



**ANALISIS *WELD REPAIR* PIPA API 5L *GRADE-B*
MENGUNAKAN METODE *FULL ENCIRCLEMENT STEEL*
*REINFORCING SLEEVES***

SKRIPSI

DANIEL PARGAULAN

2010311007

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN” JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN

2024



**ANALISIS *WELD REPAIR* PIPA API 5L *GRADE-B*
MENGUNAKAN METODE *FULL ENCIRCLEMENT STEEL*
*REINFORCING SLEEVES***

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

DANIEL PARGAULAN

2010311007

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN” JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN

2024

PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi diajukan oleh :

Nama : Daniel Pargaulan
NPM : 2010311007
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Analisis *Weld Repair* Pipa API 5L Grade-B Menggunakan Metode *Full Encirclement Steel Reinforcing Sleeves*.

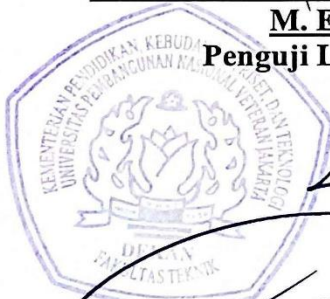
Telah berhasil dipertahakan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.



Ir. Fahrudin, S.T., M.T.
Penguji Utama



Dr. Eng. Riki Hendra Purba, S.T.,
M. Eng.
Penguji Lembaga



Dr. Ir. Muchamad Oktaviandri, S.T.,
M.T., IPM., ASEAN. Eng.
Plt Dekan Fakultas Teknik



M. Arifudin Lukmana, S.T., M.T.
Pembimbing 1



Ir. Fahrudin, S.T., M.T.
Ketua Program Studi Teknik Mesin

Ditetapkan di : Jakarta
Tanggal Ujian : 10 Juli 2024

PENGESAHAN PEMBIMBING

**ANALISIS *WELD REPAIR* PIPA API 5L *GRADE-B* MENGGUNAKAN
METODE *FULL ENCIRCLEMENT STEEL REINFORCING SLEEVES***

Disusun oleh :

DANIEL PARGAULAN

2010311007

Pembimbing 1



(M. Arifudin Lukmana, S.T., M.T.)

Pembimbing 2



(Armansyah, S.T., M.Sc., Ph.D.)

Jakarta, 22 Juli 2024

Mengetahui,

Ketua Program Studi S-1 Teknik Mesin



(Ir. Fahrudin, S.T., M.T.)

PERNYATAAN ORISINALITAS


Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Daniel Pargaulan
NPM : 2010311007
Fakultas : Teknik
Program Studi : S1 Teknik Mesin

Bilamana dikemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pertanyaan saya ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 22 Juli 2024

Yang menyatakan,



(Daniel Pargaulan)

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademis Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Daniel Pargaulan
NPM : 2010311007
Fakultas : Teknik
Program Studi : S1 Teknik Mesin


Demi Pembangunan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non Exclusive Royalti Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**ANALISIS *WELD REPAIR* PIPA API 5L *GRADE-B* MENGGUNAKAN
METODE *FULL ENCIRCLEMENT STEEL REINFORCING SLEEVES***

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti ini, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta
Pada tanggal : 22 Juli 2024
Yang Menyatakan,


(Daniel Pargaulan)

