

**Analisis Pengaruh Arah Pengelasan *Longitudinal* serta *Circumferential* terhadap Tegangan Sisa pada Pipa Baja Karbon 2 inch (50 mm) dan 4 inch (100 mm) dengan Proses *Overlay Welding***

***Analysis of the Effect of Longitudinal and Circumferential Welding Directions on Residual Stress in 2 inch (50 mm) and 4 inch (100 mm) Carbon Steel Pipes with Overlay Welding Process***

**SKRIPSI**



**Oleh:**

**Nama: Rizki Asnil Ashar Nasihin**

**NPM: 203030081**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PASUNDAN  
BANDUNG  
2024**

## LEMBARAN PENGESAHAN PEMBIMBING

**Analisis Pengaruh Arah Pengelasan *Longitudinal* serta *Circumferential* terhadap Tegangan Sisa pada Pipa Baja Karbon 2 inch (50 mm) dan 4 inch (100 mm) dengan Proses *Overlay Welding***



**Nama: Rizki Asnil Ashar Nasihin  
NPM : 203030081**

Pembimbing Utama

Prof. Dr. Ir. Hery Sonawan, M.T.

Pembimbing Pendamping

Mohammad Reza Harmawan, S.T., M.T.

## LEMBARAN PENGESAHAN PENGUJI

**Analisis Pengaruh Arah Pengelasan *Longitudinal* serta *Circumferential* terhadap Tegangan Sisa pada Pipa Baja Karbon 2 inch (50 mm) dan 4 inch (100 mm) dengan Proses *Overlay Welding***



**Nama: Rizki Asnil Ashar Nasihin  
NPM : 203030081**

Tanggal sidang skripsi: 30 September 2024

Ketua : Prof. Dr. Ir. Hery Sonawan, M.T.

.....

Sekretaris : Mohammad Reza Harmawan, S.T., M.T

.....

Anggota : Ir. Bukti Tarigan, M.T.

.....

Anggota : Dr. Ir. Widiyanti Kwintarini, M.T.

.....

## ABSTRAK

*Overlay welding* merupakan proses penambahan material las pada permukaan material dasar untuk meningkatkan sifat mekanis dan ketahanan terhadap korosi. Dalam aplikasi pada pipa baja karbon, arah pengelasan, baik *longitudinal* maupun *circumferential*, Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tegangan sisa pada pipa baja karbon *schedule 40* yang mengalami proses *overlay welding* dengan variasi diameter, arah pengelasan, dan jumlah layer. Pengujian dilakukan dengan metode desain faktorial  $2^3$  yang melibatkan tiga faktor, yaitu diameter pipa 2 inch (50 mm) dan 4 inch (100 mm), arah pengelasan *circumferential* dan *longitudinal*, serta jumlah layer 2 dan 4 layer. Hasil pengujian tarik mencakup data lebar, tebal spesimen, luas penampang, dan beban maksimum yang diterima spesimen. Data ini kemudian diolah untuk menghitung kekuatan tarik dan selisih tegangan sisa. Hasil analisis menunjukkan bahwa diameter pipa, arah pengelasan, dan jumlah layer memiliki pengaruh signifikan terhadap tegangan sisa. Diameter pipa 4 inch (100 mm) menurunkan tegangan sisa rata-rata sebesar 60,8 MPa. Arah pengelasan *circumferential* juga menghasilkan penurunan tegangan sisa rata-rata sebesar 126,8 MPa dibandingkan dengan *longitudinal*. Selain itu, peningkatan jumlah layer dari 2 ke 4 layer menurunkan tegangan sisa rata-rata sebesar 59,3 MPa. Secara keseluruhan, pipa berdiameter lebih besar dengan pengelasan *longitudinal* menunjukkan tegangan sisa yang lebih rendah, sedangkan pengelasan *circumferential* menghasilkan kekuatan tarik yang lebih tinggi karena pengaruh distribusi lasan. Analisis lebih lanjut menggunakan faktor variabel *input* terhadap tegangan sisa dan siklus *thermal* karena terjadi pemuian dan penyusutan pada setiap pipa.

