



TUGAS AKHIR AB-1956 409

**PEMBUATAN ALAT BANTU PEMEGANG RODA
PADA UNIT BACKHOE LOADER DENGAN
MATERIAL BAJA MENGGUNAKAN PENGELASAN
FCAW**

Oleh:

Selvi Agustin

NRP. 33212301018

Dosen Pembimbing 1

Mohammad Anas Fikri, S.T., M.T

Dosen Pembimbing 2

Annafiyah, S.Si., M.T

**PRODI D3 TEKNIK MESIN ALAT BERAT
JURUSAN REKAYASA MESIN DAN INDUSTRI
POLITEKNIK NEGERI MADURA
2026**

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Selvi Agustin
NRP : 33212301018
Program Studi : Teknik Mesin Alat Berat
Jurusan : Rekayasa Mesin Dan Industri
Tahun Akademik : 2025/2026

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir saya dengan judul **PEMBUATAN ALAT BANTU PEMEGANG RODA PADA UNIT *BACKHOE LOADER* DENGAN MATERIAL BAJA MENGGUNAKAN PENGELASAN *FCAW*** adalah original, belum pernah dibuat oleh pihak lain, dan bebas dari plagiarisme.

Bilamana pada kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenarbenarnya.



LEMBAR PENGESAHAN

PEMBUATAN ALAT BANTU PEMEGANG RODA PADA UNIT BACKHOE LOADER DENGAN MATERIAL BAJA MENGGUNAKAN PENGELASAN FCAW

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Ahli Madya Teknik (A.Md. T.)
Pada
Jurusan Rekayasa Mesin dan Industri
Program Studi Teknik Mesin Alat Berat
Politeknik Negeri Madura

Oleh:

Selvi Agustin

NRP: 33212301018

Tugas Akhir ini telah disidangkan pada tanggal 29 Juli 2026
dan telah sesuai dengan ketentuan.

Disetujui Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Mohammad Anas Fikri, S.T., M.T. (Pembimbing I)
2. Annafiyah, S.Si., M.T. (Pembimbing II)
3. Misbakhul Fatah, S.T., M.T. (Penguji I)
4. Laily Ulfiyah, M.T. (Penguji II)
5. Faizatur Rohmah, S.Si., M.Si. (Penguji III)

SAMPANG

27 Juli 2026

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

Judul Tugas Akhir : Pembuatan Alat Bantu Pemegang Roda
Pada *Unit Backhoe Loader* Dengan
Material Baja Menggunakan Pengelasan
FCAW

Penulis : Selvi Agustin

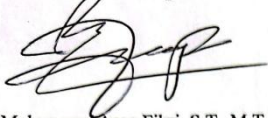
NRP : 33212301018

Program Studi : D3 Teknik Mesin Alat Berat

Jurusan : Rekayasa Mesin dan Industri

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disetujui untuk disidangkan.
Ditandatangani di Politeknik Negeri Madura.

Pembimbing I,



Mohammad Anas Fikri, S.T., M.T.
NIPPPK. 197705222021211005

Pembimbing II,



Annafiyah, S.Si., M.T.
NIP. 19870907201903011

Koordinator Program Studi
D3 Teknik Mesin Alat Berat



Mohammad Anas Fikri, S.T., M.T.
NIPPPK. 197705222021211005

Koordinator TA
D3 Teknik Mesin Alat Berat



Faizatur Rohmah, S.Si., M.Si.
NIPPPK. 199006062024212053

PEMBUATAN ALAT BANTU PEMEGANG RODA PADA *UNIT BACKHOE LOADER* DENGAN MATERIAL BAJA MENGGUNAKAN PENGELASAN *FCAW*

Nama : Selvi Agustin
NRP : 33212301018
Pembimbing 1 : Mohammad Anas Fikri, S.T., M.T
Pembimbing 2 : Annafiyah, S.Si., M.T

ABSTRAK

Pembuatan alat bantu pemegang roda pada *unit Backhoe Loader* dilakukan untuk membantu proses pelepasan dan pemasangan roda agar lebih mudah, aman, dan efisien. Penelitian ini menggunakan material baja ASTM A36 dengan metode pengelasan *Flux Cored Arc Welding (FCAW)* dan elektroda E71T-1. Pengujian dilakukan menggunakan material ASTM A36 dan uji *penetrant* uji *bending* dengan variasi parameter pengelasan untuk mengetahui kualitas sambungan las dan menentukan parameter yang paling optimal. Hasil uji *penetrant* menunjukkan bahwa seluruh spesimen tidak mengalami cacat permukaan yang signifikan dan dinyatakan *accepted*. Hasil uji *bending* menunjukkan bahwa parameter 100 A dan 22 V menghasilkan sambungan terbaik karena tidak mengalami retak maupun porositas. Berdasarkan hasil pengujian alat parameter yang digunakan sudah sesuai, pengujian *penetrant* tidak ditemukan indikasi diskontinuitas. Pada saat pengujian untuk menumpu roda *Backhoe Loader* seberat 175 kg selama 120 detik, telah dilakukan *visual test* dan pengecekan adanya kemungkinan defleksi, tidak ditemukan di titik kritis sambungan seperti pada gambar perencanaan.

Kata kunci: Alat Bantu Pemegang Roda, *Backhoe Loader*, ASTM A36, *FCAW*, Uji *Penetrant*, Uji *Bending*

**MANUFACTURING OF WHEEL HOLDER TOOLS ON
BACKHOE LOADER UNITS WITH STEEL MATERIALS
USING FCAW WELDING**

Nama : Selvi Agustin
NRP : 33212301018
Supervisor 1 : Mohammad Anas Fikri, S.T., M.T
Supervisor 2 : Annafiyah, S.Si., M.T

ABSTRACT

The wheel holder tool on the Backhoe Loader unit was made to help the wheel removal and installation process to be easier, safer, and more efficient. This study used ASTM A36 steel material with the Flux Cored Arc Welding (FCAW) welding method and E71T-1 electrode. Testing was carried out using penetrant testing and bending testing with various welding parameters to determine the quality of the weld joint and determine the most optimal parameters. The penetrant test results showed that all specimens did not experience significant surface defects and were declared accepted. The bending test results showed that the parameters of 100 A and 22 V produced the best connection because they did not experience cracks or porosity. Based on the test results, the parameters used were appropriate, and no indication of discontinuity was found in the penetrant test. During the test to support the Backhoe Loader wheel weighing 175 kg for 120 seconds, a visual test and check for possible deflection were carried out, which was not found at the critical point of the connection as in the planning drawing.

Keywords: Wheel Holder Tool, Backhoe Loader, ASTM A36, FCAW, Penetrant Test, Bending Test.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah segala puji syukur kepada Allah Yang Maha Esa yang telah memberi kekuatan, kemampuan, dan kesabaran kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Tujuan penulisan tugas akhir adalah memenuhi salah satu persyaratan bagi mahasiswa untuk dapat menyelesaikan pendidikan Diploma-3 Program Studi Teknik Mesin Alat Berat jurusan Rekayasa Mesin dan Industri di Politeknik Negeri Madura.

Berdasarkan karya tersebut, penulis menyusun laporan TA berjudul “Pembuatan Alat Bantu Pemegang Roda Pada *Unit Backhoe Loader* Dengan Material Baja Menggunakan Pengelasan *FCAW*”

Laporan TA ini tidak akan selesai dengan baik tanpa bantuan, bimbingan, dan dorongan dari orang-orang yang berada di sekitar penulis. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih banyak kepada:

1. Yth. Ibu Laily Ulfyah, S.T., MT., selaku Direktur Politeknik Negeri Madura .
2. Yth. Bapak Mohammad Anas Fikri, S.T., M.T. selaku ketua Jurusan Rekayasa Mesin dan Industri dan pembimbing I yang senantiasa memberikan hak kritik, saran, dan masukan dalam proses pengerjaan tugas akhir ini.
3. Yth. Bapak Amin Jakfar, S.T., M.T. selaku sekretaris Jurusan Ketua Jurusan Rekayasa Mesin dan Industri
4. Yth. Ibu Faizatur Rohmah, S.Si., M.Si. selaku koordinator Tugas Akhir2 Program Studi D3 Teknik Mesin Alat Berat

5. Yth. Ibu Annafiyah, S.Si., M.T. selaku pembimbing II yang senantiasa memberikan hak kritik, saran, dan masukan dalam proses pengerjaan tugas akhir ini.
6. Para dosen dan tenaga kependidikan Politeknik Negeri Madura yang telah melayani mahasiswa selama penulis menempuh pendidikan di sini.
7. Kedua kakek nenek saya Bapak Pairin dan Mak Warsini. Terima kasih atas segala doa serta pengorbanan dengan tulus kasih sayang yang telah di berikan kepada saya. Beliau mampu memberikan yang terbaik untuk saya tanpa mengeluh sedikit pun sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Kedua orang tua saya Ayah Kasianto dan Ibu Painah. Terima kasih atas segala doa serta pengorbanan dengan tulus kasih sayang yang telah di berikan kepada saya. Beliau mampu memberikan yang terbaik untuk saya tanpa mengeluh sedikit pun sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Kepada orang yang tak kalah pentingnya, Luqman Arif. Terima kasih atas kesabaran, pengertian, dan dukungannya yang tak terbatas selama proses penyusunan tugas akhir ini. Kehadiranmu menjadi motivasi besar dan membantu penulis melewati masa-masa sulit. Terima kasih telah menjadi bagian terpenting dalam perjalanan ini.
10. Teman-teman Teknik Mesin Alat Berat atas dukungannya dan saran yang telah diberikan.
11. Terakhir untuk diri saya sendiri, Selvi Agustin. Terima kasih telah bersemangat untuk melanjutkan Tugas Akhir dengan lancar, walaupun terkadang ada rasa



ingin menyerah, intinya terima kasih sudah bisa sampai di titik sekarang ini.

