

**Studi Pengaruh *Overlay Welding* Pada Pipa Baja Dalam Arah
Longitudinal dan *Circumferential* Terhadap Tegangan Sisa**

*Studies Effect of Overlay Welding on Steel Pipes in Longitudinal
and Circumferential Directins on Residual*

SKRIPSI



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

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

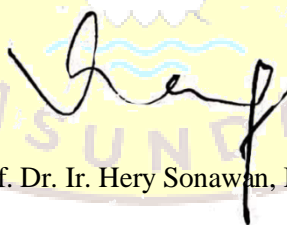
**Studi Pengaruh *Overlay Welding* Pada Pipa Baja Dalam
Arah *Longitudinal* dan *Circumferential* Terhadap
Tegangan Sisa**



Nama : Andika Pratama Candra
NPM : 203030079



Pembimbing Utama


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

Pembimbing Pendamping


Mohammad Reza Hermawan, S.T., M.T.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

**Studi Pengaruh *Overlay Welding* Pada Pipa Baja Dalam
Arah *Longitudinal* dan *Circumferential* Terhadap
Tegangan Sisa**



Nama : Andika Pratama Candra
NPM : 203030079

Tanggal sidang skripsi: 30 September 2024

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

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

Anggota : Ir. Bukti Tarigan, M.T.

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

ABSTRAK

Pengelasan merupakan proses yang penting dalam industri manufaktur, terutama dalam pembuatan dan perbaikan struktur perpipaan. Pipa baja karbon *schedule 40* sering digunakan dalam berbagai aplikasi industri, seperti di sektor minyak dan gas, petrokimia, serta pembangkit listrik. Salah satu teknik yang digunakan untuk meningkatkan ketahanan pipa baja adalah *overlay welding*, yang berfungsi untuk memperbaiki atau memperkuat pipa melalui penambahan lapisan logam tambahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *overlay welding* terhadap tegangan sisa pada pipa baja karbon *schedule 40* dengan arah pengelasan *circumferential* dan *longitudinal* melalui uji tarik. Penelitian dilakukan menggunakan 8 spesimen dengan variasi diameter pipa 2,5 inch (65 mm) dan 5 inch (140 mm), jumlah layer pengelasan (2 dan 4 layer), serta arah pengelasan (*circumferential* dan *longitudinal*). Pengujian tarik dilakukan untuk mengukur kekuatan tarik setiap spesimen dan menentukan tegangan sisa yang terbentuk. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pipa dengan pengelasan *circumferential* menghasilkan kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan dengan pengelasan *longitudinal*. Nilai kekuatan tarik tertinggi dicapai oleh pipa 5 inch (140 mm) dengan 2 layer pengelasan *circumferential*, yaitu sebesar 1033 MPa. Rata-rata kekuatan tarik dari keseluruhan spesimen adalah 658 MPa. Variabel yang paling memengaruhi kekuatan tarik adalah jumlah layer pengelasan, di mana penambahan lebih dari 2 layer cenderung tidak memberikan peningkatan yang signifikan, bahkan dapat menurunkan kekuatan tarik. Kesimpulannya, pengelasan *circumferential* dengan 2 layer pada pipa besar lebih efektif dalam meningkatkan kekuatan mekanik, sementara untuk pipa kecil, pengelasan *circumferential* juga lebih unggul dibandingkan *longitudinal*.

Kata kunci: jumlah layer, kekuatan tarik, *overlay welding*, pengelasan, pengelasan *circumferential*, pengelasan *longitudinal*, pipa baja karbon *schedule 40*, tegangan sisa

ABSTRACT

Welding is an important process in the manufacturing industry, especially in the manufacture and repair of piping structures. Schedule 40 carbon steel pipe is often used in various industrial applications, such as in the oil and gas, petrochemical and power generation sectors. One technique used to increase the durability of steel pipes is overlay welding, which functions to repair or strengthen the pipe by adding additional layers of metal. This research aims to determine the effect of overlay welding on residual stresses in schedule 40 carbon steel pipes with circumferential and longitudinal welding directions through tensile tests. The research was carried out using 8 specimens with variations in pipe diameter 2.5 inches (65 mm) and 5 inches (140 mm), number of welding layers (2 and 4 layers), and welding direction (circumferential and longitudinal). Tensile testing is carried out to measure the tensile strength of each specimen and determine the residual stress that forms. Test results show that pipes with circumferential welding produce higher tensile strength compared to longitudinal welding. The highest tensile strength value was achieved by a 5 inch (140 mm) pipe with 2 layers of circumferential welding, namely 1033 MPa. The average tensile strength of the entire specimen is 658 MPa. The variable that most influences tensile strength is the number of welding layers, where adding more than 2 layers tends not to provide a significant increase, and can even reduce tensile strength. In conclusion, circumferential welding with 2 layers on large pipes is more effective in increasing mechanical strength, while for small pipes, circumferential welding is also superior to longitudinal.