Kata kunci: desain faktorial, *overlay welding*, pengelasan *circumferential*, pengelasan *longitudinal*, pipa baja karbon, tegangan sisa

## ABSTRACT

Overlay welding is the process of adding welding material to the surface of the base material to improve mechanical properties and corrosion resistance. In the application of carbon steel pipes, welding directions, both longitudinal and circumferential, This study aims to determine the influence of residual stress on *schedule 40* carbon steel pipes that undergo an overlay welding process with variations in diameter, welding direction, and number of layers. The test was carried out using a 2<sup>3</sup> factorial design method involving three factors, namely 2 inch (50 mm) and 4 inch (100 mm) pipe diameters, circumferential and longitudinal welding directions, and the number of 2 and 4 layers. The tensile test results include data on the width, thickness of the specimen, cross-sectional area, and the maximum load the specimen receives. This data is then processed to calculate the tensile strength and residual stress difference. The results of the analysis showed that the diameter of the pipe, the direction of welding, and the number of layers had a significant influence on the residual stress. The 4 inch (100 mm) pipe diameter lowers the average residual stress by 60.8 MPa. The circumferential welding direction also results in an average residual stress drop of 126.8 MPa compared to the longitudinal. In addition, increasing the number of layers from 2 to 4 layers lowered the average residual stress by 59.3 MPa. Overall, larger diameter pipes with longitudinal welding show lower residual stress, while circumferential welding produces higher tensile strength due to the influence of weld distribution. Further analysis using input variable factors on residual stress and thermal cycles is conducted due to expansion and contraction occurring in each pipe.

Keywords: carbon steel pipe, circumferential welding, factorial design, longitudinal welding, overlay welding, residual stress

## DAFTAR ISI

<b>SURAT PERNYATAAN .....</b>	<b>i</b>
<b>SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBARAN PENGESAHAN PEMBIMBING.....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBARAN PENGESAHAN PENGUJI .....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xi</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	2
C. Tujuan.....	2
D. Manfaat.....	2
E. Batasan Masalah.....	3
F. Sistematika Penulisan.....	3
<b>BAB II STUDI LITERATUR.....</b>	<b>5</b>
A. Pengelasan.....	5
B. <i>Shielded Metal Arc Welding</i> (SMAW).....	6
C. Parameter Pengelasan.....	8
D. <i>Carbon Steel</i> .....	10
E. Tegangan Sisa ( <i>Ressidual Stress</i> ).....	11
F. <i>Overlay Welding</i> .....	11
G. Posisi Pengelasan .....	12
H. Elektroda Pengelasan .....	13
I. Pengujian Tarik .....	14
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>16</b>

A. Tahapan Penelitian .....	16
B. Tempat Penelitian.....	16
C. Variabel Penelitian .....	17
D. Standar Spesimen Uji Tarik .....	17
E. Rancangan Perbandingan Spesimen Uji Tarik.....	18
F. Gambar Skematis Pada Setiap Arah Pengelasan.....	19
G. Prosedur Pengelasan.....	21
H. Peralatan dan Bahan Yang Digunakan.....	23
I. Proses Pengelasan .....	23
J. Proses Pembentukan Spesimen .....	26
K. Metode dan Proses Pengujian Tarik.....	29
L. Metode Pengolahan Data .....	30
M. Data dan Hasil Pengelasan .....	31
N. Analisis Hasil Pengelasan .....	41
<b>BAB IV ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>44</b>
A. Hasil Pengujian Tarik dan Analisis Tegangan Sisa .....	44
B. Analisa Data Dengan Desain Faktorial $2^3$ .....	49
C. Analisa Pengaruh Variabel Terhadap Tegangan Sisa .....	50
D. Pembahasan.....	52
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>56</b>
A. Kesimpulan.....	56
B. Saran.....	57
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>58</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>62</b>
Lampiran 1. Proses Pengelasan.....	62
Lampiran 2. Proses Pembuatan Spesimen.....	64
Lampiran 3. Proses Pengujian Tarik .....	65
Lampiran 4. Sertifikat Welder & Sertifikat Pipa.....	67
Lampiran 5. Data Hasil Pengujian Tarik Dari B4T .....	69