Sampang, 24 Juli 2026

Selvi Agustin
NRP. 33212301018

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERSETUJUAN	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan	5
1.5 Manfaat	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Penelitian Sebelumnya	8
2.2 Landasan Teori	11
2.2.1 Baja ASTM A36	13
2.3 <i>Dissimilar</i>	13
2.4 Uji <i>Bending</i>	13
2.5 Uji <i>Penetrant</i>	14
2.6 Elektroda E71T-1	16
2.7 ASME SEC IX	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1 Tahapan Penelitian	18
3.1.1 Spesifikasi Alat dan Bahan	21
3.1.2 Proses dan Prosedur Pengerjaan	21

3.2 Prosedur Pengujian	23
3.2.1 Prosedur Pengujian <i>Bending</i>	23
3.2.2 Prosedur Pengujian <i>Penetrant test</i>	24
3.2.3 Kriteria Uji <i>Bending</i>	24
3.2.4 Kriteria Uji <i>Penetrant</i>	25
3.2.1 Desain Alat Bantu <i>Remove-Install</i> Roda <i>Backhoe Loader</i>	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Proses Pembuatan Spesimen Alat	28
4.1.1 Persiapan Material.....	28
4.1.2 Pemotongan Material	28
4.1.3 Penyiapan Model Sambungan Las	28
4.2 Tahapan Proses Pengujian.....	29
4.2.1 Pengujian <i>Penetrant Test</i>	29
4.2.2 Pengujian <i>Bending</i>	30
4.3 Hasil Pengaturan Parameter Arus dan Tegangan ..	34
4.3.1 Hasil Pengujian Alat Bantu Pemegang Roda	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	45
BIODATA PENULIS	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1Mesin Las FCAW	12
Gambar 2. 2 Skema pengujian bending.....	14
Gambar 2. 3 Penetrant test	15
 Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	18
Gambar 3. 2 Desain Alat Bantu Remove-Install Roda Backhoe Loader.....	26
 Gambar 4. 1 Hasil Uji Penetrant test	29
Gambar 4. 2 Hasil Uji Bending U-Channel 1	31
Gambar 4. 3 Hasil Uji Bending U-Channel 2.....	32
Gambar 4. 4Hasil Uji Bending Plat 1	33
Gambar 4. 5 Hasil Uji Bending Plat 2	33
Gambar 4. 6 Hasil Pengaturan Parameter Arus dan Tegangan	34
Gambar 4.7 Hasil Pengujian Alat Bantu Pemegang Roda	39

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Jenis-jenis cacat las	15
Tabel 2. 2 Komposisi elektroda E71T-1	16
Tabel 4. 1 Kriteria Keberterimaan ASME <i>Section V Article 6</i> pada Spesimen A100	35
Tabel 4. 2 Kriteria Keberterimaan ASME <i>Section V Article 6</i> pada Spesimen A100	35
Tabel 4. 3 Kriteria Keberterimaan ASME <i>Section V Article 6</i> pada Spesimen A100	36
Tabel 4. 4 Kriteria Keberterimaan ASME <i>Section V Article 6</i> pada Spesimen A100	37
Tabel 4. 5 Kriteria Keberterimaan ASME <i>Section V Article 6</i> pada Spesimen A100	37

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keterbatasan alat bantu khusus untuk proses pelepasan dan pemasangan roda pada alat berat *Backhoe Loader* masih menjadi permasalahan di Politeknik Negeri Madura, terutama dari sisi keselamatan dan kesehatan kerja (K3) ergonomi bagi mekanik. Dalam banyak kasus, mekanik masih mengandalkan tenaga manual atau peralatan sederhana yang sebenarnya tidak dirancang untuk menangani beban roda yang besar dan berat, sehingga posisi kerja menjadi tidak ergonomis. Kondisi ini memaksa mekanik bekerja dengan posisi membungkuk, memutar badan, serta menahan beban dalam waktu tertentu yang dapat menimbulkan kelelahan berlebih dan risiko cedera otot maupun sendi. Selain itu, keterbatasan alat bantu juga meningkatkan potensi terjadinya kecelakaan kerja seperti tangan terjepit, terpelesetnya roda, atau jatuhnya komponen akibat kurangnya penopang yang aman. Oleh karena itu, ketidaksediaan alat bantu pelepas dan pemasang roda yang sesuai kebutuhan menjadi faktor yang memperbesar resiko gangguan ergonomi dan menurunkan tingkat keselamatan kerja mekanik pada kegiatan perawatan *Backhoe Loader*.

Penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini dilakukan oleh Basilius I Gede Juan Tony (2025) yang merancang dan membangun alat bantu pelepas roda pada truk untuk meningkatkan efisiensi dan keselamatan kerja mekanik. Penelitian tersebut menggunakan material baja sebagai bahan utama rangka dan menerapkan proses fabrikasi mekanis yang dilengkapi dengan perhitungan kekuatan komponen, seperti

poros, dongkrak hidrolik, dan sambungan las. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat bantu yang dirancang mampu mempercepat proses pelepasan roda serta mengurangi beban kerja manual dan risiko cedera. Meskipun demikian, penelitian tersebut lebih berfokus pada mekanisme pelepasan roda dan belum secara spesifik membahas aspek pemegangan roda serta metode pengelasan yang digunakan. Oleh karena itu, penelitian ini dikembangkan dengan fokus pada pembuatan alat bantu pemegang roda pada unit *Backhoe Loader* menggunakan material baja dengan metode pengelasan *FCAW*, sehingga diharapkan mampu meningkatkan kekuatan struktur sambungan, keandalan alat, serta kesesuaian alat terhadap karakteristik roda alat berat di lapangan [1].

Pengelasan merupakan salah satu proses manufaktur yang memiliki peranan penting dalam perkembangan industri modern, khususnya dalam penyambungan material logam. Proses ini dilakukan dengan memanaskan sebagian atau seluruh permukaan logam hingga mencair, kemudian dibiarkan membeku sehingga terbentuk sambungan yang bersifat permanen. Salah satu metode pengelasan yang banyak diaplikasikan di berbagai sektor industri adalah *Flux Cored Arc Welding (FCAW)* atau las busur listrik berinti *fluks*. Metode *FCAW* memanfaatkan kawat elektroda berinti *fluks* yang menghasilkan busur listrik untuk mencairkan logam induk, sehingga metode ini banyak digunakan pada penyambungan baja dalam konstruksi mesin, struktur baja, maupun aplikasi nonindustri. Keberadaan *fluks* pada elektroda berfungsi membentuk lapisan pelindung selama proses pengelasan berlangsung, sehingga mampu mencegah kontaminasi dari udara luar seperti oksida dan sekaligus mengurangi potensi

terbentuknya cacat las berupa porositas [2].

Kualitas sambungan las sangat dipengaruhi oleh beberapa parameter pengelasan, salah satunya adalah besarnya arus listrik yang digunakan selama proses pengelasan. Arus pengelasan berperan langsung terhadap kondisi termal di daerah las dan berpengaruh pada karakteristik mekanik sambungan yang dihasilkan. Pemilihan arus yang sesuai akan menentukan kedalaman penetrasi dan sebaran panas pada logam las, yang pada akhirnya berdampak pada nilai kekuatan tarik sambungan. Jika pengaturan arus tidak tepat, kualitas sambungan las dapat menurun dan berpotensi menimbulkan cacat. Oleh karena itu, pemahaman mengenai pengaruh variasi arus listrik pada proses pengelasan *FCAW* menjadi penting, khususnya dalam kaitannya dengan kekuatan tarik sambungan las [2].

Baja ASTM A36 termasuk dalam kategori baja karbon rendah yang memiliki nilai kekuatan tarik maksimum sekitar 550 MPa serta dikenal memiliki sifat mampu bentuk dan kemampuan las yang baik. Kandungan unsur mangan yang melebihi 1% turut memberikan kontribusi terhadap peningkatan ketahanan gesek material ini. Karakteristik mekanik tersebut menjadikan baja ASTM A36 banyak dimanfaatkan sebagai material struktur, khususnya pada konstruksi kapal dan kendaraan alat berat. Dalam penerapannya, penyambungan baja A36 pada sektor tersebut umumnya dilakukan menggunakan metode las listrik. Metode ini dipilih karena mampu menghasilkan masukan panas yang relatif tinggi dan kualitas sambungan las yang baik, didukung oleh sistem perlindungan dan pengaturan polaritas selama proses pengelasan berlangsung [3].

Elektroda atau kawat las tipe E71T-1 dipilih karena memiliki karakteristik mekanik yang baik, antara lain kekuatan, ketangguhan, dan tingkat kekerasan yang relatif tinggi. Selain itu, kawat las ini juga mampu mempertahankan sifatnya pada kondisi temperatur tinggi serta memiliki ketahanan yang cukup baik terhadap korosi. E71T-1 umumnya diaplikasikan pada proses pengelasan *Flux Cored Arc Welding (FCAW)* untuk material baja karbon, sebagaimana ketentuan yang tercantum dalam standar AWS A5.20. Ruang lingkup penggunaannya cukup luas, mulai dari konstruksi kapal dan tangki penyimpanan, hingga fabrikasi struktur, komponen mesin, serta sistem perpipaan [4].