Keywords: number of layers, tensile strength, overlay welding, welding, circumferential welding, longitudinal welding, schedule 40 carbon steel pipe, residual stress

DAFTAR ISI

| | |
|--|-----|
| SURAT PERNYATAAN..... | i |
| SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI | ii |
| LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING | iii |
| LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI..... | iv |
| Kata Pengantar | v |
| Daftar Isi | vii |
| Daftar Gambar | ix |
| Daftar Tabel | x |
| ABSTRAK..... | xi |
| ABSTRACT..... | xii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1. Latar Belakang | 1 |
| 2. Rumusan Masalah | 2 |
| 3. Tujuan | 2 |
| 4. Manfaat | 2 |
| 5. Batasan Masalah..... | 3 |
| 6. Sistematika Penulisan..... | 3 |
| BAB II STUDI LITERATUR | 5 |
| 1. Pengelasan..... | 5 |
| 2. <i>Shielded Metal Arc Welding</i> (SMAW)..... | 5 |
| 3. Parameter Pengelasan..... | 6 |
| 4. <i>Carbon Steel</i> | 7 |
| 5. Tegangan sisa (<i>Residual Stress</i>) | 8 |
| 6. Deformasi Dalam Pengelasan..... | 8 |
| 7. <i>Welding Overlay Cladding</i> | 9 |
| 8. Posisi Pengelasan | 9 |
| 9. Elektroda Pengelasan (<i>Welding Rods</i>)..... | 12 |
| 10. Pengujian Tarik (<i>Tensile Test</i>)..... | 13 |
| BAB III METODOLOGI..... | 16 |
| 1. Tahapan Penelitian | 16 |
| 2. Tempat Penelitian..... | 17 |
| 3. Variabel Penelitian | 17 |

| | | |
|---|--|-----------|
| 4. | Perancangan Pembuatan Spesimen..... | 18 |
| 5. | Perancangan Ketebelan Spesimen | 18 |
| 6. | Rancangan Pengelasan | 20 |
| 7. | Prosedur Pengelasan..... | 22 |
| 8. | Proses Pengelasan | 24 |
| 9. | Data Hasil Pengelasan | 27 |
| 10. | Analisa Hasil Pengelasan | 36 |
| 11. | Peralatan dan bahan yang digunakan..... | 38 |
| 12. | Proses Pembuatan Spesimen | 39 |
| 13. | Metode Pengolahan Data..... | 42 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... | | 43 |
| 1. | Pengolahan Data Pengujian Tarik | 43 |
| 2. | Hasil Pengolahan Data Pengujian Tarik | 44 |
| 3. | Pengolahan Data Menggunakan Desain Faktorial | 45 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... | | 51 |
| 1. | Kesimpulan | 51 |
| 2. | Saran | 52 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 55 |
| LAMPIRAN..... | | 58 |
| 1. | Proses Pengeleasan..... | 58 |
| 2. | Proses Pembuatan Spesimen | 62 |
| 3. | Proses Pengujian Tarik..... | 64 |
| 4. | Hasil Pengujian Tarik B4T..... | 65 |
| 5. | Sertifikat Welder | 81 |
| 6. | Sertifikat Material | 82 |

BAB I PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Pengelasan merupakan salah satu proses yang penting dalam industri manufaktur, khususnya dalam pembuatan dan perbaikan struktur perpipaan. Pipa baja karbon *schedule 40* adalah salah satu komponen yang umum digunakan dalam sistem perpipaan untuk berbagai aplikasi industri, seperti di sektor minyak dan gas, petrokimia, dan pembangkit listrik. Namun, pengelasan pada pipa-pipa ini sering kali memerlukan perlakuan khusus untuk meningkatkan ketahanan dan integritas strukturalnya.