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Dengan berjalannya waktu, setiap komponen mekanis akan mengalami penurunan fungsi. Salah satu penyebab penurunan fungsi ini adalah kerusakan akibat gesekan dengan komponen *mechanical* lainnya atau bongkar pasang selama perawatan. Untuk perawatan, poros yang dipasangkan dengan bearing harus dibongkar pasang. Seringnya bongkar pasang bearing menyebabkan permukaan poros aus, membuat poros tidak dapat digunakan lagi. Proses *overlay welding*, yang terdiri dari penambahan lapisan menggunakan arah pengelasan tambahan pada permukaan poros untuk memberikan lapisan luar, kemudian di *machining* untuk membentuk kembali dimensi poros, adalah salah satu metode paling mudah untuk memperbaiki keausan permukaan yang selama ini sering digunakan [1]. Dalam proses pengelasan dengan arah *longitudinal* dapat menghasilkan pengaruh *thermal stress* dari tegangan sisa. Maka arah pengelasan *longitudinal* tidak lazim dikarenakan adanya kesetimbangan *thermal stress* pada benda yang dilas. Umumnya *overlay welding* dilakukan pada arah *circumferential*. Sehingga, dalam skripsi ini akan dibuktikan bahwa hasil tegangan sisa dengan arah pengelasan *longitudinal* lebih besar dari pada arah pengelasan *circumferential*.

Selama proses *Overlay Welding* berlangsung, material poros mengalami pemanasan yang dapat mengakibatkan perubahan struktur mikro pada material poros, dimana perubahan struktur mikro berpengaruh terhadap kekuatan dan kekerasan material poros itu sendiri [2]. Terdapat banyak faktor yang mempengaruhi hasil akhir dalam proses *overlay welding*, seperti *welding arc voltage* (tegangan busur las), *welding current* (arus las), *welding speed* (kecepatan pengelasan), besarnya penetrasi, jenis polaritas listrik, kecepatan pendinginan, serta arah pengelasan pada bahan kerja.

*Overlay welding* adalah proses di mana satu atau lebih logam menyatu atau disambung untuk membentuk lapisan perlindungan paduan ketahanan korosi lengkap pada permukaan bahan substrat. *Overlay welding* ini terikat secara kimiawi pada logam dasar dengan antarmuka elemen paduan komposisi yang konsisten antara bahan paduan ketahanan korosi dan substrat baja karbon [3]. Proses *overlay welding* pada pipa terjadi dalam dua arah pengelasan yang berbeda, yaitu *longitudinal* dan *circumferential* dimana tegangan sisa yang dihasilkan akan berbeda. Untuk menentukan arah *overlay welding*



yang menghasilkan tegangan sisa dilakukan pengujian tarik untuk mengetahui tegangan sisa yang terjadi pada bahan kerja.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan sebelumnya rumusan masalah pada skripsi ini adalah bagaimana pengaruh arah pengelasan *longitudinal* dan *circumferential* terhadap tegangan sisa pada pipa baja karbon yang dilakukan proses *overlay welding* pada pengujian tarik.

## **C. Tujuan**

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah di atas, tujuan yang ingin dicapai pada skripsi ini adalah mendapatkan besaran tegangan sisa pada pipa baja karbon dari selisih pipa yang sudah dilas dan tidak dilas yang dilakukan proses *overlay welding* dalam arah *longitudinal* dan *circumferential*.