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, maka rumusan masalah yang ada pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana membangun konstruksi alat bantu membuka dan memasang roda dengan metode pengelasan *FCAW*?
2. Bagaimana cara melakukan uji *penetrant* dan uji *bending*?
3. Bagaimana melakukan pengaturan parameter arus dan parameter tegangan pengelasan yang tepat untuk mendapatkan konstruksi yang sesuai kebutuhan?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian tugas akhir ini dapat lebih fokus dan terarah untuk mencapai tujuan maka batasan masalah yang diberlakukan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya membahas proses pengelasan menggunakan metode *Flux Cored Arc Welding (FCAW)*.
2. Penelitian ini menggunakan elektroda E71T-1.
3. Penelitian ini menggunakan material ASTM A36.
4. Penelitian ini menggunakan pengujian *penetrant*.
5. Penelitian ini menggunakan pengujian *bending*.

1.4 Tujuan

1. Untuk mengetahui proses pembangunan konstruksi alat bantu membuka dan memasang roda menggunakan metode pengelasan *FCAW*.
2. Untuk menentukan pengaturan parameter ampere dan tegangan pengelasan yang tepat agar diperoleh konstruksi alat bantu yang sesuai dengan kebutuhan kekuatan dan keselamatan kerja.
3. Untuk mengetahui dan menjelaskan cara melakukan uji *bending* dan uji *penetrant* pada sambungan las guna menilai kualitas dan kelayakan hasil pengelasan.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- A. Bagi institusi pendidikan (Poltera)
 1. Untuk menjadi bahan acuan penelitian selanjutnya khususnya dalam bahasan, pengelasan *dissimilar* menggunakan *FCAW (Flux Cored Arc Welding)* dengan perlakuan panas mula.
 2. Sebagai media untuk memperluas wawasan di bidang Teknik Mesin Alat Berat, terutama dalam ilmu pengelasan.

B. Bagi mahasiswa

1. Sebagai masukan bagi praktisi yang bekerja dalam bidang pengelasan. Agar dapat diterima sebagai penelitian yang bersifat akademis dan ekonomis.
2. Memberikan pemahaman mendalam tentang relevansi akademik dengan dunia industri pengelasan.
3. Meningkatkan kemampuan untuk menerapkan standart pengelasan seperti *ASME SEC IX*, serta desain dan pelaksanaan eksperimen dan analisis.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Terdapat beberapa penelitian terdahulu tentang Pembuatan Alat Bantu Pemegang Roda Pada Unit *Backhoe Loader* 416F2 Dengan Material Baja ASTM A36 Menggunakan Pengelasan *FCAW*, seperti penelitian Febrianto, dkk.2025. Membahas mengenai perancangan alat bantu hand stacker dengan sistem penggerak electric winch untuk mengurangi risiko manual material handling pada pekerja gudang. Alat dirancang berdasarkan data antropometri 20 pekerja sehingga diperoleh dimensi ergonomis, yaitu tinggi handle ± 106 cm, lebar 780 mm, dan panjang garpu 1.630 mm. Hasil pengujian menunjukkan kapasitas angkat awal sebesar 80 kg pada ketinggian 100 cm dengan daya 42 volt, yang kemudian meningkat menjadi 100 kg pada ketinggian 150 cm setelah daya dinaikkan menjadi 120 volt. Analisis kebutuhan pengguna menunjukkan bahwa atribut garpu fleksibel memiliki tingkat kepentingan tertinggi (4,7), diikuti material yang kuat (4,6) dan harga terjangkau (4,4). Temuan ini menunjukkan bahwa penerapan metode QFD dan penyesuaian spesifikasi teknis mampu meningkatkan efektivitas dan keselamatan kerja [5].

Penelitian kedua yang dilakukan oleh Syaifudin, W.2024. Membahas tentang pengaruh penggunaan *backing plate* berbasis semen dan pasir silika pada proses *root Welding Flux Cored Arc Welding (FCAW)* terhadap kekuatan tarik dan *bending* sambungan las baja karbon rendah ASTM A36 tebal 10 mm. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan sambungan butt joint kampuh *V-Groove* 60°, posisi 1G,

arus 100–150 A, tegangan 25 V, dan kecepatan pengelasan 4–5 mm/menit, serta variasi komposisi backing plate. Pengujian mekanik dilakukan melalui uji tarik dan uji *bending* three point *bending* mengacu pada AWS D1.1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran semen 50% dan pasir silika 50% menghasilkan nilai kekuatan tarik tertinggi 576,48 MPa dan kekuatan *bending* tertinggi 2621,88 MPa, sehingga komposisi backing plate yang seimbang memberikan kualitas sambungan las *FCAW* yang paling optimal [6].

Penelitian ketiga yang dilakukan Ibrahim, D.2025. Membahas tentang pengaruh variasi arus listrik terhadap kualitas hasil pengelasan *Flux Cored Arc Welding (FCAW)* pada sambungan plat side shell kapal tongkang berbahan baja SS400 di PT. Bandar Victory Shipyard. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan variasi arus 20 A, 30 A, dan 50 A, sementara parameter lain seperti arus DC dan diameter kawat las 1,2 mm dijaga konstan. Kualitas las dievaluasi melalui pengujian visual, analisis struktur makro dan mikro, serta pengujian sifat mekanik sesuai standar AWS D1.1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa arus 20 A dan 50 A menimbulkan cacat las berupa incomplete fusion, porositas, dan spatter, sedangkan kondisi terbaik diperoleh pada arus 30 A dengan manik las rata, minim cacat, dan nilai kekerasan HAZ sebesar 145 HV. Analisis statistik menunjukkan hubungan yang kuat dan signifikan antara variasi arus dan kualitas las dengan nilai F-hitung 15,76 ($p = 0,003$) dan $R^2 = 0,87$ [7].

Penelitian keempat yang dilakukan oleh Oktarina, M 2022. Membahas analisa perbandingan kekuatan *bending* material plat kapal HLB4P004 dengan ASTM A36 menggunakan variasi kuat arus pengelasan 100 A, 120 A, dan 140 A. Hasil

pengujian menunjukkan bahwa pada material HLB4P004, kekuatan *bending* tertinggi diperoleh pada arus 120 A dengan nilai sebesar 0,83636434 kN/mm², sedangkan pada arus 100 A dan 140 A masing-masing sebesar 0,79665212 kN/mm² dan 0,82091794 kN/mm². Sementara itu, material ASTM A36 menunjukkan kekuatan *bending* tertinggi pada arus 140 A dengan nilai 1,76107649 kN/mm², lebih tinggi dibandingkan arus 100 A sebesar 1,44976202 kN/mm² dan 120 A sebesar 1,50230752 kN/mm². Perbedaan hasil uji *bending* tersebut dipengaruhi oleh variasi kuat arus, ketebalan material, serta karakteristik mekanik masing-masing plat kapal [8].

Penelitian kelima yang dilakukan oleh Bramantiyo, dkk.2023. Mengkaji pengaruh variasi media pendingin pada proses pengelasan SMAW terhadap sifat mekanik dan struktur mikro baja ASTM A36. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan media pendingin alami memberikan pengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik, kekerasan, dan struktur mikro hasil las. Media pendingin getah pohon pisang menghasilkan nilai kuat tarik tertinggi sebesar 427,68 MPa dengan regangan 36,4%, dibandingkan gel lidah buaya sebesar 416,70 MPa dan air sebesar 405,82 MPa, sedangkan spesimen tanpa pendinginan hanya mencapai 401,34 MPa. Pada uji kekerasan, pendinginan getah pohon pisang juga memberikan nilai tertinggi yaitu 87,5 HRB pada base metal, 91,4 HRB pada daerah HAZ, dan 90,5 HRB pada weld metal. Pengamatan struktur mikro menunjukkan bahwa pendinginan dengan getah pohon pisang menghasilkan dominasi fasa ferit dan perlit yang lebih stabil dibandingkan martensit, sehingga sambungan las memiliki sifat kuat dan keras. Hasil ini membuktikan bahwa pemilihan media pendingin berpengaruh besar terhadap

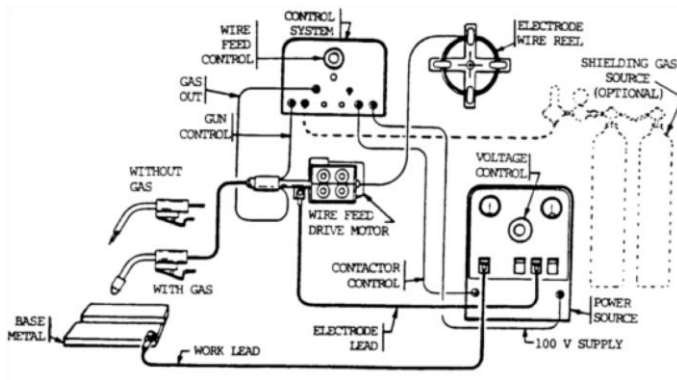
kualitas hasil pengelasan SMAW pada baja ASTM A36 [9].

