

SKRIPSI
PENGARUH VARIASI KUAT ARUS *DISSIMILAR*
***METAL WELDING* ASTM A36 DAN SS 316**
MENGGUNAKAN ELEKTRODA E6010



OLEH:
WISNU HAFIZ PRASTYANTO
03051382025091

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2024

SKRIPSI

**PENGARUH VARIASI KUAT ARUS *DISSIMILAR*
METAL WELDING ASTM A36 DAN SS 316
MENGUNAKAN ELEKTRODA E6010**

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



OLEH:

WISNU HAFIZ PRASTYANTO

03051382025091

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2024

HALAMAN PENGESAHAN

**PENGARUH VARIASI KUAT ARUS *DISSIMILAR*
METAL WELDING ASTM A36 DAN SS 316
MENGUNAKAN ELEKTRODA E6010**

SKRIPSI

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

Oleh:

WISNU HAFIZ PRASTYANTO

03051382025091

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

Palembang, 28 Februari 2024

Pembimbing



Nurhabibah Paramitha EU, S.T., M.T
198911172015042003

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No.
Diterima Tanggal
Paraf

: 006/TTM/AK/2024
: 22 Maret 2024



SKRIPSI

NAMA : WISNU HAFIZ PRASTYANTO
NIM : 03051382025091
JURUSAN : TEKNIK MESIN
JUDUL SKRIPSI : PENGARUH VARIASI KUAT ARUS
DISSIMILAR METAL WELDING ASTM A36
DAN SS 316 MENGGUNAKAN ELEKTRODA
E6010
DIBUAT TANGGAL : 1 JUNI 2023
SELESAI TANGGAL : 30 JANUARI 2024

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Irvadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D
197112251997021001

Palembang, 20 Maret 2024

Diperiksa dan disetujui oleh:
Pembimbing



Nurhabibah Paramitha EU, S.T., M.T
198911172015042003

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah Skripsi dengan judul “Pengaruh Variasi Kuat Arus *Dissimilar Metal Welding* ASTM A36 dan SS 316 Menggunakan Elektroda E6010”. telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 29 Februari 2024.

Palembang, 29 Februari 2024

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Berupa Skripsi

1. Ketua Penguji :

Gunawan, S.T., M.T

NIP. 197705072001121001

(.....)

2. Sekretaris Penguji :

Akbar Teguh Prakoso, S.T., M.T

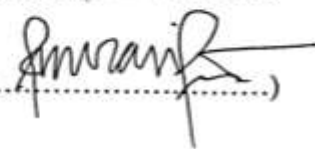
NIP. 199204122022031009

(.....)

3. Penguji :

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

NIP. 197909272003121004

(.....)

Palembang, 29 Februari 2024

Diperiksa dan disetujui oleh :

Ketua Jurusan Teknik Mesin




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

NIP. 197112251997021001

Pembimbing Skripsi



Nurhabibah Paramitha EU, S.T., M.T

NIP. 198911172015042003

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan pada Allah Subhanahuwata'ala atas rahmat-Nya yang diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini berjudul **“PENGARUH VARIASI KUAT ARUS *DISSIMILAR METAL WELDING* ASTM A36 DAN SS 316 MENGGUNAKAN ELEKTRODA E6010”**.

Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat mendapatkan gelar Sarjana pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Pada proses penyusunan skripsi, penulis banyak mendapatkan bantuan, saran, dukungan serta do'a dari orang tua. Oleh sebab itu saya mengucapkan terima kasih kepada orang tua atas dukungan moral, bantuan, nasihat, dan materil yang telah diberikan pada penulis. Penulis juga mengucapkan terima kasih banyak kepada pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini baik secara langsung ataupun tak langsung kepada:

1. Rahadi Argowaluyojati dan Ibu Suhartini sebagai orang tua penulis yang selalu memberi *support* kepada dan selalu memberi motivasi.
2. Nurhabibah Paramitha Eka Utami S.T, M.T selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan banyak waktu, ilmu yang bermanfaat dan motivasi untuk terus berkembang dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini.
3. Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya
4. Seluruh Dosen di jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya atas ilmu, nasihat dan bimbingan selama proses perkuliahan.