## **D. Manfaat**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Dapat digunakan sebagai sarana referensi untuk penelitian yang serupa, khususnya dalam *Shielding Metal Arc Welding* (SMAW) terhadap sifat material pengujian tarik.
2. Memberikan pengetahuan dan pemahaman kepada dunia pendidikan teknik mesin dan juga masyarakat umum mengenai teknik pengelasan *Shielding Metal Arc Welding* (SMAW) dengan maksud untuk meningkatkan mutu dari hasil pengelasan.
3. Informasi penting bagi peneliti dan pembaca untuk memperdalam pemahaman mengenai pengelasan *Shielding Metal Arc Welding* (SMAW) terkait dengan pengujian tarik.
4. Mengetahui pengaruh arah pengelasan *longitudinal* dan *circumferential* terhadap tegangan sisa pada pipa baja karbon yang dilakukan proses *overlay welding* yang melalui pengujian tarik.

## **E. Batasan Masalah**

Batasan penelitian ini adalah:

1. Pengelasan yang dilakukan : *overlay welding*
2. Jenis pengelasan : *Shielded Metal Arc Welding (SMAW)*
3. Arah pengelasan : *Longitudinal dan Circumferential*
4. Posisi pengelasan : 1G
5. Elektroda : AWS E7018 diameter 4 mm
6. Arus : 130 – 190 Ampere.
7. Material : pipa baja karbon seri 106 *grade B*
8. Diameter pipa : 2 inch (50 mm) dan 4 inch (100 mm) *schedule 40*
9. Jumlah layer : 2 & 4 layer
10. Jumlah pass : 5 pass

## **F. Sistematika Penulisan**

Pembahasan dan penyajian laporan skripsi ini disusun dalam 5 bab dan disertai dengan lampiran – lampiran. Beberapa bab yang dibahas meliputi pendahuluan, studi literatur, metodologi penelitian, analisis hasil dan pembahasan, kesimpulan dan saran, daftar pustaka serta lampiran.

### **BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab ini dibahas tentang latar belakang yang menjadi permasalahan secara umum dan khusus skripsi ini dilakukan, rumusan masalah penelitian, tujuan, batasan masalah, manfaat, lingkup penelitian dan sistematika penulisan.

### **BAB II STUDI LITERATUR**

Pada bab ini dibahas tentang beberapa penelitian dan teori yang terdahulu yang berhubungan dan mendukung dalam melaksanakan penelitian. Kajian yang dibahas yaitu pengertian pengelasan, *Shielded Metal Arc Welding (SMAW)*, parameter pengelasan,

*carbon steel*, tegangan sisa, *overley welding*, posisi pengelasan, elektroda pengelasan, dan pengujian tarik.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini dibahas tentang tahapan penelitian, tempat penelitian, variabel penelitian, standar spesimen uji tarik, rancangan perbandingan spesimen uji tarik, metode pengolahan data, prosedur pengelasan, peralatan dan bahan yang digunakan, proses pengelasan, proses pembuatan spesimen, metode dan proses pengujian tarik, data dan hasil pengelasan, dan analisa hasil pengelasan.