2.2 Landasan Teori

Pengelasan merupakan penyambungan antara dua bagian logam atau lebih dengan menggunakan energi panas. Menurut definisi *Deutsche Industrie Normen (DIN)*, pengelasan merupakan penyambungan logam dengan ikatan metalurgi dan logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Penggunaan penyambungan dengan pengelasan banyak digunakan karena pelaksanaan yang relatif lebih cepat, portable, biaya lebih rendah dan bentuk konstruksi lebih variatif. Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi keberhasilan pengelasan, diantaranya kuat arus, kecepatan pengelasan, bentuk kampuh, polaritas, diameter elektroda, komposisi gas pelindung dan laju aliran gas. Kuat arus dapat divariasikan dengan memberikan parameter pada kuat arus dalam proses pengelasan, yang mana akan mempengaruhi hasil dari logam las, meliputi struktur mikro dan juga sifat mekanik [10].

Dissimilar welding umumnya digunakan untuk penyambungan antara *stainless steel* dengan *carbon steel*. Pada jenis pengelasan ini dua jenis logam yang dilas memiliki properti dan sifat mekanis yang berbeda, sehingga karakteristik sambungan las yang dihasilkan juga akan memiliki sifat yang berbeda dengan hasil pengelasan pada logam yang sama. Jenis pengelasan ini diaplikasikan ketika dibutuhkan perbedaan sifat mekanik pada bagian tertentu dari konstruksi kapal. Pada bagian yang tidak tercelup air bisa menggunakan plat baja ASTM A36 yang *tensile strenght*-nya lebih rendah [11]. merupakan jenis pengelasan yang menggunakan proses

otomatis maupun semi-otomatis yang memanfaatkan elektroda gulung (*wire roll*) untuk mencairkan logam. Kawat las atau elektroda yang digunakan untuk pengelasan *FCAW* mempunyai bentuk tubular yang dipasok ke dalam daerah pengelasan secara kontinu dan terdapat material flux di dalam elektroda yang berbentuk tubular tersebut. Mesin las *FCAW* menggunakan gas pelindung selama proses pengelasan, gas pelindung yang digunakan adalah CO₂ 100% dengan flow rate 10 L/min [7]. Gambar 2.1 menunjukkan mesin las *FCAW*



Gambar 2.1 Mesin Las FCAW

Keterangan :

1. Tabung Gas CO₂
2. Regulator
3. Selang Gas CO₂
4. Stang Las
5. Control Box
6. Welding Wire
7. Kontrol Sistem
8. Kabel Power

9. Travo

10. Rail

2.2.1 Baja ASTM A36

Karakteristik Baja ASTM A36 memiliki kekuatan luluh yang tinggi dan ideal untuk rangka bangunan dan sambungan baut. Karakteristik Baja ASTM A36 juga memiliki kekuatan tarik 550Mpa dan memiliki ketahanan yang sangat baik terhadap deformasi, sehingga tidak mudah patah akibat gaya eksternal.

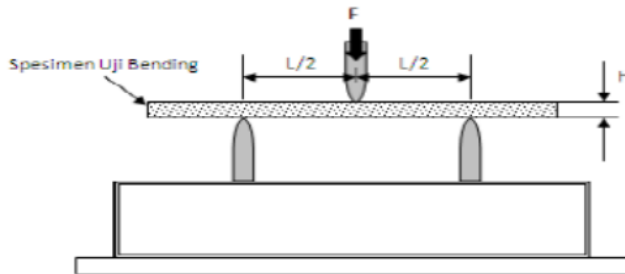
2.3 Dissimilar

Proses *dissimilar* adalah proses penyambungan atau pengelasan yang dilakukan antara dua material yang berbeda jenis atau sifatnya, baik dari segi komposisi kimia, struktur mikro, maupun sifat mekaniknya. Masalah yang sering terjadi dalam proses ini adalah terjadinya retak pada daerah las. Kegagalan ini dapat disebabkan oleh tegangan sisa yang tinggi yang timbul karena perbedaan laju pemuatan dan penyusutan material saat proses pemanasan dan pendinginan, terutama pada pengelasan *dissimilar*. Untuk mengurangi laju perambatan retakan pada sambungan las, salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah dengan menambahkan *fluks* magnet dari luar. Standar Operasional Prosedur

2.4 Uji Bending

Pengertian Uji tekuk (*bending test*) merupakan salah satu bentuk pengujian untuk menentukan mutu suatu material secara visual. Proses pembebanan menggunakan mandrel atau pendorong yang dimensinya telah ditentukan untuk memaksa bagian tengah bahan uji atau spesimen tertekuk diantara dua penyangga yang dipisahkan oleh jarak yang telah ditentukan.

Gambar 2.3 menunjukkan skema pengujian *bending*



Gambar 2. 2 Skema pengujian *bending*

2.5 Uji *Penetrant*

Pada pengujian *penetrant*, hasil inspeksi dievaluasi berdasarkan bentuk indikasi cacat yang muncul di permukaan las, yaitu *linear* dan *rounded*. Indikasi *linear* merupakan cacat berbentuk memanjang yang umumnya menunjukkan retak (*crack*), *incomplete fusion*, atau *undercut*. Berdasarkan ASME Section V Article 6, indikasi *linear* dengan ukuran lebih dari 1,5 mm dinyatakan *Reject*, sedangkan yang tidak melebihi batas tersebut dinyatakan *Accept*. Indikasi *rounded* merupakan cacat berbentuk bulat yang umumnya menunjukkan porositas atau *pinhole*. Berdasarkan ASME Section V Article 6, indikasi *rounded* dengan ukuran lebih dari 5 mm dinyatakan *Reject*, sedangkan yang berukuran 5 mm atau kurang dinyatakan *Accept*. Dengan demikian, sambungan las dinyatakan *memenuhi* syarat apabila tidak ditemukan indikasi *linear* > 1,5 mm dan *rounded* > 5 mm. Pada tabel 2.1 saya menjelaskan tentang jenis-jenis cacat pada pengelasan.

Tabel 2. 1 Jenis-jenis cacat las

Jenis Cacat Las	Deskripsi Cacat	Indikasi (<i>Penetrant</i>)
<i>Surface crack</i> (retak permukaan)	Retak memanjang/melintang di logam las atau HAZ.	<i>Linear</i> (panjang dan tipis)
<i>Porosity</i> (porositas)	Lubang-lubang kecil seperti sarang semut.	<i>Rounded</i> (membulat)
<i>Undercut</i>	Cerukan pada permukaan atau akar las.	<i>Linear</i> (di tepi lasan)
<i>Overlap</i>	Logam cair menempel (tumpang tindih) tanpa fusi.	<i>Linear</i> (di batas lasan)
<i>Surface Incomplete Fusion</i>	Kurangnya fusi atau penyatuan di permukaan.	<i>Linear</i> (di batas lasan)
<i>Crater Crack</i>	Retakan pada kawah las (akhir pengelasan).	<i>Linear</i> atau bintang
<i>Pinholes</i>	Porositas permukaan yang sangat kecil.	<i>Rounded</i> (titik kecil)



Gambar 2. 3 Penetrant test

2.6 Elektroda E71T-1

Elektroda atau filler jenis E71T-1 yang digunakan memiliki diameter 1,2 mm. Elektroda E71T adalah kawat fluks berinti rutil yang sering digunakan dalam pengelasan *FCAW* dan dirancang untuk digunakan dengan gas CO₂. Pada tabel 2.1 menunjukkan komposisi elektroda E71T-1

Tabel 2. 2 Komposisi elektroda E71T-1

Unsur	Komposisi (%)
Si	0.90
C	0.18
Mn	1.75
P	0.030
S	0.030

2.7 ASME SEC IX

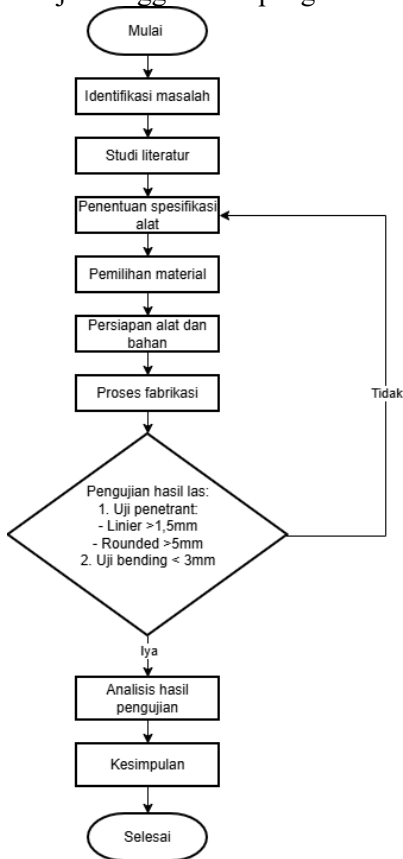
Menurut ASME *Section IX* pada bagian QW-160 hingga QW-164, pengujian *bending* (*guided bend test*) digunakan untuk menilai keuletan dan mutu sambungan las pada material baja karbon, termasuk baja ASTM A36. Uji *bending* dilakukan dengan membengkokkan spesimen hasil pengelasan hingga sudut tertentu untuk mengevaluasi integritas sambungan las dan daerah pengaruh panas (HAZ). Pada pengelasan baja ASTM A36 menggunakan metode *FCAW*, pengujian ini bertujuan memastikan bahwa sambungan las memiliki kemampuan deformasi plastis tanpa mengalami kegagalan struktural. Spesimen dinyatakan lulus uji *bending* apabila setelah pembebanan tidak ditemukan retak terbuka pada permukaan tarik yang berasal dari logam las atau HAZ. Retakan kecil dengan panjang maksimum 3 mm yang tidak berasal dari daerah las masih diperbolehkan sesuai ketentuan ASME *Section IX* [12].