Salah satu teknik yang digunakan untuk meningkatkan kualitas dan kinerja pengelasan pada pipa baja karbon *schedule 40* adalah *overlay welding*. *Overlay welding* melibatkan penambahan lapisan logam tambahan pada permukaan pipa untuk meningkatkan sifat-sifat tertentu, seperti ketahanan terhadap korosi, erosi, atau keausan. Teknik ini juga dapat digunakan untuk memperbaiki atau memperkuat struktur pipa yang rusak atau aus.

Dalam konteks ini, perlu dipelajari penggunaan *overlay welding* pada pipa baja karbon *schedule 40* dengan arah pengelasan *circumferential* (sepanjang lingkaran pipa) dan *longitudinal* (sepanjang sumbu pipa). Pendekatan ini memberikan fleksibilitas yang besar dalam memperbaiki atau memodifikasi pipa, tergantung pada kondisi dan kebutuhan spesifik dari proyek atau aplikasi industri.

Salah satu aspek penting dari *overlay welding* adalah pengaruhnya terhadap tegangan sisa yang terbentuk di sekitar zona pengelasan. Tegangan sisa dapat memengaruhi kinerja struktural material, terutama dalam hal kekuatan dan ketahanan terhadap kelelahan. Oleh karena itu, penting untuk memahami bagaimana teknik pengelasan tertentu, seperti *overlay welding*, mempengaruhi pembentukan tegangan sisa dalam pipa baja karbon *schedule 40*.

Dalam konteks ini, pengujian tarik dan pengujian kekerasan menjadi metode yang relevan untuk mengevaluasi efek *overlay welding* terhadap sifat mekanik dan kekerasan material yang dihasilkan. Pengujian tarik akan memberikan pemahaman yang mendalam tentang kekuatan tarik material serta distribusi tegangan sisa di sekitar zona pengelasan, sementara pengujian kekerasan akan memberikan informasi tentang kekerasan material dan perubahan yang mungkin terjadi akibat proses pengelasan.

Oleh karena itu, makalah ini bertujuan untuk menyelidiki efek *overlay welding* pada pipa baja karbon *schedule 40* dengan arah pengelasan *circumferential* dan *longitudinal* terhadap pembentukan tegangan sisa, serta untuk memahami perubahan dalam sifat mekanik dan kekerasan material yang dihasilkan. Diharapkan bahwa penelitian ini akan memberikan wawasan yang berharga bagi industri dalam meningkatkan kualitas dan keandalan sistem perpipaan serta struktur terkait lainnya.

2. Rumusan Masalah

Dilihat dari latar belakang diatas, maka didapatkan perumusan masalah yaitu:

- Bagaimana pengaruh arah pengelasan *longitudinal* dan *circumferential* terhadap tegangan sisa pada pipa baja karbon yang dilakukan proses *weld overlay cladding* pada pengujian tarik.

3. Tujuan

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Mengetahui nilai tegangan sisa pada pipa baja karbon dari selisih pipa yang sudah dilas dan tidak dilas yang dilakukan proses *welding overlay cladding* dalam arah *longitudinal* dan *circumferential* melalui pengujian tarik.

4. Manfaat

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah

- Mengetahui pengaruh arah pengelasan *longitudinal* dan *circumferential* terhadap tegangan sisa pada pipa baja karbon yang dilakukan proses *overlay welding* yang melalui pengujian tarik.
- Dapat dijadikan referensi untuk penelitian serupa antara lain *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) pada sifat material hingga pengujian tarik.
- Memberikan pengetahuan dan keahlian kepada industri pelatihan teknik mesin serta masyarakat umum di bidang pengelasan busur logam berpelindung (SMAW) untuk meningkatkan hasil pengelasan.
- Merupakan informasi penting bagi peneliti dan pembaca untuk menambah pengetahuannya di bidang pengelasan busur logam berpelindung (SMAW) terkait pengujian tarik.

- Mengetahui arah cakupan las yang paling efektif antara panjang memanjang dan melingkar pada pipa baja karbon ditinjau dari tegangan sisa dan deformasi.

5. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

- Pengelasan yang dilakukan adalah pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*).
- Arah pengelasan yaitu *Longitudinal* dan *Circumferential*.
- Posisi pengelasan adalah 1G.
- Elektroda yang digunakan adalah AWS E7018 diameter 4 mm.
- Arus 130 – 190 ampere.
- Material pipa yang digunakan adalah pipa baja karbon 106 *Grade B*.
- Diameter pipa 2,5 inch (65 mm) *schedule 40* Seri 106 *Grade B*.
- Diameter pipa 5 inch (140 mm) *schedule 40* Seri 106 *Grade B*.
- Jumlah layer 2 & 4 layer.
- Jumlah pass 5.

6. Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi perihal latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, lingkup penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II STUDI LITERATUR

Bab ini berisi tentang kumpulan penelitian dari penelitian-penelitian yang ada di jurnal-jurnal terkonfirmasi dan berisi tentang informasi-informasi yang berkaitan tentang *welding overlay cladding*.

BAB III METODOLOGI

Pada bab ini berisi tentang tahapan penelitian, tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan, setup, rancangan pengujian, metode pengolahan data, dan proses pembentukan specimen.

BAB IV ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi tentang data hasil pengujian yang telah dilakukan. Pada bab ini juga ditambahkan tabel dan gambar hasil pengujian pada variabel eksperimen yang telah ditetapkan.

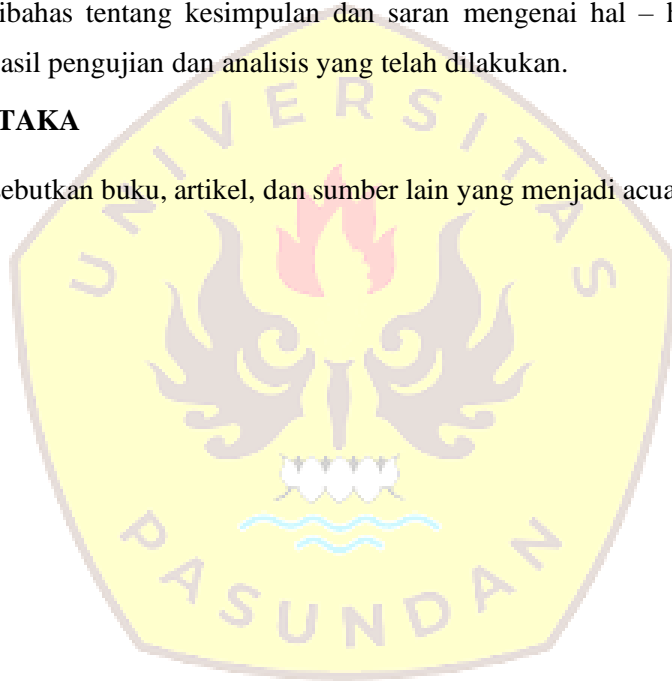
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini dibahas tentang kesimpulan dan saran mengenai hal – hal penting yang diperoleh dari hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

Pada bab ini disebutkan buku, artikel, dan sumber lain yang menjadi acuan skripsi ini.

LAMPIRAN



DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. R. Indrayono, "Pengaruh Variasi Arus dan Bentuk Kampuh Pada Pengelasan Smaw Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Las Baja Paduan Rendah," no. 1, pp. 219-224, 2018.
- [2] H.-C. Yoo, "Recent Study Of Overlay Welding On Welding Methods," *Journal of the Korean Welding and Joining Society*, vol. 31, no. 1, pp. 11–20, Feb. 2013, doi: 10.5781/kwjs.2013.31.1.11.
- [3] M. Jeong *et al.*, "Inconel O dari perangkat asli Pengelasan Overlay Material Inconel untuk Komponen Tenaga Nuklir." "Fabrikasi Logam." (2008): 1-171, doi: <https://doi.org/10.31004/basicedu.v4i4.492>.
- [4] S. Hastuti *et al.*, "Seminar Nasional Edusainstek Peningkatan *Softskill* Pengelasan Melalui Pelatihan Las Smaw", *Edusaintek 3* (2019), doi: <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i3.2869>.
- [5] S. Wiyono, "Shielded Metal Arc Welding Cladding Pada Shaft Wringer Roll." *Teknika: Jurnal Sains dan Teknologi*, 2016, 12.2: 363-374, doi: <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i3.2869>.
- [6] 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, 2018.
- [7] P. Elango *et al.*, "Parameter Pengelasan untuk Inconel 625 Overlay pada Baja Karbon menggunakan GMAW", doi: 10.17485/ijst/2015/v8i31/84309, November.
- [8] B. Utomo, "Perbaikan Deformasi Plat Baja Pada Konstruksi Block Ss1a Kapal Cepat Rudal 60m Akibat Proses Assembly," 2019. *Jurnal Proyek Teknik Sipil 2.1* (2019): 31-36.
- [9] B. Subermanto 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.
- [10] Mu'izzaddin *et al.*, "Analisis Pengaruh Arus dan Tegangan Pngelasan Smaw Terhadap Struktur dan Sifat Baja Carbon Grade A dan Grade B ", *SAINTEK* , vol. 2, no. 2, pp. 36–44, Nov. 2023.