### **BAB IV ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN**

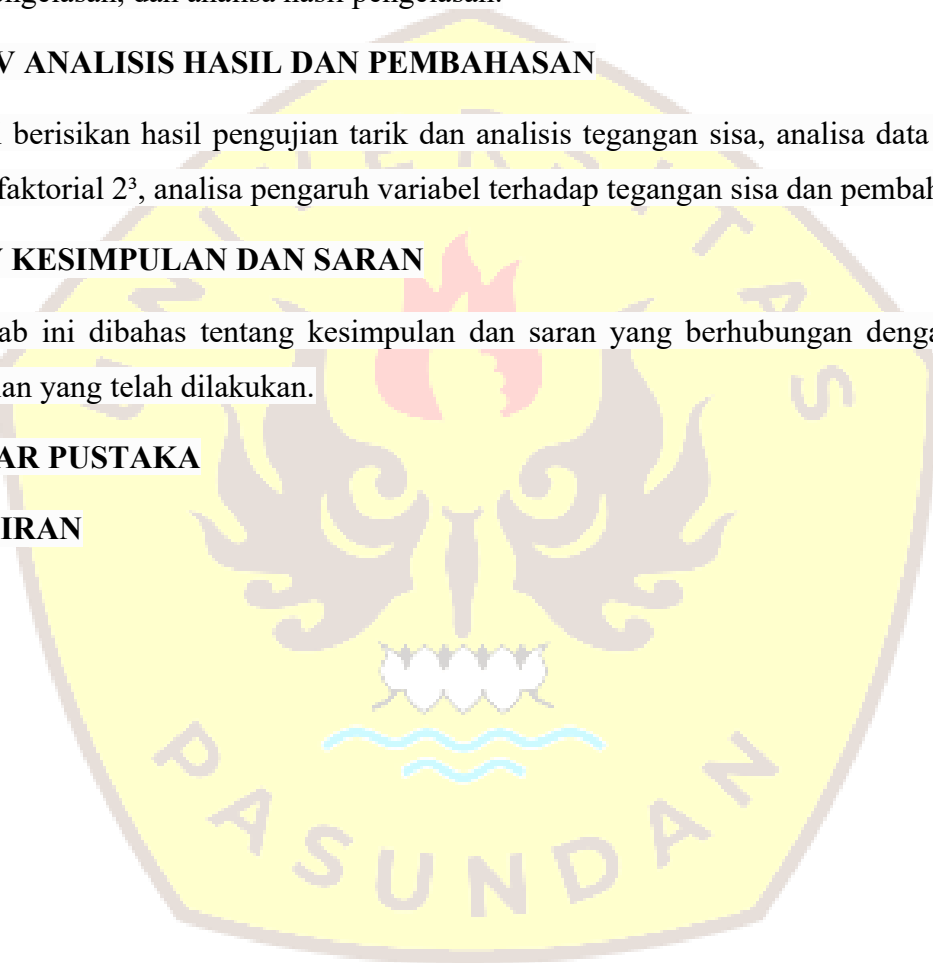
Bab ini berisikan hasil pengujian tarik dan analisis tegangan sisa, analisa data dengan desain faktorial  $2^3$ , analisa pengaruh variabel terhadap tegangan sisa dan pembahasan.

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab ini dibahas tentang kesimpulan dan saran yang berhubungan dengan hasil penelitian yang telah dilakukan.

### **DAFTAR PUSTAKA**

### **LAMPIRAN**



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. J. Brookes, *Cladding Of Buildings*, 3rd ed. London: E & FN Spon, 1998. doi: 10.4324/9780203014769.
- [2] J. Yu and B. Song, "Effects Of Heating Time On The Microstructure And Properties Of An Induction Cladding Coating," *Results Phys.*, vol. 11, no. September, pp. 212–218, 2018, doi: 10.1016/j.rinp.2018.09.010.
- [3] B. Maxmillan Sim, "Pitting Corrosion Resistance With Shielded Metal Arc Welding And Post Weld Heat Treatment On Duplex Stainless Steel Weld Overlay," Universiti Putra Malaysia, 2019. [Online]. Available: <http://psasir.upm.edu.my/id/eprint/84367/>
- [4] H. Sunaryo, *Teknik Pengelasan Kapal*, 1st ed. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2008. [Online]. Available: BSE.Mahoni.com
- [5] F. R. Indrayono, F. Rhozman, and M. M. Ilham, "Pengaruh Variasi Arus dan Bentuk Kampuh Pada Pengelasan SMAW Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Las Baja Paduan Rendah," *Semin. Nas. Inov. Teknol.*, no. 1, pp. 219–224, 2018, [Online]. Available: <https://proceeding.unpkediri.ac.id/index.php/inotek/article/download/486/399>
- [6] D. Wandri, Waskito, and Purwantono, "Pengaruh Arus AC dan DC terhadap Hasil Pengelasan Pada Las Busur Listrik," *J. Pendidik. Tek. Mesin Jur. Tek. Mesin, Fak. Tek. Univ. Negeri Padang*, 2016, [Online]. Available: <http://repository.unp.ac.id/id/eprint/15937>
- [7] J. Santoso, "Pengaruh Arus Pengelasan terhadap Kekuatan Tarik dan Ketangguhan Las SMAW Dengan Elektroda E7018," p. 125, 2006, [Online]. Available: <https://lib.unnes.ac.id>
- [8] B. Suhermanto and A. Yusa, "Analisa Teknomik Proses Pengelasan SMAW Menggunakan Elektroda Jenis E6013 Berbeda Merek Pada Material baja Grade A Marine," vol. 8, no. 2, pp. 1–8, 2021, doi: <https://doi.org/10.52234/tb.v9i2.124>.
- [9] Y. Arnas, B. Kartika, I. Endrawijaya, Z. Kurniawati, and R. Saputro, "Teknik Pengelasan Listrik Diklat Pemberdayaan Masyarakat," *J. Pengabd. Kpd. Masy.*