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Berikut merupakan bagian dari diagram alir penelitian pembuatan alat bantu pemegang roda pada *unit Backhoe Loader* dengan material baja menggunakan pengelasan *FCAW*.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

Keterangan :

- a. Identifikasi masalah
Pasa proses ini dilakukan identifikasi masalah terhadap permasalahan yang ada di Politeknik Negeri Madura tentang kebutuhan media alat bantu.
Identifikasi ini akan diperoleh beberapa masalah yang nantinya akan dicarikan penyelesaiannya.
- b. Studi literatur
Tahap ini untuk mendukung pemecahan masalah yang telah diidentifikasi, tentunya juga diperlukan studi literatur dengan tujuan untuk mencari cara yang akan digunakan untuk menyelesaikan permasalahan terkait kebutuhan media alat bantu tersebut. Yang mana nantinya akan diambil satu penyelesaian yang efektif dan dapat dijadikan sebagai tugas akhir penulis.
- c. Proses perakitan
 1. Menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) yang meliputi helm las, kaca mata pelindung, sarung tangan las, pakaian kerja lengan panjang, dan sepatu keselamatan untuk menjamin keselamatan kerja.
 2. Membersihkan permukaan material dari karat, kotoran, dan minyak untuk memastikan kualitas sambungan las yang baik.
 3. Menyusun dan memposisikan setiap komponen sesuai desain menggunakan alat ukur dan clamp agar diperoleh kesikuan dan dimensi yang tepat.
 4. Melakukan *tack welding* pada beberapa titik sambungan untuk mengunci posisi komponen agar tidak berubah selama proses pengelasan.

5. Melakukan proses pengelasan utama menggunakan metode *Flux Cored Arc Welding (FCAW)* dengan kawat las E71T-1 dan gas pelindung sesuai parameter yang telah ditentukan dalam *WPS*.
 6. Melakukan pengelasan secara bertahap dan berurutan untuk mengurangi distorsi dan tegangan sisa pada struktur alat.
 7. Membersihkan terak dan percikan las setelah proses pengelasan selesai.
 8. Melakukan pemeriksaan visual terhadap hasil lasan untuk memastikan tidak terdapat cacat permukaan.
 9. Merakit seluruh bagian alat menjadi satu kesatuan yang utuh.
 10. Melakukan uji fungsi alat bantu dengan mencoba pemasangan dan penahanan roda pada unit *Backhoe Loader*.
- d. Proses fabrikasi
- Mengubah material logam mentah menjadi produk struktural jadi melalui pemotongan, pembentukan, perakitan, dan pengelasan permanen.
- e. Analisis hasil pengujian
- Pembahasan yang diambil dari pengujian alat akan diolah untuk bahan evaluasi bersama dosen pembimbing dan disimpulkan alat bantu pemegang roda pada unit *Backhoe Loader*.
- f. Kesimpulan
- Setelah dilakukan pengujian proses pada alat bantu pemegang roda pada unit *Backhoe Loader*, tahap selanjutnya merupakan penarikan kesimpulan dan saran yang mendasari tentang penelitian yang telah dilakukan.

3.1.1 Spesifikasi Alat dan Bahan

Berisi semua spesifikasi alat dan bahan yang digunakan pada penelitian.

a. Alat :

1. Mesin las *FCAW* (*Flux Cored Arc Welding*)
2. *Wire feeder* dan *torch FCAW*
3. Tabung gas pelindung (CO_2)
4. Gerinda tangan
5. Mesin bor listrik
6. Alat ukur (mistar, jangka sorong, penggaris siku, dan meteran)
7. *Ragum*
8. Palu terak dan sikat baja
9. Alat pelindung diri (APD)
10. Siku las magnet

b. Bahan

1. Baja karbon ASTM A36
2. Kawat las *FCAW* (elektroda E71T-1)
3. Gas pelindung CO_2
4. Pelat baja
5. Baja profil (baja profil H dan besi *hollow*)
6. Baut dan mur
7. Cat pelindung anti korosi

3.1.2 Proses dan Prosedur Pengerjaan

Proses pengerjaan alat bantu pemegang roda pada *unit Backhoe Loader* dengan material baja menggunakan pengelasan *FCAW* diawali dengan tahap perencanaan. Pada tahap ini dilakukan penentuan desain alat bantu, ukuran konstruksi, serta jenis material baja ASTM A36 yang akan digunakan sesuai dengan beban roda *Backhoe Loader*. Gambar

kerja dibuat sebagai acuan selama proses fabrikasi agar hasil alat sesuai dengan perencanaan. Selain itu, parameter pengelasan *FCAW* juga ditentukan untuk mendukung kualitas sambungan las. Tahap perencanaan ini penting agar proses pengerjaan berjalan lebih terarah.

Tahap selanjutnya adalah pemotongan dan pembentukan material. Material baja dipotong sesuai ukuran yang telah ditentukan pada gambar kerja menggunakan alat potong. Setelah itu, material dibentuk menjadi bagian rangka dan dudukan alat bantu. Permukaan yang akan dilas dibersihkan dari karat, minyak, dan kotoran untuk mencegah cacat las. Tahap ini bertujuan menyiapkan komponen agar siap untuk proses perakitan.

Setelah semua komponen siap, dilakukan tahap perakitan awal. Komponen disusun sesuai posisi pada gambar kerja dan menggunakan siku las magnet agar tidak bergeser. Selanjutnya dilakukan pengelasan sementara atau *tack weld* pada beberapa titik sambungan. Hal ini bertujuan untuk menjaga posisi komponen tetap stabil saat proses pengelasan utama dilakukan. Pemeriksaan kesesuaian posisi dan dimensi juga dilakukan pada tahap ini.

Proses pengelasan utama dilakukan menggunakan metode *Flux Cored Arc Welding (FCAW)*. Pengelasan dilakukan secara bertahap pada setiap sambungan sesuai parameter yang telah ditentukan. Setiap selesai pengelasan, terak dibersihkan agar kualitas sambungan tetap baik. Selama proses pengelasan, operator wajib menggunakan alat pelindung diri sesuai prosedur K3. Tahap ini merupakan inti dari proses pembuatan alat bantu.

Tahap terakhir adalah *finishing* dan pengujian alat. Hasil pengelasan dirapikan menggunakan gerinda untuk

menghilangkan percikan dan meratakan permukaan las. Alat kemudian dibiarkan mendingin secara alami sebelum dilakukan pemeriksaan visual. Pengujian fungsi dilakukan dengan mencoba alat untuk menahan roda *Backhoe Loader*. Jika alat bekerja dengan baik dan aman, maka alat bantu dinyatakan layak digunakan. Penelitian ini menggunakan material ASTM A36. Menggunakan metode *butt joint* kampuh V-Groove 60°, *lap joint* kampuh I-Groove, posisi 1G dan 2F, arus 110 A, tegangan 22 V dan 21 V.

3.2 Prosedur Pengujian

3.2.1 Prosedur Pengujian *Bending*

Prosedur pengujian *bending* diawali dengan menyiapkan spesimen hasil pengelasan yang telah dipotong sesuai ukuran alat uji *bending*, kemudian permukaannya dibersihkan dari kotoran dan terak las. Selanjutnya alat uji *bending* disiapkan dengan memastikan bantalan berbentuk U terpasang kuat dan diolesi pelumas untuk mengurangi gesekan. Spesimen diletakkan di atas bantalan U dengan posisi sesuai jenis pengujian, yaitu *face bending* atau *root bending*. Mesin uji kemudian dinyalakan dan beban diatur pada kisaran 210–322 kg/cm², setelah itu penekan diturunkan secara perlahan hingga menyentuh spesimen dan memberikan pembebanan secara bertahap. Pengujian dilakukan selama kurang lebih 10 menit hingga spesimen mengalami perubahan bentuk, kemudian dilakukan pengamatan visual untuk melihat adanya retak atau cacat, serta pencatatan data gaya dan deformasi sebagai bahan analisis selanjutnya.

3.2.2 Prosedur Pengujian *Penetrant test*

Pengujian *Liquid Penetrant test* pada sambungan las *FCAW* baja ASTM A36 dilakukan untuk mendeteksi cacat permukaan yang terbuka. Spesimen uji disiapkan pada kondisi suhu ruang dengan memastikan area las dan daerah HAZ dapat diinspeksi dengan baik. Tahap awal pengujian dimulai dengan pembersihan permukaan las dari kotoran, minyak, *grease*, terak las menggunakan cairan pembersih (*cleaner*), kemudian permukaan dikeringkan agar cairan *penetrant* dapat meresap secara optimal. Selanjutnya, cairan *penetrant* berwarna merah diaplikasikan secara merata pada permukaan las dan HAZ, lalu dibiarkan selama waktu penetrasi sekitar 5–10 menit sesuai rekomendasi pabrikan. Setelah waktu penetrasi tercapai, *penetrant* berlebih di permukaan dibersihkan secara hati-hati menggunakan kain bersih yang dibasahi *cleaner* agar *penetrant* di dalam cacat tidak ikut terangkat. Tahap berikutnya adalah aplikasi *developer* secara tipis dan merata untuk menarik *penetrant* keluar dari cacat ke permukaan, dengan waktu pengembangan sekitar 5–10 menit. Inspeksi visual kemudian dilakukan di bawah pencahayaan yang memadai, di mana indikasi cacat akan terlihat berupa garis atau titik merah pada permukaan *developer*. Cacat yang dapat terdeteksi meliputi retak, porositas terbuka, dan ketidaksempurnaan fusi yang terbuka di permukaan.