Hanya terima kasih yang dapat penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah membantu, semoga Allah Subhanahuwata'ala membalas semua kebaikan yang sudah diberikan kepada saya dengan rahmat dan karunia-Nya. Akhir kata penulis mengharapkan agar skripsi ini dapat bermanfaat untuk kemajuan ilmu pengetahuan di masa yang datang.

Palembang, 8 Maret 2024



Wisnu Hafiz Prastyanto

NIM: 03051382025091

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Wisnu Hafiz Prastyanto

NIM : 03051382025091

Judul : Pengaruh Variasi Kuat Arus *Dissimilar Metal Welding* ASTM A36
Dan SS 316 Menggunakan Elektroda E6010

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.

Indralaya, 19 Maret 2024



Wisnu Hafiz Prastyanto
NIM. 03051382025091

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Wisnu Hafiz Prastyanto

NIM : 03051382025091

Judul : Pengaruh Variasi Kuat Arus *Dissimilar Metal Welding* ASTM A36
Dan SS 316 Menggunakan Elektroda E6010

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, 19 Maret 2024



Wisnu Hafiz Prastyanto
NIM. 03051382025091

RINGKASAN

PENGARUH VARIASI KUAT ARUS *DISSIMILAR METAL WELDING* ASTM A36 DAN SS 316 MENGGUNAKAN ELEKTRODA E6010

Karya Tulis Ilmiah berupa skripsi, 9 Maret 2024

Wisnu Hafiz Prastyanto, dibimbing oleh Nurhabibah Paramitha Eka Utami, S.T, M.T.

xxvii + 82 halaman, 5 tabel, 18 gambar, 13 lampiran

RINGKASAN

Pengelasan adalah teknik manufaktur utama yang digunakan dalam berbagai aplikasi industri. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui hubungan antara variasi kuat arus terhadap sifat fisik dan sifat mekanik pada pengelasan SMAW *disimilar metal* antara ASTM A36 dan SS 316 menggunakan elektroda E6010. Pengujian *dye penetrant* dilakukan untuk mengidentifikasi cacat yang terdapat pada permukaan area disekitar pengelasan dari setiap arus yang berbeda. Pengelasan arus 60 Ampere yang setelah di *dye penetrant* terdapat porositas, *splatter*, dan *start and stop*. Pada bagian logam las dan HAZ SS 316 terdapat fasa *bainit* dan *ferrite widmanstatten*, hal tersebut terjadi akibat terjadinya laju pendinginan yang cepat. Memperlihatkan adanya fasa *ferrite* yang berwarna putih dan *perlit* yang berwarna hitam. Hasil uji impak pada spesimen uji yang telah di las dengan variasi arus. Nilai tertinggi terdapat pada material las yang menggunakan arus 80 Ampere sebesar 220,53 J/mm² dan nilai terendah pada arus 60 Ampere sebesar 193,11 J/mm. Dapat disimpulkan kekerasan tertinggi pada logam las arus 80 Ampere dengan nilai kekerasan 343.32 HVN dan pada arus 60 Ampere sebesar 219.40 HVN. Panas yang masuk mempengaruhi laju pendinginan yang berdampak terhadap perubahan bentuk struktur mikro. Penggunaan arus yang tinggi didapat

hasil sambungan las yang baik di bandingkan dengan arus yang lebih rendah. Hasil pengujian mikro menunjukan bahwa struktur mikro pada logam las setiap arus memiliki bentuk dan jumlah butir yang berbeda, ini di pengaruhi oleh tinggi rendahnya arus.