- Langit Biru Politek. Penerbangan Indones. Curug*, vol. 01, pp. 41–47, 2020, [Online]. Available: <http://journal.ppicurug.ac.id/index.php/JPKM>
- [10] S. A. Jalil, A. Husna, J. Teknik, M. Politeknik, and N. Lhokseumawe, “Pengaruh variasi arus pengelasan terhadap sifat mekanik pada proses pengelasan smaw,” vol. 15, pp. 36–41, 2017.
- [11] D. Prayitno, H. D. Hutagalung, and D. P. B. Aji, “Pengaruh Kuat Arus Listrik Pengelasan Terhadap Kekerasan Lapisan Lasan Pada Baja ASTM A316,” *J. Din. Vokasional Tek. Mesin*, vol. 3, no. 1, pp. 1–6, 2018, [Online]. Available: <https://journal.uny.ac.id/index.php/dynamika/issue/view/1521>
- [12] Ukiman, D. Amat Pawiro, I. Nurhadi, Suwanto, and S. Yuseyowat, “Penerapan Ipteks Las Litrik dengan Penyambungan Logam untuk Kebutuhan Rumah Tangga Bagi Remaja Putus Sekolah dan Pekerja Bangunan,” *Bangun Rekaprima*, vol. 06, no. 1, pp. 69–75, 2020, [Online]. Available: [https://jurnal.polines.ac.id/index.php/bangun\\_rekaprima/article/download/1931/106855](https://jurnal.polines.ac.id/index.php/bangun_rekaprima/article/download/1931/106855)
- [13] F. Y. Hutaeruk, “Analisa Laju Korosi Pada Pipa Baja Karbon Dan Pipa Galvanis Dengan Metode Elektrokimia,” Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017. [Online]. Available: <http://repository.its.ac.id/id/eprint/44852>
- [14] J. Arifin, H. Purwanto, and I. Syafa’at, “Pengaruh Jenis Elektroda Terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan SMAW Baja ASTM A36,” *Momentum*, vol. 13, no. 1, pp. 27–31, 2017, doi: 10.36499/jim.v13i1.1756.
- [15] Y. Gunawan, N. Endriatno, and B. Hari Anggara, “Analisa Pengaruh Pengelasan Listrik Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon Rendah dan Baja Karbon Tinggi,” *J. Ilm. Mhs. Tek. Mesin*, vol. 2, no. 1, pp. 1–12, 2017, doi: 10.55679/enthalpy.v2i2.2924.
- [16] H. Wibowo, “Analisis Perbandingan Metode Pengelasan Untuk Mengendalikan Distorsi Dan Tegangan Sisa – Review,” *J. Din. Vokasional Tek. Mesin*, vol. 5, no. 2006, pp. 95–102, 2020, [Online]. Available: <https://journal.uny.ac.id/index.php/dynamika/issue/view/1939>
- [17] N. Yusa *et al.*, “Detection of Embedded Fatigue Cracks in Inconel Weld Overlay and The Evaluation of The Minimum Thickness of The Weld Overlay Using