3.2.3 Kriteria Uji *Bending*

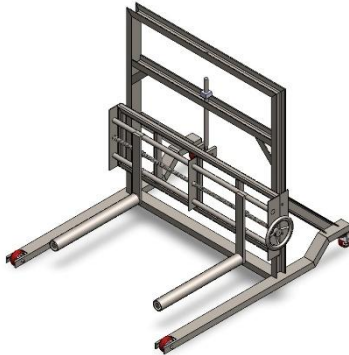
Hasil uji *bending* pada baja ASTM A36 dinyatakan lulus apabila spesimen setelah dibengkokkan hingga sudut yang ditetapkan (umumnya 180° atau sesuai standar) tidak memperlihatkan adanya retak terbuka pada sisi tarik. Retakan kecil dengan panjang ≤ 3 mm yang tidak berasal dari daerah las

maupun daerah pengaruh panas (HAZ) serta tidak mengalami perambatan masih dapat ditoleransi berdasarkan ketentuan standar. Spesimen juga tidak boleh mengalami retak tembus, patah, atau kegagalan struktural selama proses pengujian. Sebaliknya, jika ditemukan retakan yang melebihi batas toleransi, khususnya pada logam las atau HAZ, maka hasil uji *bending* dinyatakan tidak lulus. Kriteria ini mencerminkan tingkat keuletan material dan mutu sambungan las pada baja ASTM A36.

3.2.4 Kriteria Uji *Penetrant*

Hasil uji *penetrant* pada baja ASTM A36 dinyatakan lulus apabila pada permukaan benda uji tidak terdeteksi adanya indikasi cacat seperti retak, porositas terbuka, maupun cacat berbentuk *linear* setelah tahapan pembersihan dan pengembangan dilakukan. Indikasi yang masih dapat diterima berupa cacat berbentuk bulat dengan ukuran kecil dan jumlah terbatas, tidak saling berdekatan, serta tidak berada pada area kritis seperti logam las atau daerah pengaruh panas (HAZ). Adanya indikasi cacat yang bersifat *linear* atau memanjang yang mengindikasikan retak permukaan tidak diperkenankan dan menyebabkan hasil pengujian dinyatakan tidak lulus. Selain itu, indikasi dengan ukuran yang melebihi batas toleransi atau dengan jumlah yang terlalu banyak dalam satu area juga dinyatakan gagal. Kriteria ini digunakan sebagai acuan dalam menilai mutu permukaan dan memastikan tidak adanya cacat terbuka pada material maupun sambungan las baja ASTM A36.

3.2.1 Desain Alat Bantu *Remove-Install* Roda *Backhoe Loader*



Gambar 3. 2 Desain Alat Bantu *Remove-Install* Roda
Backhoe Loader

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Proses Pembuatan Spesimen Alat

4.1.1 Persiapan Material

Tahap awal dalam pembuatan spesimen adalah mempersiapkan seluruh material yang akan digunakan. Material utama yang digunakan pada penelitian ini adalah baja karbon ASTM A36. Selain material utama, disiapkan pula kawat las *FCAW* tipe E71T-1 berdiameter 1,2 mm serta gas pelindung CO₂ sebagai media pelindung selama proses pengelasan. Sebelum proses fabrikasi dilakukan, seluruh material diperiksa secara visual untuk memastikan tidak terdapat cacat, seperti retak, korosi berlebih, maupun deformasi yang dapat memengaruhi kualitas sambungan las.

4.1.2 Pemotongan Material

Setelah material dipersiapkan, dilakukan proses pemotongan menggunakan mesin *bandsaw* sesuai ukuran yang telah ditentukan. Pemotongan bertujuan menghasilkan spesimen dengan dimensi yang seragam sehingga hasil pengujian dapat dibandingkan secara objektif. Pada penelitian ini digunakan dua jenis spesimen, yaitu plat baja ASTM A36 dan profil U-Channel. Setelah proses pemotongan selesai, setiap sisi hasil potongan dirapikan menggunakan gerinda tangan untuk menghilangkan geram, sudut tajam, serta ketidakraturan pada permukaan. Tahap ini bertujuan agar proses penyambungan berlangsung dengan baik dan tidak mengganggu kualitas hasil pengelasan.

4.1.3 Penyiapan Model Sambungan Las

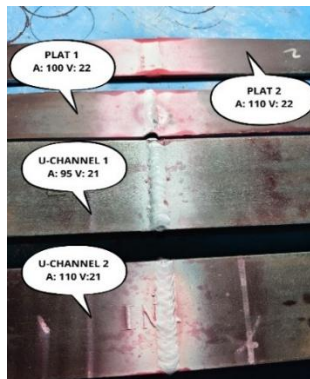
Tahap selanjutnya adalah penyiapan model sambungan las sesuai dengan rancangan penelitian. Pada spesimen plat

digunakan model sambungan *butt joint* dengan kampuh *V-Groove* 60° , sedangkan pada spesimen *U-Channel* digunakan model sambungan *lap joint* dengan kampuh *I-Groove*. Sebelum dilakukan pengelasan, permukaan sambungan dibersihkan dari karat, minyak, dan kotoran menggunakan sikat baja dan cairan pembersih agar tidak terjadi kontaminasi selama proses pengelasan.

4.2 Tahapan Proses Pengujian

4.2.1 Pengujian *Penetrant Test*

Pengujian *penetrant* dilakukan untuk mendeteksi cacat permukaan pada sambungan las hasil proses *FCAW*, seperti retak (*crack*), porositas, dan *incomplete fusion*. Pengujian dilakukan pada empat spesimen dengan variasi parameter arus dan tegangan untuk mengetahui pengaruh parameter pengelasan terhadap kualitas sambungan las. Gambar 4.1 menunjukkan hasil pengujian *penetrant*



Gambar 4. 1 Hasil Uji *Penetrant test*

Berdasarkan dari hasil uji *penetrant* pada spesimen Plat 1 (100 A; 22 V), Plat 2 (110 A; 22 V), *U-Channel* 1 (95 A; 21 V),

dan *U-Channel* 2 (110 A; 21 V) tidak ditemukan indikasi cacat permukaan berupa retak maupun porositas berdasarkan hasil uji *penetrant*. Namun, spesimen dengan arus 110 A menghasilkan manik las yang lebih rata, lebar, dan seragam dibandingkan arus yang lebih rendah, sehingga menunjukkan kualitas sambungan las yang lebih baik.

Secara keseluruhan, hasil uji *penetrant* menunjukkan bahwa keempat spesimen tidak mengalami cacat permukaan yang signifikan, sehingga seluruh sambungan las dapat dikategorikan memenuhi kualitas visual yang baik. Perbedaan parameter pengelasan lebih berpengaruh terhadap bentuk manik las, lebar las, dan tingkat penetrasi dibandingkan terhadap munculnya cacat permukaan. Dari hasil pengamatan, parameter 110 A dengan tegangan 21–22 V menghasilkan kualitas sambungan las yang paling baik, ditandai dengan manik las yang lebih seragam, penetrasi yang lebih baik, dan tidak adanya indikasi cacat pada hasil uji *penetrant*. Dengan demikian, parameter tersebut dapat direkomendasikan sebagai parameter yang paling optimal pada penelitian ini.

4.2.2 Pengujian Bending

Setelah parameter pengelasan *FCAW* ditentukan, dilakukan uji *bending* untuk mengevaluasi kualitas mekanik sambungan las. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan sambungan las dalam menahan deformasi plastis tanpa mengalami retak atau patah. Hasil uji *bending* pada spesimen plat dan *U Channel* ASTM A36 kemudian dianalisis untuk menentukan kualitas sambungan serta parameter pengelasan yang paling optimal.

a. Hasil Uji Bending pada Arus 95 A dan Tegangan 21 V

Hasil pengujian pada material *U-Channel* menunjukkan bahwa spesimen dengan parameter 95 A dan 21 V mengalami

retakan pada daerah logam las setelah dilakukan pembengkokan. Retakan tersebut menunjukkan bahwa sambungan las belum mampu menahan deformasi plastis secara optimal. Hal ini disebabkan oleh *heat input* yang relatif rendah sehingga penetrasi las kurang sempurna dan ikatan antara logam induk dengan logam pengisi belum terbentuk secara maksimal. Kondisi tersebut menyebabkan sambungan lebih mudah mengalami kegagalan saat menerima beban *bending*, sehingga parameter 95 A dan 21 V dinilai belum layak digunakan.