ANALISIS *WELD REPAIR* PIPA API 5L *GRADE-B* MENGUNAKAN METODE *FULL ENCIRCLEMENT STEEL REINFORCING SLEEVES*

Daniel Pargaulan

ABSTRAK

Korosi merupakan salah satu musuh yang sering terjadi di dunia industri minyak dan gas. Salah satu upaya mencegah korosi dengan dilakukannya standar perbaikan yang tepat, salah satunya standar ASME PCC-2. Pada penelitian kali ini akan meneliti tentang perbaikan pipa menggunakan metode *Full Encirclement Steel Reinforcing Sleeves per ASME PCC-2* dengan proses pengelasan GTAW. Proses pengelasan GTAW akan diuji melalui beberapa pengujian untuk mengetahui karakteristik hasil pengelasan dari kekuatan, kekerasan, dan tidak terdapat cacat. Karakteristik didapatkan dari pengujian makro, pengujian tarik, pengujian kekerasan, dan pengujian *penetrant*. Pada penelitian ini pengujian makro menghasilkan 6 *welding pass* dari 4 *welding layer* yaitu 1 *root*, 1 *hot*, 3 *fill*, dan 1 *cap*. Di pengujian tarik menghasilkan kekuatan tarik maksimum sebesar 579,97 N/mm². Di Pengujian kekerasan menghasilkan kekerasan terbesar sebesar 226 HV berlokasi di 12 o'clock. Pada perbaikan pipa API 5L *Grade-B* terbebas dari *linear indication* dan *rounded indication* yang menghasilkan kriteria *accepted*.

Kata kunci:

Full Encirclement Steel Reinforcing Sleeves, GTAW, Makro, Tarik, Kekerasan, *Penetrant*.

***ANALYSIS OF WELD REPAIR ON API 5L GRADE-B PIPE
USING THE FULL ENCIRCLEMENT STEEL REINFORCING
SLEEVES METHOD***

Daniel Pargaulan

ABSTRACT

Corrosion is one of the common enemies in the oil and gas industry. One of the efforts to prevent corrosion is by implementing proper repair standards, such as ASME PCC-2. This study investigates the repair of piping using the Full Encirclement Steel Reinforcing Sleeves method per ASME PCC-2 with GTAW welding process. The GTAW welding process will be evaluated through several test to determine the characteristic of the weld, including strength, hardness, and absence of defects. Characteristic will be obtained from macroscopic examination, tensile testing, hardness testing, and penetrant testing. In this study, the macros the macroscopic examination resulted in 6 welding passes across 4 welding layers: 1 root, 1 hot, 3 fill, and 1 cap. The tensile testing resulted a maximum tensile strength of 579,97 N/mm². The hardness testing resulted a maximum hardness of 226 HV located at 12 o'clock. The repair of the API 5L Grade-B pipe was free from linear and rounded indications, resulting in accepted criteria.

Keywords:

Full Encirclement Steel Reinforcing Sleeves, GTAW, Macro, Tensile, Hardness, Penetrant.

KATA PENGANTAR

Puji syukur Penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat, kasih dan karunia-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisis *Weld Repair* Pipa API 5L *Grade-B* Menggunakan Metode *Full Encirclement Steel Reinforcing Sleeves*”. Skripsi ini disusun sebagai persyaratan Tugas Akhir untuk memperoleh gelar Sarjana di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta. Dalam usaha penyusunan skripsi ini, Penulis menyadari sepenuhnya akan keterbatasan waktu, pengetahuan, dan biaya Penulis. Namun berkat bantuan dan kontribusi dari berbagai pihak maka penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya. Pada kesempatan ini dengan segala kerendahan dan ketulusan hati, Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar besarnya kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus atas segala penyertaan dan limpahan berkat yang diberikan.
2. Keluarga tercinta; Ayah, Ibu, dan Astuti Elsy Lis selaku kakak Penulis yang sudah memberikan dukungan moril, materil maupun spiritual agar Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan lancar.
3. Bapak Fahrudin, S.T., M.T, selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.
4. Bapak M. Arifudin Lukmana, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing skripsi 1 yang telah banyak membantu Penulis dalam menyusun skripsi ini.
5. Bapak Armansyah, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku dosen pembimbing skripsi 2 yang telah banyak membantu Penulis dalam menyusun skripsi ini.
6. PT. XYZ yang telah membantu Penulis dalam pengumpulan data penelitian skripsi ini.
7. Bapak Agus Priyono yang telah membantu Penulis menjadi juru las (*welder*) proses pengelasan GTAW.
8. Bapak Rajudin yang telah membantu Penulis menjadi juru las (*welder*) proses pengelasan GTAW.