- Eddy Current Testing,” vol. 236, pp. 1852–1859, 2006, doi:  
10.1016/j.nucengdes.2006.02.011.
- [18] J. Wiyoko, “Studi Korosi Batas Butir Inconel 625 Weld Overlay Clading Pada Pipa Api 5L X52 Dengan Media Larutan Ferrit (III) Sulfat 75% + Asam Sulfat 98%,” Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 2014. [Online]. Available: <http://repository.its.ac.id/id/eprint/41935>
- [19] I. Hamdi, Taufiqullah, and H. Oktadinata, “Pengaruh Variasi Posisi Pengelasan Terhadap Distorsi Dan Sifat Mekanik Hasil Pengelasan Baja SS400 Menggunakan Metode GMAW,” *J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 1, pp. 1–10, 2020, [Online]. Available: <http://ejournal.unismabekasi.ac.id>
- [20] K. Setya Wardhana and Yunus, “Pengaruh Variasi Bentuk Kampuh dan Posisi Pengelasan Terhadap Kekuatan Bending dan Struktur Mikro pada Material Baja SS-540 dengan Proses Las MIG,” *J. Tek. Mesin*, vol. 9, no. 1, pp. 129–134, 2021, [Online]. Available: <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jtm-unesa/search/authors/view?firstName=Kresno&middleName=Setya&lastName=Wardhana&affiliation=Universitas Negeri Surabaya&country=ID>
- [21] H. Saputra, A. Syarief, and Y. Maulana, “Analisis Pengaruh Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik Baja ST37 Pasca Pengelasan Menggunakan Las Listrik,” *J. Ilm. Tek. Mesin Unlam*, vol. 03, no. 2, pp. 91–98, 2014, [Online]. Available: <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jtm-unesa/article/view/38260>
- [22] G. Anggaretno, I. Rochani, and H. Supomo, “Analisa Pengaruh Jenis Elektroda terhadap Laju Korosi pada Pengelasan Pipa API 5L Grade X65 dengan Media Korosi FeCl<sub>3</sub>,” *J. Tek. ITS*, vol. 1, no. 1, pp. 1–5, 2012, doi:  
10.12962/j23373539.v1i1.1619.
- [23] R. Rinaldi, R. Usman, and A. Fathier, “Studi Eksperimental Kekuatan Tarik dan Kekerasan Pada Sambungan Pipa ASTM A 106 Grade B Dengan Pengelasan SMAW,” *J. Weld. Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 36–42, 2019, doi:  
<http://dx.doi.org/10.30811/jowt.v1i2.1644>.
- [24] R. Fatkur and I. M. Muslimin, “Pengaruh Jenis Elektroda Dan Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Pada Pengelasan Baja ST 41 Menggunakan Las SMAW,” *Artik. Skripsi Univ. Nisant. PGRI Kediri*, 2017, [Online]. Available: [simki.unpkediri.ac.id](http://simki.unpkediri.ac.id)

- [25] I. Sihombing, Ian Niko, U. Budiarno, F. Zakki, Ahmad, and L. Pengelasan, “Pengaruh Posisi Pengelasan dan Bentuk Kampuh Terhadap Kekuatan Tarik dan Mikrografi Sambungan Las Metal Inert Gas (MIG) Pada Aluminium 6061 Sebagai Bahan Material Kapal,” *J. Tek. Perkapalan*, vol. 7, no. 4, pp. 303–312, 2019, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval> ISSN
- [26] F. B. Susetyo, Syaripuddin, and S. Hutomo, “Studi Karakteristik Hasil Pengelasan MIG Pada Material Aluminium 5083,” *J. Mech.*, vol. 4, no. 2, pp. 11–19, 2013, [Online]. Available: <http://journal.eng.unila.ac.id/index.php/mech/article/download/154/148>