Gambar 4. 2 Hasil Uji *Bending* U-Channel 1

b. Hasil Uji *Bending* pada Arus 110A dan Tegangan 21 V

Pada spesimen dengan *U-Channel* dengan parameter 110 A dan 21 V, hasil uji *bending* menunjukkan bahwa sambungan las tidak mengalami retakan maupun patah. Namun, masih ditemukan cacat berupa porositas pada permukaan logam las. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan arus mampu memperbaiki penetrasi sambungan, tetapi *heat input* yang lebih tinggi menyebabkan gas lebih mudah terperangkap di dalam logam las sehingga terbentuk porositas. Walaupun sambungan

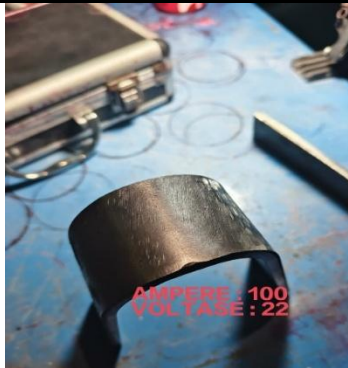
masih mampu menahan pembebanan *bending*, adanya porositas dapat menurunkan kualitas dan keandalan sambungan apabila digunakan dalam jangka panjang.



Gambar 4. 3 Hasil Uji *Bending* U-Channel 2

c. Hasil Uji *Bending* pada Arus 100 A dan Tegangan 22 V

Pengujian selanjutnya dilakukan pada material plat ASTM A36 menggunakan parameter 100 A dan 22 V. Hasil pengujian menunjukkan bahwa setelah dilakukan pembengkokan, sambungan las tetap utuh tanpa ditemukan retakan, patahan, maupun porositas. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi arus dan tegangan tersebut menghasilkan *heat input* yang seimbang sehingga proses peleburan logam pengisi dan logam induk berlangsung secara optimal. Penetrasi yang dihasilkan cukup dalam serta menghasilkan ikatan metalurgi yang baik, sehingga sambungan memiliki kekuatan dan keuletan yang tinggi.



Gambar 4. 4 Hasil Uji *Bending* Plat 1

d. Hasil Uji *Bending* pada Arus 110 A dan Tegangan 22 V

Sementara itu, pada spesimen plat ASTM A36 dengan parameter 110 A dan 22 V, hasil uji *bending* menunjukkan bahwa sambungan las tetap tidak mengalami retakan maupun patah, tetapi muncul porositas berupa lubang kecil pada permukaan logam las. Munculnya cacat tersebut mengindikasikan bahwa arus yang lebih tinggi menghasilkan kolam las yang lebih cair sehingga meningkatkan kemungkinan gas terjebak selama proses pembekuan. Meskipun sambungan masih memiliki kekuatan yang baik, keberadaan porositas menunjukkan bahwa kualitas hasil pengelasan belum sebaik parameter 100 A dan 22 V.

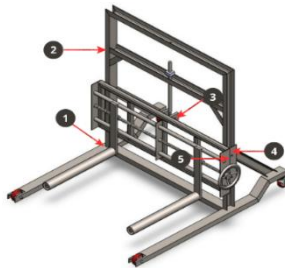


Gambar 4. 5 Hasil Uji *Bending* Plat 2

Berdasarkan keseluruhan hasil pengujian pada kedua jenis material, terlihat bahwa peningkatan arus pengelasan memberikan pengaruh terhadap kualitas sambungan las. Arus yang terlalu rendah, yaitu 95 A, menghasilkan penetrasi yang kurang sehingga sambungan mudah mengalami retak saat uji *bending*. Sebaliknya, arus yang terlalu tinggi, yaitu 110 A, meningkatkan penetrasi tetapi cenderung menimbulkan porositas akibat *heat input* yang lebih besar. Kondisi terbaik diperoleh pada parameter 100 A dengan tegangan 22 V, karena menghasilkan sambungan las tanpa retak maupun porositas serta mampu menahan deformasi plastis dengan baik.

Dengan demikian, berdasarkan hasil pengujian *bending* pada material *U-Channel* dan plat ASTM A36, dapat disimpulkan bahwa parameter pengelasan *FCAW* sebesar 100 A dan 22 V merupakan parameter yang paling optimal untuk proses fabrikasi alat bantu pemegang roda. Parameter tersebut menghasilkan kualitas sambungan las terbaik dengan penetrasi yang baik, bebas dari cacat retak dan porositas, serta memenuhi persyaratan uji *bending* sehingga layak diterapkan pada proses pembuatan konstruksi alat.

4.3 Hasil Pengaturan Parameter Arus dan Tegangan



Gambar 4. 6 Hasil Pengaturan Parameter Arus dan Tegangan

Tabel 4. 1 Kriteria Keberterimaan ASME *Section V Article 6* pada Spesimen A100

No.	Indikasi	Ukuran (mm)	Cacat Las	Keterangan	
				<i>Accept</i>	<i>Reject</i>
1.	Indikasi <i>Linier</i> Relevan (>1,5 mm)	-	-	-	-
2.	Indikasi <i>Rounded</i> Relevan (>5 mm)	-		✓	

Berdasarkan Tabel 4.1, hasil uji *penetrant* menunjukkan bahwa tidak ditemukan indikasi *Linier* maupun indikasi *Rounded* pada sambungan las. Hasil ini menunjukkan bahwa tidak terdapat cacat permukaan seperti retak atau porositas. Berdasarkan kriteria keberterimaan ASME *Section V Article 6* (A100), hasil pengujian dinyatakan *Accept*, sehingga kualitas sambungan las memenuhi standar dan layak digunakan.

Tabel 4. 2 Kriteria Keberterimaan ASME *Section V Article 6* pada Spesimen A100

No.	Indikasi	Ukuran (mm)	Cacat Las	Keterangan	
				<i>Accept</i>	<i>Reject</i>
1.	Indikasi <i>Linier</i> Relevan (>1,5mm)	-	-	-	-
2.	Indikasi <i>Rounded</i> Relevan (>5 mm)	-		✓	

Berdasarkan Tabel 4.2, hasil uji *penetrant* menunjukkan bahwa tidak ditemukan indikasi *Linier* maupun indikasi *Rounded* pada sambungan las. Hasil ini menunjukkan bahwa tidak terdapat cacat permukaan seperti retak atau porositas. Berdasarkan kriteria keberterimaan ASME *Section V Article 6* (A100), hasil pengujian dinyatakan *Accept*, sehingga kualitas sambungan las memenuhi standar dan layak digunakan.

Tabel 4. 3 Kriteria Keberterimaan ASME *Section V Article 6* pada Spesimen A100

No.	Indikasi	Ukuran (mm)	Cacat Las	Keterangan	
				<i>Accept</i>	<i>Reject</i>
1.	Indikasi <i>Linier</i> Relevan (>1,5 mm)	-	-	-	-
2.	Indikasi <i>Rounded</i> Relevan (>5 mm)	-		✓	

Berdasarkan Tabel 4.3, hasil uji *penetrant* menunjukkan bahwa tidak ditemukan indikasi *Linier* maupun indikasi *Rounded* pada sambungan las. Hasil ini menunjukkan bahwa tidak terdapat cacat permukaan seperti retak atau porositas. Berdasarkan kriteria keberterimaan ASME *Section V Article 6* (A100), hasil pengujian dinyatakan *Accept*, sehingga kualitas sambungan las memenuhi standar dan layak digunakan.

Tabel 4. 4 Kriteria Keberterimaan ASME *Section V Article 6* pada Spesimen A100

No.	Indikasi	Ukuran (mm)	Cacat Las	Keterangan	
				<i>Accept</i>	<i>Reject</i>
1.	Indikasi <i>Linier</i> Relevan (>1,5 mm)	-	-	-	-
2.	Indikasi <i>Rounded</i> Relevan (>5 mm)	-		✓	

Berdasarkan Tabel 4.4, hasil uji *penetrant* menunjukkan bahwa tidak ditemukan indikasi *Linier* maupun indikasi *Rounded* pada sambungan las. Hasil ini menunjukkan bahwa tidak terdapat cacat permukaan seperti retak atau porositas. Berdasarkan kriteria keberterimaan ASME *Section V Article 6* (A100), hasil pengujian dinyatakan *Accept*, sehingga kualitas sambungan las memenuhi standar dan layak digunakan.

Tabel 4. 5 Kriteria Keberterimaan ASME *Section V Article 6* pada Spesimen A100

No.	Indikasi	Ukuran (mm)	Cacat Las	Keterangan	
				<i>Accept</i>	<i>Reject</i>
1.	Indikasi <i>Linier</i> Relevan (>1,5 mm)	-	-	-	-
2.	Indikasi <i>Rounded</i> Relevan (>5 mm)	-		✓	

Berdasarkan Tabel 4.5, hasil uji *penetrant* menunjukkan bahwa tidak ditemukan indikasi *Linier* maupun indikasi *Rounded* pada sambungan las. Hasil ini menunjukkan bahwa tidak terdapat cacat permukaan seperti retak atau porositas. Berdasarkan kriteria keberterimaan ASME *Section V Article 6* (A100), hasil pengujian dinyatakan *Accept*, sehingga kualitas sambungan las memenuhi standar dan layak digunakan.