Kata Kunci: *Dissimilar metal, SMAW, ferrite, perlit, bainit, ferrite widmanstatten, dye penetrant, ASTM A36, SS 316, E6010.*

Kepustakaan : 49 (1992-2023)

SUMMARY

EFFECT OF VARIATIONS IN DISSIMILAR CURRENT STRENGTH OF METAL WELDING ASTM A36 AND SS 316 USING E6010 ELECTRODES

Scientific Writing in the form of a thesis, March 9 2024

Wisnu Hafiz Prastyanto, supervised by Nurhabibah Paramitha Eka Utami, S.T, M.T.

xxvii + 82 pages, 5 tables, 18 figures, 13 appendices

SUMMARY

Welding is a primary manufacturing technique used in a variety of industrial applications. The aim of the research is to determine the relationship between variations in current strength and physical and mechanical properties in SMAW *dissimilar metal* welding between ASTM A36 and SS 316 using E6010 electrodes. *Dye penetrant* testing is carried out to identify defects on the surface area around the weld from each different current. Welding current is 60 Ampere, after dyeing the penetrant, there is porosity, spatter, and start and stop. In the weld metal and HAZ SS 316 there are *bainite* and *ferrite widmanstatten* phases, this occurs due to the rapid cooling rate. Shows the presence of white *ferrite* phase and black *pearlite* phase. Impact test results on test specimens that have been welded with varying currents. The highest value is found in welding materials that use a current of 80 Ampere, amounting to 220.53 J/mm² and the lowest value for a current of 60 Ampere, amounting to 193.11 J/mm. It can be concluded that the highest hardness in the weld metal at a current of 80 Ampere with a hardness value of 343.32 HVN and at a current of 60 Ampere it is 219.40 HVN. The incoming heat affects the cooling rate which has an impact on changes in the shape of the microstructure. Using a high current produces good welded joint results compared to a lower

current. The micro test results show that the micro structure of the weld metal for each current has a different shape and number of grains, this is influenced by the high and low current.

Keywords: *Dissimilar metal, SMAW, ferrite, perlite, bainite, ferrite widmanstätten, dye penetrant, ASTM A36, SS 316, E6010.*

Literatures : 49 (1992-2023)

DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ix
KATA PENGANTAR	xi
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	xiii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	xv
RINGKASAN	xvii
SUMMARY	xix
DAFTAR ISI.....	xxi
DAFTAR GAMBAR	xxiii
DAFTAR TABEL.....	xxv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Metode Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>Dissimilar Metal Welding</i>	5
2.2 <i>Shield Arc Metal Welding (SMAW)</i>	6
2.2.1 Arus Pengelasan.....	7
2.2.2 Elektroda E6010.....	8
2.3 Baja Karbon Rendah (ASTM A36)	8
2.4 <i>Stainless steel 316</i>	9
2.5 Pengelasan Baja ASTM A36	10
2.6 Pengelasan <i>Stainless Steel 316</i>	11
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	13
3.1 Diagram Alir Pengujian	13
3.2 Studi literatur	14

3.3	Persiapan Alat dan Bahan.....	14
3.3.1	Alat	14
3.3.2	Bahan.....	15
3.4	Proses Pengelasan.....	16
3.5	Pengujian Spesimen	17
3.5.1	Uji <i>Dye Penetrant</i>	17
3.5.2	Uji Impak.....	18
3.5.3	Uji Kekerasan	20
3.5.4	Uji <i>Optical Microscope</i>	23
BAB 4	ANALISA DAN PEMBAHASAN	27
4.1	Hasil Pengujian <i>Dye Penetrant</i>	27
4.2	Hasil Pengujian Impak	28
4.3	Hasil Pengujian Kekerasan.....	30
4.4	Hasil Pengujian <i>Optical Microscope</i>	31
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	37
5.1	Kesimpulan.....	37
5.2	Saran.....	38
DAFTAR	PUSTAKA.....	39
LAMPIRAN	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pengelasan busur listrik (Wirjosumarto dan Okumura, 2000).....	7
Gambar 2.2 Dampak arus listrik dan kecepatan pengelasan terhadap hasil pengelasan (Wirjosumarto dan Okumura, 2000)	7
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	13
Gambar 3.2 Ilustrasi dimensi spesimen	15
Gambar 3.3 Dimensi standar pengujian impak <i>charpy</i> (Budiarto dkk., 2020)	19
Gambar 3.4 Alat uji impak (Laboratorium Metalurgi Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya).....	20
Gambar 3.5 Standar pengujian kekerasan metode <i>vickers</i> (Rauf dkk., 2018)	21
Gambar 3.6 Titik pengujian kekerasan dengan metode <i>vickers</i>	21
Gambar 3.7 Alat Pengujian kekerasan <i>vickers</i> (Laboratorium Metalurgi Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya)	22
Gambar 3.8 <i>Optical microscope</i> (Laboratorium Metalurgi Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya).....	23
Gambar 4.1 Hasil pengujian <i>dye penetrant</i> arus 60 Ampere	28
Gambar 4.2 Hasil pengujian <i>dye penetrant</i> Arus 70 Ampere	28
Gambar 4.3 Hasil pengujian <i>dye penetrant</i> arus 80 Ampere	28
Gambar 4.4 Perbandingan nilai rata-rata data pengujian impak	29
Gambar 4.5 Perbandingan hasil uji kekerasan	30
Gambar 4.6 Logam induk ASTM A36 dan SS 316 perbesaran 1000x	32
Gambar 4.7 HAZ ASTM A36 dan SS 316 perbesaran 1000x	33
Gambar 4.8 <i>Weld metal</i> ASTM A36 dan SS 316 perbesaran 1000x	34