9. Pusat Pelatihan Kerja Khusus Pengembangan Las, BLK Condet yang telah membantu Penulis mendapatkan ilmu mengenai proses pengelasan GTAW serta kualifikasi pengujiannya.
10. PT. Kilang Pertamina Internasional, Pertamina *Refinery Unit* (RU) VI Balongan yang menghubungkan Penulis dengan PT. Timas Suplindo.
11. Bapak Aldo dan Bapak Anton Frans dari PT. Timas Suplindo yang telah membantu Penulis mendapatkan ilmu mengenai proses pengelasan GTAW serta standar kualifikasi pengujiannya.
12. PT. Hi-Test yang telah membantu Penulis mendapatkan ilmu mengenai pengujian dengan alat uji sifat mekanis.
13. Keluarga Besar Teknik Mesin UPN Veteran Jakarta angkatan 2020 serta semua pihak yang telah membantu dan mendukung kelancaran penyelesaian skripsi ini.

Penulis berhop semoga Tuhan senantiasa selalu memberkati dimanapun kalian berada. Akhir kata Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun. Besar harapan Penulis, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat sekaligus menambah pengetahuan bagi berbagai pihak.

Jakarta, Juli 2024

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
PENGESAHAN PENGUJI	ii
PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Sistematika Penulisan.....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Pengertian dan Jenis Korosi	6
2.1.1. Pengertian Korosi.....	6
2.1.2. Jenis Korosi.....	6
2.1.3. Perhitungan Laju Korosi	9
2.1.4. Perhitungan <i>Remaining Life</i>	9
2.2. Pengertian dan Jenis Pengelasan	10
2.2.1. Pengertian Pengelasan	10

2.2.2.	Jenis Pengelasan.....	11
2.3.	Pengelasan GTAW (<i>Gas Tungsten Arc Welding</i>).....	14
2.3.1.	Pengertian Pengelasan <i>Gas Tungsten Arc Welding</i>	14
2.3.2.	Langkah kerja Las GTAW	17
2.3.3.	Kelebihan dan Kekurangan Las GTAW	19
2.3.4.	Parameter Las GTAW	19
2.3.	Metode <i>Full Encirclement Steel Reinforcing Sleeves</i>	23
2.4.	Sifat Mekanis Uji Kekerasan Hasil Pengelasan	25
2.5.	Pengujian Kekuatan Tarik (<i>Tensile Strength</i>).....	29
2.6.	Pengujian <i>Macro</i>	30
2.7.	Pengujian <i>Penetrant (Liquid Penetrant Test)</i>	31
2.7.1.	Jenis <i>Penetrant</i>	32
2.7.2.	Karakteristik <i>Penetrant</i>	34
2.7.3.	Prosedur <i>Penetrant Test</i>	34
BAB 3	METODE PENELITIAN.....	35
3.1.	Tahap dan Tempat Penelitian.....	35
3.2.	Metode Penelitian.....	35
3.3.	Alat dan Bahan yang digunakan.....	36
3.3.1.	Alat yang digunakan	36
3.3.2.	Bahan/Material Kawat Las (<i>Filler</i>) dan Sampel Benda Uji.....	36
3.3.3.	Parameter Penelitian	38
3.4.	Diagram Alir Penelitian.....	39
3.5.	Teknik Pengumpulan Data	40
3.5.1.	Observasi.....	40
3.5.2.	Dokumentasi	40
3.5.3.	Pustaka	40

