stainless Steels*.
- M.A.P. Famoesa, P.I. Santosa, and E. Pranatal, "Pengaruh Variasi Sudut Kampuh V pada Sambungan Las FCAW dari Material Baja SS 400," *Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan (SEMATAN)*, vol. 2, no. 1, pp. 85-93, 2020.

- Margono, B., Haikal, Moch.Chamim. (2019). Pengaruh tekanan tempa dan waktu pengelasan terhadap sifat fisik dan mekanik sambungan friction weldinglogam tak sejenis ss-316 dan aisi-4140. *Jurnal Teknik*, vol 6 No 1.
- Mosaad, M., & Mohamed, S. S. (2020). Effect of electrode type on the characteristics of AISI 316 Stainless Steel. In *engineering research journal (erj)* (Vol. 1, Issue 44).
- Moslemi, N., Redzuan, N., Ahmad, N., Hor, T. N. (2015). Effect of current on characteristic for 316 Stainless Steel welded joint including microstructure and mechanical properties. *Procedia CIRP*, 26, 560–564.
- Muhammad Iqbal Pahlevi Noor, & Yunus. (2021). Pengaruh tegangan listrik dan waktu pengelasan terhadap karakteristik fisik dan mekanik sambungan las titik 3 lapis *Stainless Steel* 304, 316, dan 317L. *Jurnal Teknik Mesin UNESA*, Vol 9 No 1.
- Nasrul, Y., Suryanto, H., Qolik, A. (2016). Pengaruh Variasi Arus Las SMAW terhadap Kekerasan dan Kekuatan Tarik Sambungan Dissimilar SS 304 dan ST 37. *Jurnal Teknik Mesin Vol 24*, Universitas Negeri Malang.
- Lestari, N., Sidharta, B., Purnomo A. (2020). Pengaruh arus pengelasan SS 304 menggunakan Shielded Metal Arc Welding (SMAW) terhadap kekuatan mekanisnya. *Jurnal Teknik Mesin UNESA*, Vol 16 No.01.
- Pamengku, R. (2021). Pengaruh variasi arus listrik terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro pada baja astm a36 dengan metode pengelasan gmaw (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Malang).
- Parekke, S., Leonard, J., & Muchsin, A. H. (2014). The Effects of Dissimilar Metal Welding (AISI 1045) with (AISI 316l) on Mechanical Properties and Micro Structure. *J. Sains & Teknologi*, Desember, vol 3 No 2, 191–198.
- Rohimudin, R., Dwiputra, G. A. and Supriyadi, S. (1) “Analisis Defect pada Hasil Pengelasan Plate Konstruksi Baja dengan Metode Six Sigma”, *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, 2(1), pp. 1-10. doi: 10.30656/intech.v2i1.857.
- Rusnaldy, Erfas Maulana, M. Pengujian Mampu Las Baja Karbon Astm A36 dengan proses las busur listrik. *Jurnal Teknik Mesin UNDIP*. Vol 19 No 4
- Suarsana. (2017). *Ilmu Material Teknik*. Universitas Udayana, 47–56.
- Suntari, Purwanto, H., Respati, S. M. B., Sugiarto, Abidin, Z. (2022). Effect of Electrode Diameter and Current on Dissimilar Metal Welding (Stainless Steel - Galvanized Steel) in Bus Body Construction: Microstructure and Properties Evaluation. *Automotive Experiences*, 5(3), 402–415.

- Sutrimo, S. (2012). Pengaruh Masukan Panas Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanik pada Pengelasan Busur Rendam Baja Karbon AISI 1020. *MeTriKPolban*, 5(02),34.<https://doi.org/10.35313/metrik.v5i02.10>
- Swallman, R., & Bishop, R. (1999). *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material*. Erlangga.
- Widianto Eko. (2021). Uji hasil pengelasan non destructive testing (ndt) “magnetic particle inspection (mpi) baja karbon aisi 1045 dengan metode wet visible”, skripsi. Program Studi Teknik Mesin Universitas Diponegoro.
- Wijoyo, Ulil Albab, Wahyu Tri Andika dan Muhammad Wahyu Darajat. (2019). Karakteristik kekuatan Tarik Sambungan Las Tak Sejenis Baja karbon-*Stainless Steel*. *Jurnal Teknik Mesin Untirta*. Vol V, No.1, hal. 60-64.
- Wiryosumarto, H., & Okumura, T. (2000). *Teknologi Pengelasan Logam*, Jakarta : Pratnya Paramita
- Yi, H.J.; Lee, Y.J.; Kim, J.Y.; Kang, S.S. Effect of microstructure and chemical composition on cold crack susceptibility of high-strength weld metal. *J. Mater. Res. Technol.* 2011, 25, 2185–2193.
- Yudistira Pratama, R., Basuki, M., Erifive Pranatal, dan arief rachman hakim, j. (2020). Pengaruh variasi arus pengelasan smaw untuk posisi pengelasan 1g Pada material baja kapal ss 400 terhadap cacat pengelasan. *Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan (SEMITAN)*, Vol 2 No 1, 203-209.