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi ASTM A36 (ASTM Volume 9, 2012)	9
Tabel 2.2 Sifat Mekanik ASTM A36 (ASTM <i>section</i> A36, 2004)	9
Tabel 2.3 Komposisi Kimia SS 316 (Prajitno dan Setiawan, 2019)	10
Tabel 2.4 Sifat Mekanik SS 316 (Haikal dkk., 2020).....	10
Tabel 4.1 Data pengujian impak.....	29

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Komposisi elektroda E6010.....	45
Lampiran 2 <i>Mill certificate stainless steel 316</i>	46
Lampiran 3 <i>Mill certificate ASTM A36</i>	46
Lampiran 4 Proses pembuatan spesimen dan proses pengelasan.....	47
Lampiran 5 Cairan uji <i>dye penetrant</i>	47
Lampiran 6 Mesin las <i>lorch</i>	47
Lampiran 7 Spesimen uji dampak.....	48
Lampiran 8 Pengujian kekerasan <i>vickers</i>	48
Lampiran 9 Pemolesan spesimen persiapan pengamatan struktur mikro.....	48
Lampiran 10 Pengamatan menggunakan alat <i>optical microscope</i>	49
Lampiran 11 Hasil akhir similiaritas (Turnitin).....	49
Lampiran 12 Surat pernyataan bebas plagiarisme.....	50
Lampiran 13 Konsultasi bimbingan skripsi.....	51

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengelasan adalah proses teknik manufaktur utama untuk dimanfaatkan dalam berbagai dunia industri. Berbagai masalah diperhatikan selama proses pengelasan sebagai peran kunci dalam menentukan kinerja manufaktur las yang baik. Pemanfaatan logam merupakan perkembangan dari kemajuan zaman dalam ilmu pengetahuan dan teknologi yang saat ini berkembang pesat. Pengelasan merupakan hal yang tidak dapat terpisahkan dari perkembangan industri yang memegang peranan yang sangat penting dalam teknologi produksi logam (Bakhori, 2018).

Proses fabrikasi meliputi proses pengelasan seperti las listrik (SMAW), las listrik dengan gas (GMAW/MIG), las listrik dengan rendaman *flux* (SAW), las listrik dengan elektroda secara terus menerus (GTAW/TIG) dan lain-lain. Berdasarkan jenis material, pengelasan dapat dibedakan menjadi pengelasan dengan material tak sejenis (*dissimilar welding*) dan pengelasan material sejenis (*similar welding*) (Kalpakjian dan Schmid, 2009). Pengelasan SMAW banyak digunakan untuk berbagai aplikasi di berbagai bidang teknik karena prosesnya mudah, ekonomis dan dari hasil lasnya baik (Azwinur dkk., 2017).