- [11] Y. Gunawan *et al.*, "Analisa Pengaruh Pengelasan Listrik Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon Rendah dan Baja Karbon Tinggi," 2017. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin. Universitas Halu Oleo. Kendari*, 2(1).
- [12] D. Prayitno and H. D. Hutagalung, "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>.
- [13] M. Sulaeman *et al.*, "Kimia Pada Cangkul Di Balai Besar Logam dan Mesin (Bblm) Bandung." *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*. 2019. p. 539-543.
- [14] 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]. <https://journal.uny.ac.id/index.php/dynamika/issue/view/1939> Available.
- [15] Wiyoko. J, "Analysis Of The Influence Of Holding Time On Pwht Process Againsts Mechanical Properties, Microstructure And Residual Stress On Welding Of Steel Aar M201 GR.B +," *Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya*, 2015.
- [16] A. Kamanurandi, "*Journal of Mechanical Science and Technology* Analisa Tegangan Sisa Pada Material Las Smaw Menggunakan Elektroda Terekspos dan Tidak Terekspos," vol. 6, no. 1, pp. 4-7, 2022.
- [17] Z. Hilmy *et al.*, "Sudut Kemiringan V Bevel Pada Proses Pengelasan Stainless Steel Butt Joint Menggunakan Metode Elemen Hingga," *Jurnal Maritim*, vol. 4, no. 1, 2022.
- [18] 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. 10.1016/j.nucengdes, 2006.02.011.
- [19] Wiyoko. J, "Studi Korosi Batas Butir Inconel 625 *Weld Overlay Clading* Pada Pipa Api 5L X52 Dengan Media Larutan Ferrit (III) Sulfat 75% + Asam Sulfat 98%."
- [20] G. Anggaretno and L. Rochani, "Analisa Pengaruh Jenis Elektroda Terhadap Laju Korosi Pada Pengelasan Pipa API 5L Grade X65 Dengan Media Korosi FeC13," *J. Tek. ITS*, vol. 1, no. 1, pp. 1-5, 2012.

- [21] N. Ariyanto *et al.*, "Pengujian Mekanis dan Korosi pada Weld Overlay Pipa API 5L X65 Hasil Pengelasan GTAW", *Jatra*, vol. 5, no. 1, pp. 21-26, Jun. 2023, doi: <https://doi.org/10.30871/jatra.v5i1.5520>.
- [22] I. G. N. N. Santhiarsa *et al.*, "Pengaruh Posisi Pengelasan dan Gerakan Elektroda Terhadap Kekerasan Hasil Las Baja JIS SSC 41," *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM*, vol. 2, no. 2, pp. 107-111, 2008.
- [23] A. Duniawan, "Pengaruh Gerak Elektroda dan Posisi Pengelasan Terhadap Uji Kekerasan Dari Hasil Las Baja Ssc 41." *Jurnal Teknologi*, 2015, 8.2: 128-134.
- [24] H. Saputra, A. Syarief, "Analisis Pengaruh Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik Baja ST37 Pasca Pengelasan Menggunakan Las Listrik." *J. Ilm. Tek. Mesin Unkun*, vol. 03, no. 2, pp. 91-98, 2014.
- [25] S. Ash *et al.*, "Analisis Perbandingan Variasi Diameter Elektroda dan Diameter Baja Pengelasan Double Flare Bevel Material Bjtp 280 Terhadap Sifat Mekanik dan Metallography." *In CWEA-Conference on Welding Engineering and Its Application*. 2023.
- [26] R. D. Salindeho *et al.*, "Pemodelan Pengujian Tarik Untuk Menganalisis Sifat Mekanik Material", *JPTMU*, vol. 2, no. 2, Nov. 2013.
- [27] H. Budiman, "Analisis Pengujian Tarik (Tensile Test) Pada Baja St37 Dengan Alat Bantu Ukur Load Cell," *J-Ensitemc* 3.01 (2016), doi: <https://doi.org/10.46306/lb.v1i2.17>.