3.6.	Pengujian Makro	40
3.7.	Pengujian Tarik (<i>Tensile Strength</i>)	41
3.8.	Pengujian Kekerasan Vickers	41
3.8.1.	Metode Statistik Non-Parametris Pengujian Kekerasan	42
3.8.2.	Hipotesis	43
3.8.3.	Wilcoxon.....	43
3.9.	Pengujian <i>Penetrant (Penetrant Test)</i>	44
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		45
4.1.	Pengaruh Parameter Pengelasan Terhadap Pengujian Makro	45
4.2.	Pengaruh Parameter Pengelasan Terhadap Pengujian Tarik.....	47
4.3.	Pengaruh Parameter Pengelasan Terhadap Pengujian Kekerasan	47
4.3.1.	Data Kekerasan Lasan.....	48
4.3.2.	Statistik Pengujian Kekerasan Vickers	49
4.3.3.	Uji Wilcoxon.....	50
4.4.	<i>Weld Repair Full Encirclement Steel Reinforcing Sleeves</i>	53
4.4.1.	Temuan Anomali	53
4.4.2.	Laju Korosi	54
4.4.3.	<i>Remaining Life</i>	55
4.4.4.	<i>Perform Welding</i> dan NDT	56
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....		59
5.1.	Kesimpulan.....	59
5.2.	Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA		
RIWAYAT HIDUP		
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Elektroda Tungsten	16
Tabel 3. 1. Komposisi Kimia Filler TG-S50	37
Tabel 3. 2. Pengaturan Parameter Las GTAW	38
Tabel 3. 3. Rancangan Tabel Hasil Macro Examination	40
Tabel 3. 4. Data Hasil Uji Tarik	41
Tabel 3. 5. Data Hasil Uji Kekerasan Vickers 6 o'clock	42
Tabel 3. 6. Data Hasil Uji Kekerasan Vickers 12 o'clock	42
Tabel 3. 7. Data Hasil Uji Penetrant	44
Tabel 4. 1. Hasil Uji Makro 6 o'clock	45
Tabel 4. 2. Hasil Uji Makro 12 o'clock	46
Tabel 4. 3. Angka Kekuatan Tarik/Tensile Strength	47
Tabel 4. 4. Data Hasil Uji Kekerasan Vickers 6 o'clock	48
Tabel 4. 5. Data Hasil Uji Kekerasan Vickers 12 o'clock	48
Tabel 4. 6. Tabel Perhitungan Uji Wilcoxon	50
Tabel 4. 7. Hasil Uji Penetrant Part Bevel	56
Tabel 4. 8. Hasil Uji Penetrant Part Root	57
Tabel 4. 9. Tabel Hasil Uji Penetrant Part Cap	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Crevice Corrosion.....	6
Gambar 2. 2. Unifrom Attack Corrosion	7
Gambar 2. 3. Pitting Corrosion.....	7
Gambar 2. 4. Intergranular Corrosion	7
Gambar 2. 5. Erosion Corrosion.....	8
Gambar 2. 6. Galvanic Corrosion.....	8
Gambar 2. 7. Mesin Las GTAW dan Perlengkapannya.....	15
Gambar 2. 8. Proses las GTAW	16
Gambar 2. 9. Pengkutuban Mesin Las DC	17
Gambar 2. 10. Root Gap dan Root Face.....	18
Gambar 2. 11. Proses Pengelasan 6G Up Hill	18
Gambar 2. 12. Type A Sleeve	24
Gambar 2. 13. Type B Sleeve	24
Gambar 2. 14. Zona Sambungan Las	26
Gambar 2. 15. Prinsip Hardness Vickers.....	27
Gambar 2. 16. Alat Uji Kekerasan Vickers dan Nama Bagian-Bagiannya	28
Gambar 2. 17. Stress-Strain Curve for Steel Pipe	29
Gambar 2. 18. Pengujian Dengan Penetrant.....	31
Gambar 2. 19. Cara Pembersihan Penetrant Sisa Water Washable	32
Gambar 2. 20. Cara Pembersihan Penetrant Sisa Post Emulsifiable.....	33
Gambar 2. 21. Cara Pembersihan Penetrant Sisa Solvent Removable.....	33
Gambar 2. 22. Proses Kapilaritas Pada Spesimen Uji.....	34
Gambar 3. 1. Isometric Piping Identification Diagram (PID)	35
Gambar 3. 2. Kawat Las (Filler) TG-S50.....	37
Gambar 3. 3. Drawing Repair Full Encirclement Steel Reinforcing Sleeves	38
Gambar 3. 4. Diagram Alir Penelitian	39
Gambar 4. 1. Nilai Kekerasan Tiap Daerah Sambungan Las; BM, HAZ, WM ..	49
Gambar 4. 2. Data Tingkat Kepercayaan Uji Wilcoxon.....	51
Gambar 4. 3. Grafik Uji Normalitas Line 1.....	52
Gambar 4. 4. Grafik Uji Normalitas Line 2.....	52

Gambar 4. 5. Hasil Uji Wilcoxon Software Minitab	53
Gambar 4. 6. Corrosion Under Pipe Support	54