Pengelasan logam berbeda atau *dissimilar metal welding* banyak di aplikasikan di industri manufaktur seperti *heat exchangers*, pembuatan *tubing* dan *piping* (Pratiwi dkk., 2023). *Dissimilar metal welding* menjadi alasan utama dalam besarnya biaya produksi, dengan adanya perbedaan material *carbon steel* dan *stainless steel* dapat mereduksi biaya material dan dapat meningkatkan kinerja peralatan (Dhaliwal dkk., 2016). Material Sambungan dari *carbon steel* dan *stainless steel* dapat menggabungkan antara kelebihan dari kedua logam tersebut. Pemilihan material SS 316 karena sifat mekanik dan tahan terhadap korosi (Azmy dkk., 2022) sedangkan ASTM A36 merupakan baja karbon rendah yang umum

diaplikasikan di industri karena mudah ditemukan dan harga yang lebih murah dibandingkan *stainless steel* 316 (Setiawan dkk., 2019). Baja ini memiliki keunggulan keausan yang tinggi, sifat mampu las dan mekaniknya yang baik (Juwanda., 2021).

Pengelasan dua logam berbeda membutuhkan proses pengelasan yang baik untuk mendapatkan hasil kualitas pengelasan yang sempurna (Jamasri dkk., 2011). Variasi kuat arus dilakukan untuk mengetahui perbedaan kekuatan material dan sambungan lasan. Pemilihan arus dalam pengelasan memengaruhi kualitas hasil lasan, adanya perubahan fasa akibat laju pendinginan yang dapat memengaruhi terhadap kekuatan sambungan lasan. Tingginya arus yang digunakan berdampak terhadap laju pencairan logam yang cepat dan kecilnya arus yang digunakan membuat laju pencairan logam yang lambat (Azwinur dkk., 2017).

Perbedaan arus pengelasan dengan elektroda yang sama akan berpengaruh terhadap ketangguhan dan kekerasan hasil lasan. Pemilihan variasi arus pengelasan SMAW sangat bergantung terhadap diameter elektroda dan jenis elektroda yang digunakan. Elektroda berdiameter 2,4 mm dapat menggunakan arus 60, 70, dan 80 Ampere (ASM, 1993). Pemilihan arus listrik las yang lebih rendah memungkinkan dapat diterapkan pada pengelasan *stainless steel* (Marihot, 1998). Pemilihan arus yang lebih tinggi dapat meningkatkan kekuatan mekanik (Basuki, 2009). Variasi kuat arus yang mencakup tinggi rendahnya arus sesuai standar untuk mengetahui nilai kekerasan dan ketangguhan serta menghindari kegagalan terhadap penyambungan pengelasan. Pemilihan elektroda memengaruhi kekuatan sambungan pengelasan (Wahyudi dkk., 2019). Elektroda E6010 dipilih karena memiliki kekuatan hasil lasan yang baik, dengan penetrasi yang dalam membuat hasil lasan yang kuat. Selain itu juga, elektroda ini dapat digunakan dalam segala posisi pengelasan (Nasution, 2023). Dalam penelitian ini, saya akan melakukan penyambungan logam yang tidak sejenis ASTM A36 dan *stainless steel* 316 dengan variasi kuat arus menggunakan las busur listrik elektroda E6010 diameter 2,4 mm, kampuh V, posisi pengelasan 1G. dengan ketebalan plat 10mm. Dengan demikian, dibuatnya tugas akhir/skripsi berjudul : “PENGARUH VARIASI KUAT ARUS *DISSIMILAR METAL WELDING* ASTM A36 DAN SS 316 MENGGUNAKAN ELEKTRODA E6010”.

1.2 Rumusan Masalah

Pengelasan *dissimilar metal* ASTM A36 dan SS 316 masih jarang ditemukan, sehingga penelitian ini akan menganalisa pengaruh variasi kuat arus dan penggunaan elektroda.