4.3.1 Hasil Pengujian Alat Bantu Pemegang Roda

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, alat bantu pemegang roda dapat digunakan untuk membantu proses pelepasan dan pemasangan roda pada unit *Backhoe Loader* dengan baik. Saat pengujian, roda berhasil ditahan dan diarahkan menggunakan alat sehingga proses pemindahan roda menjadi lebih mudah dan stabil. Alat juga dapat bergerak mengikuti posisi roda karena dilengkapi roda *caster*, sehingga memudahkan operator dalam menggeser roda tanpa harus mengangkat beban secara manual. Selain itu, hasil uji *penetrant* pada seluruh sambungan las menunjukkan status *accepted*, sehingga sambungan las dinyatakan tidak memiliki cacat permukaan yang dapat memengaruhi kekuatan konstruksi. Dengan demikian, alat bantu yang telah dibuat mampu berfungsi sesuai dengan tujuan perancangan, yaitu meningkatkan kemudahan, keamanan, dan efisiensi dalam proses pelepasan maupun pemasangan roda pada unit *Backhoe Loader*. Gambar 4.7 menunjukkan pengujian alat



Gambar 4.7 Hasil Pengujian Alat Bantu Pemegang Roda

Berdasarkan hasil keseluruhan penelitian dengan judul **"Pembuatan Alat Bantu Pemegang Roda pada Unit Backhoe Loader dengan Material Baja Menggunakan Pengelasan FCAW"**, dapat disimpulkan bahwa alat bantu yang dirancang dan dibuat telah berfungsi sesuai dengan tujuan penelitian. Proses fabrikasi menggunakan material baja ASTM A36 dan metode pengelasan FCAW menghasilkan konstruksi yang kuat serta layak digunakan. Hasil pengujian *penetrant* menunjukkan seluruh sambungan las berstatus *accepted* karena tidak ditemukan cacat permukaan yang signifikan, sedangkan hasil uji *bending* menunjukkan bahwa parameter pengelasan 100 A dan 22 V menghasilkan sambungan las terbaik tanpa retak maupun porositas. Selain itu, pengujian fungsi alat membuktikan bahwa alat mampu menopang roda *Backhoe Loader* dengan stabil sehingga mempermudah proses pelepasan dan pemasangan roda. Dengan demikian, alat bantu yang dibuat dinilai aman, efektif, dan dapat meningkatkan efisiensi kerja mekanik dalam proses perawatan *unit Backhoe Loader*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Konstruksi alat bantu pemegang roda berhasil dibuat menggunakan material baja ASTM A36 dengan metode pengelasan *FCAW* dan elektroda E71T-1. Proses pembuatan meliputi pemotongan material, perakitan, *tack welding*, pengelasan utama, dan *finishing*. Hasil pengujian fungsi menunjukkan bahwa alat mampu menahan roda *backhoe loader* seberat 175 kg selama 120 detik tanpa mengalami defleksi maupun kerusakan pada sambungan las.
2. Pengujian *penetrant* dan uji *bending* berhasil dilakukan untuk mengevaluasi kualitas sambungan las. Hasil uji *penetrant* menunjukkan bahwa seluruh spesimen tidak memiliki indikasi cacat permukaan berupa retak, porositas, maupun *incomplete fusion*, sehingga memenuhi kriteria *accepted* sesuai standar yang digunakan. Hasil uji *bending* menunjukkan bahwa kualitas sambungan las dapat dinilai dari kemampuan spesimen menahan deformasi plastis tanpa mengalami retak pada daerah las.
3. Pengaturan parameter arus dan tegangan pengelasan yang paling sesuai diperoleh pada parameter 100 A dan 22 V. Parameter tersebut menghasilkan sambungan las terbaik berdasarkan hasil uji *bending*, karena tidak ditemukan retak maupun porositas setelah pengujian,

sehingga memenuhi kebutuhan kekuatan konstruksi dan kelayakan alat untuk digunakan pada proses pelepasan dan pemasangan roda *backhoe loader*.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat saran sebagai berikut :

1. Sebaiknya alat bantu dilengkapi dengan sistem pengunci roda agar posisi roda lebih aman dan tidak mudah bergeser saat digunakan.
2. Sebaiknya dilakukan perawatan dan pelumasan secara berkala pada bagian roda caster agar pergerakan alat tetap lancar.
3. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan alat dengan bobot yang lebih ringan namun tetap memiliki kekuatan yang baik agar lebih mudah dipindahkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Akhir, J. T. Mesin, and P. N. Bali, “Rancang bangun alat bantu pelepas roda pada truk,” 2025.
- [2] M. I. Sutandi, “PENGARUH VARIASI ARUS LISTRIK PENGELASAN *FCAW* (Flux Cored Arc Welding) PORTABLE TERHADAP KEKUATAN TARIK LAS,” *e-Proceeding FTI*, 2024.
- [3] F. Manta, A. Z. P. Wiguna, K. Pratama, and R. Haliq, “Analisis Pengelasan Kombinasi Gmaw Dan *FCAW* Pada Baja Astm a36 Terhadap Sifat Mekani,” *Elem. J. Tek. Mesin*, vol. 11, no. 1, pp. 16–23, 2024, doi: 10.34128/je.v11i1.278.
- [4] H. Butar Butar, I. Wijayanti, A. Mantik, and R. Syukri, “Kalibrasi Wire Feeder Flux Core Arc Welding (*FCAW*) Mengacu Pada Standar British Standard (BS) 7570:2000 Dan British Standard (BS) European Standard (EN) 50504:2008,” *J. Integr.*, vol. 16, no. 2, pp. 130–134, 2024, doi: 10.30871/ji.v16i2.8515.
- [5] H. Febrianto, A. Wicaksono, A. Khusnah, and R. Yusianto, “Jurnal Optimasi Teknik Industri Rancang Bangun Alat Bantu Hand Stacker Menggunakan Sistem Penggerak Electric Winch di PT . X,” pp. 1–9, 2025.
- [6] W. Syaifudin, “Analisa Root Welding Pengelasan *FCAW* (Flux-Cored Arc Welding) Dengan Backing Plate Berbasis Semen Dan Pasir Silika Terhadap Kekuatan *Bending* Dan ...,” *J. Tek. Mesin*, 2024, [Online]. Available: <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jtm-unesa/article/view/64529%0Ahttps://ejournal.unesa.ac>.

-
- id/index.php/jtm-unesa/article/view/64529/48776
- [7] A. D. Ibrahim, “Analisa Pengaruh Variasi Arus Listrik Terhadap Kualitas Visual Hasil Pengelasan Flux Cored Arc Welding Pada Sambungan Plat Side Shell Kapal Tongkang Di Pt . Bandar Victory Shipyard,” 2025.
- [8] A. Astm, M. Variasi, K. Arus, K. Oktarina, A. D. Mahesti, and R. Artikel, “Jurnal Inovator,” vol. 5, no. 1, pp. 19–24, 2022.
- [9] B. H. Saputro and N. S. Drastiawati, “PENGARUH VARIASI MEDIA PENDINGIN DALAM PROSES PWHT PENGELASAN SMAW UNTUK MATERIAL BAJA SS400 TERHADAP NILAI KEKERASAN DAN KEKUATAN TARIK Canggih Wahyunanta Novi Sukma Drastiawati Abstrak,” *J. Tek. Mesin Unesa*, vol. 12, no. 01, pp. 21–28, 2023.
- [10] L. Y. Ibrahim Ahmad Ibadurrohman, Nurkholis Hamid, “V12 n2,” *Rekayasa Mesin*, vol. 1, no. November 2020, pp. 315–323, 2021.
- [11] M. Musta’in, H. Siswanti, and ..., “Pengaruh Variasi *Heat Input* pada Pengelasan Dissimilar antara Baja ASTM A36 Dan ASTM A131 Terhadap Tensile Strength dan Struktur Makro,” *Inovtek ...*, vol. 12, no. 2, 2022, [Online]. Available: <http://ejournal.polbeng.ac.id/index.php/IP/article/view/2774>
- [12] S. Ix, “*Section ix*,” 2025.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi Kegiatan Tugas Akhir

No.	Uraian Kegiatan	Keterangan
1.	Proses Pemotongan	https://drive.google.com/drive/folders/1DdCDH9QYIR-vBKhbEuls8SYsPZ2OeVRK
2.	Proses Uji Penetrant	https://drive.google.com/drive/folders/1EsNCaxblhvnllH1gFvMYzLZZ0UYV_FmA
3.	Proses Uji Bending	https://drive.google.com/drive/folders/1yprRwa7RWDJDKkTbK-FHYK7ugKv-hqsX
4.	Proses Pengelasan	https://drive.google.com/drive/folders/1aVVQ8u3dYA-GB3IwPvUhdggcoRE37Cbe
5.	Proses Uji Alat	https://drive.google.com/drive/folders/1NbS_X4iNjhUYx70Rui5gP8dXavEefksb

BIODATA PENULIS



Selvi Agustin dilahirkan di Banyuwangi, 14 Agustus 2004. Anak dari Bapak Kasianto dan Ibu Painah. Penulis merupakan anak tunggal. Penulis mulai menuntut ilmu di SDN Ngadirenggo 04 Blitar pada tahun (2011-2017), melanjutkan ke SMPN 1 Gandusari Blitar pada tahun (2017-2020), dan melanjutkan ke SMK PGRI Wlingi pada tahun (2020-2023). Pada tahun 2023 penulis melanjutkan ke jenjang perguruan tinggi Politeknik Negeri Madura Jurusan Rekayasa Mesin dan Industri, Program Studi D3 Teknik Mesin Alat Berat selama 3 tahun (2023-2026). Selama di Politeknik Negeri Madura.