1.3 Batasan Masalah

1. Pengelasan logam berbeda ASTM A36 dan *Stainless steel* 316 menggunakan elektroda E6010 dengan metode SMAW.
2. Pengujian yang dilaksanakan dalam penelitian ini yaitu, pengujian *dye penetrant*, impak, kekerasan, dan pengamatan menggunakan *optical microscope*.
3. Penelitian ini menggunakan variasi arus pengelasan 60, 70, dan 80 Ampere.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis pengaruh variasi arus pengelasan ASTM A36 dan SS 316 dengan elektroda E6010.
2. Menganalisis pengaruh variasi arus terhadap fenomena mikro struktur pada logam las.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Menghadirkan kontribusi yang baik dalam perkembangan pengetahuan dan teknologi di bidang pengelasan *dissimilar metal*

2. Menambah pengetahuan tentang pengelasan *dissimilar metal* ASTM A36 dan SS 316

1.6 Metode Penelitian

1. Studi Literatur
2. Eksperimental

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, J., Purwanto, H. dan Syafa'at, I. 2017. Pengaruh jenis elektroda terhadap sifat mekanik hasil pengelasan smaw baja ASTM A36. *Majalah Ilmiah Momentum*, 13.
- Azmy, I., Mulyana, D., Gabrian, A., Widiatmoko, R. Y., dan Londa, P. (2022). Pengaruh Parameter Pemotongan Proses CNC Wet Milling Stainless Steel AISI 316 Terhadap Kekasaran Permukaan. *Momentum*, 18(2).
- ASTM section A36. (2004). Standard Test Method for Vickers Hardness of Metallic Materials, in: ASTM International.
- ASTM Volume 9. (2012). Experimental Investigation of Microstructural and Mechanical Properties of Steels, ASTM International.
- ASM Volume 6. (1993). Welding, Brazing, and Soldering, ASM International
- Azwinur, A., Jalil, S. A. dan Husna, A. 2017. Pengaruh variasi arus pengelasan terhadap sifat mekanik pada proses pengelasan SMAW. *Jurnal Polimesin*, 15, 36-41.
- Azwinur, A. dan Muhazir, M. 2019. Pengaruh jenis elektroda pengelasan SMAW terhadap sifat mekanik material SS400. *Jurnal Polimesin*, 17, 19-25.
- Awali, J., Rudiyanto, F., Thesalonicha, S., Lubis, M. P. D., Tanjung, R. A., dan Triana, Y. (2021). Analisis variasi arus pengelasan kombinasi SMAW-FCAW dengan kampuh double V-Groove terhadap kekerasan dan struktur mikro dissimilar material JIS G3101-SS400 dan ASTM A36. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 12(2), 421-432.
- Basuki W. 2009. Analisis Perlakuan Panas Normalising pada Pengelasan Argon terhadap sifat mekanik hasil lasan Baja karbon rendah. *Jurnal Teknologi Technoscientia*. Vol.2 No.1 Agustus. Teknik ITN Malang
- Ba, S. dan S Mohammed, S. 2020. Influence of Welding Process and Electrode Material on the Corrosion Characteristics of AISI 304 and AISI 316 Weldments. *Engineering Research Journal-Faculty of Engineering (Shoubra)*, 45, 7-12.

- Baddoo, N. 2008. Stainless steel in construction: A review of research, applications, challenges and opportunities. *Journal of constructional steel research*, 64, 1199-1206.
- Bakhori, A. Perbaikan Metode Pengelasan Smaw (Shield Metal Arc Welding) Pada Industri Kecil Di Kota Medan. 2018.
- Dhaliwal, N. P. S., Mittal, R., Gill, S. dan Khullar, P. 2016. Comparative evaluation of impact strength of dissimilar metal weld between T91 and 304SS prepared by SMAW and GTAW techniques. *Indian J. Sci. Technol*, 9.
- Endramawan, T., Haris, E., Dionisius, F. dan Prinka, Y. 2017. Aplikasi Non Destructive Test Penetrant Testing (Ndt-Pt) Untuk Analisis Hasil Pengelasan Smaw 3g Butt Joint. *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, 3.
- Easterling, K. (1992). *'Introduction to the Physical Metallurgy of Welding 2nd Edition', Butterworth-Heinemann*
- Haikal, H., Margono, B., Alfayed, A. dan Rananto, R. F. Investigasi sifat fisik dan mekanik sambungan las logam tak sejenis antara baja tahan karat AISI 316 dengan baja paduan AISI 4340 menggunakan rotary friction welding. *Prosiding Industrial Engineering National Conference (IENACO)*, 2020. 141-148.
- Juwanda, J., Saifuddin, S., dan Marzuki, M. (2021). Analisa pengaruh kuat arus hasil pengelasan GMAW terhadap kekerasan material ASTM A 36. *Journal of Welding Technology*, 3(1), 6-11.
- Jalil, S. A., Zulkifli, Z. dan Rahayu, T. 2017. Analisa kekuatan impak pada penyambungan pengelasan smaw material ASSAB 705 dengan variasi arus pengelasan. *Jurnal Polimesin*, 15, 58-63.
- Jamasri, M., Ilman, R. dan Soekrisno, T. 2011. Corrosion fatigue behavior of RSW dissimilar metal welds between carbon steel and austenitic stainless steel with different thickness. *Procedia Eng*, 10, 649-654.
- Kalpakjian, S. dan Schmid, S. R. 2009. *Manufacturing engineering. Technology*; Prentice Hall: London, UK, 568-571.
- Khoiri, A., Jannah, S. N. dan Listiana, S. C. 2017. Impact Dan Tensile Test Material Bangunan Rumah (Telaah Konsep Modulus Young Dan Deformasi). *Jurnal Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNSIQ*, 4, 144-153.

- Marihot, Goklas. 1984. Mengelas Logam dan Pemilihan Kawat Las. PT. Gramedia Jakarta.
- Mufti, M. A. A., Budiarto, U., dan Hadi, E. S. (2020). Analisis Pengaruh Variasi Sudut Kampuh Single V dan Variasi Posisi Las dengan Sambungan MIG pada Aluminium 6061 terhadap Kekuatan Impak sebagai Material Kapal. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 9(1), 23-31.
- Ma'arif, S., Irjanto, B. dan Sari, R. J. 2020. The Influence of Current on Laser Welding on Mechanical Properties and Micro Structures of Dissimilar Metal Joints. *Journal of Mechanical Engineering and Technology (JMET)*, 12, 1-9.
- Mondal, A. dkk., 2016. Influence of Heat Input on Weld Bead Geometry Using Duplex Stainless Steel Wire Electrode on Low Alloy Steel Specimens. *Cogent Engineering*, 66(1), pp.1-14
- Mizhar, S., dan Pandiangan, I. H. (2014). Pengaruh Masukan Panas Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan Dan Ketangguhan Pada Pengelasan Shield Metal Arc Welding (SMAW) Dari Pipa Baja Diameter 2, 5 Inchi. *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa*, 2(14), 16-22.
- Nasution, A. H. (2023). Pengaruh Variasi Elektroda Pengelasan SMAW Pada Baja AISI SS201 Terhadap Hasil Uji Tarik. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik UISU (SEMNASSTEK)* (Vol. 6, No. 1, pp. 72-74).
- Nafi, M., dan Wahid, I. (2023). Analisis Kekerasan dan Struktur Mikro Baja ST 60 hasil Pengelasan SMAW dengan Variasi Arus Las dan Temperatur PWHT. *JIM: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Sejarah*, 8(4), 4864-4869.
- Prajitno, D. H. dan Setiawan, J. 2019. Perilaku Elektrokimia Baja Tahan Karat SS 316 Dalam Media Nano Fluida. *Urania: Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir*, 25.
- Pratiwi, D. K., Arifin, A., Gunawan, Mardhi, A., & Afriansyah. (2023). Investigation of welding parameters of dissimilar weld of SS316 and ASTM A36 joint using a grey-based Taguchi optimization approach. *Journal of Manufacturing and Materials Processing*, 7(1), 39.

- Pratiwi, D. dan Utami, N. 2020. Pengelasan Smaw Baja Karbon Rendah Dengan Yang Di Quenching Dan Normalizing. *Applicable Innovation of Engineering and Science Research (AVoER)*, 977-982.
- Rauf, F. A., Sappu, F. P. dan Lakat, A. M. 2018. Uji Kekerasan dengan Menggunakan Alat Microhardness Vickers pada Berbagai Jenis Material Teknik. *Jurnal Tekno Mesin*, 5.
- Riyadi, F. dan Setyawan, D. 2011. Analisa mechanical dan metallurgical pengelasan baja karbon A36 dengan metode SMAW. *Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.
- Rusnaldy, R. dan Maulana, M. E. 2017. Pengujian Mampu Las Baja Karbon Astm A36 dengan Proses Las Busur Listrik. *Rotasi*, 19, 226-230.
- Sardi, V. B., Jokosisworo, S. dan Yudo, H. 2018. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 6 (1).
- Setiawan, A., Dewi, A. K., dan Mukhlis, M. (2019). Pengaruh Surface Treatment Terhadap Ketahanan Korosi Baja Karbon Tercoating Zinc Fosfat Pada Media Asam Sulfat. *Jurnal Teknologi*, 11(1), 57-66.
- Sidi, P. 2011. Analisa Pengaruh Proses Pengelasan Mig Terhadap Distorsi Sudut Dan Kedalaman Penetrasi Pada Sambungan Butt-Joint. *MeTriK Polban*, 5, 10-10.
- Setyowati, V. A., Widodo, E. W. R. dan Suheni, S. 2016. Analisa Pengaruh Jenis Elektroda Pengelasan Smaw Terhadap Kekuatan Stainless Steel 304. Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.
- Soenoko, R., Purnowidodo, A. dan Irawan, Y. S. 2016. Perubahan Laju Perambatan Retak *Dissimilar Welding* Akibat Penambahan Fluks Magnet. *Prosiding SENIATI*, 2, 229-A. 235.
- Sugiarto, S., Wahyudi, A. dan Masduki, M. 2011. Dampak Perubahan Temperatur Lingkungan Terhadap Temperatur Puncak Las Dan Laju Pendinginan Sambungan Dissimilar Metal Menggunakan Las Mig. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 2, 98-105.
- Suryanto, H. dan Qolik, A. 2017. Pengaruh variasi arus las smaw terhadap kekerasan dan kekuatan tarik sambungan *dissimilar stainless steel 304 dan st 37*. *Jurnal Teknik Mesin*, 24.
- Suarsana. (2017). Ilmu Material Teknik. Universitas Udayana, 47–56

- Syahrani, A., Naharuddin, N., dan Nur, M. (2018). Analisis kekuatan tarik, kekerasan, dan struktur mikro pada pengelasan smaw stainless steel 312 dengan variasi arus listrik. *Jurnal Mekanikal*, 9.1
- Sumardani, N. I., Setiawan, N. I., Nuryadin, B. W., dan Sumardani, D. (2020). The defect analysis of carbonsteel pipe welding connections using non-destructive testing with the penetrant test method. *Risenologi*, 5(1), 38-47.
- Suharno, S. (2008). Struktur Mikro Las Baja C-Mn Hasil Pengelasan Busur Terendam dengan Variasi Masukan Panas. *Jurnal Teknik Mesin*, 10(1), 40-45.
- 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).
- Wiryosumarto, H., dan Okumura, T. (2000). *Teknologi Pengelasan Logam*, Jakarta : Pratnya Paramita
- Wibowo, A. (2016). *Macam-Macam Cacat Las*. Retrieved October 25, 2020, from <http://eprints.uny.ac.id/52508/84/76866500-Macam-Macam-Cacat-Las-Welding-Defects.pdf>
- Wahyudi, R., Nurdin, N. dan Saifuddin, S. 2019. Analisa pengaruh jenis elektroda pada pengelasan SMAW penyambungan baja karbon rendah dengan baja karbon sedang terhadap tensile strenght. *Journal of Welding Technology*, 1, 43-47.