

TUGAS AKHIR
PENGARUH KONDISI KELEMBAPAN ELEKTRODA TERHADAP
HASIL PENGELASAN SMAW DENGAN INSPEKSI VISUAL DAN
ULTRASONIC TESTING BERDASARKAN AWS D1.1-2020

Disusun untuk memenuhi persyaratan mencapai gelar Ahli Madya/Sarjana
Terapan

Dosen Pembimbing :

- 1. Ninda Hardina Batubara, S.Pd., M.Si.**
- 2. Meilani Mandhalena Manurung, S.T., M.T**



Disusun oleh:
SAHAT FERRY IRAWAN NABABAN
4422211004

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA PENGELASAN DAN
FABRIKASI JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BATAM
2026

LEMBAR PENGESAHAN

Pengaruh Kondisi Kelembapan Elektroda Terhadap Hasil Pengelasan Smaw Dengan Inspeksi Visual Dan Ultrasonic Test Berdasarkan Aws D1.1

TUGAS AKHIR

Disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana terapan
pada Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Pengelasan Dan Fabrikasi

Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Batam

Disusun oleh :

SAHAT FERRY IRAWAN NABABAN
4422211004

Telah disetujui oleh Dosen Pembimbing

Batam, 09, 07, 2026

Dosen Pembimbing 1



(Ninda Hardina Batubara, S.Pd., M.Si.)

Dosen Pembimbing II



(Meilani Mandhalena Manurung, S.T., M.T.)

LEMBAR PENGESAHAN

Pengaruh Kondisi Kelembapan Elektroda Terhadap Hasil Pengelasan
SMAW Dengan Inspeksi Visual Dan Ultrasonic Testing Berdasarkan AWS
D1.1-2020

TUGAS AKHIR

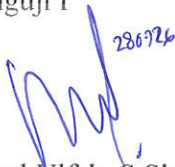
Disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana terapan pada
Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Pengelasan Dan Fabrikasi
Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Batam

Disusun oleh :

SAHAT FERRY IRAWAN NABABAN
4422211004

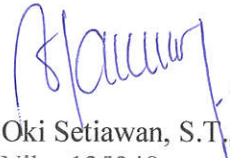
Telah diterima dan disetujui pada 07 Juli 2026

Penguji I



Nurul Ulfah, S.Si., M.T.
Nik : 119228

Penguji II



Oki Setiawan, S.T., M.Eng
Nik : 125348

Dosen Pembimbing I



Ninda Hardina Batubara,
S.Pd., M.Si.
Nik : 122266

Dosen Pembimbing II



Meilani Mandhalena
Manurung, S.T., M.T.
Nik : 122263

Mengetahui,
Koordinator Program Studi
Teknologi Rekayasa Pengelasan dan Fabrikasi



Nurul Laili Arifin, S. ST., M.T.
Nik: 115139

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Sahat Ferry Irawan Nababan
NIM : 4422211004
Tahun terdaftar : 2026
Program Studi : Teknologi Rekayasa Pengelasan Dan
Fabrikasi
Jurusan : Teknik Mesin

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Laporan Tugas Akhir ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan sumbernya secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dengan demikian saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi dan apabila dokumen ilmiah Tesis ini di kemudian hari terbukti merupakan plagiasi dari hasil karya penulis lain dan/atau dengan sengaja mengajukan karya atau pendapat yang merupakan hasil karya penulis lain, maka penulis bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Batam, 22 Juni 2026



Sahat Ferry Irawan Nababan
4422211004

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan berkah, karunia dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan judul “Studi Pengaruh Kondisi Kelembapan Elektroda Terhadap Hasil Pengelasan SMAW Dengan Inspeksi Visual dan Ultrasonic Testing Berdasarkan AWS D1.1”. Tulisan ini disampaikan sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Teknologi Rekayasa Pengelasan Dan Fabrikasi, Politeknik Negeri Batam. Saya menyadari bahwa dalam proses penyusunan tulisan ini masih jauh dari sempurna. Namun demikian, penyelesaian tesis ini dapat terwujud atas bimbingan, doa, dan dukungan dari berbagai pihak. Penghargaan serta ucapan terima kasih secara khusus penulis ucapkan kepada:

1. Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, Tuhan Semesta Alam, atas limpahan rahmat, hidayah, serta inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua saya yang telah memberikan dukungan dan doa yang tiada hentinya kepada penulis.
3. Keluarga tercinta, yang selalu memberikan doa, dukungan moral, dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Ari Wibowo, S.T., M.Eng. selaku kepala jurusan yang telah memberikan dukungan dan fasilitas akademik yang menjadikan penulis dapat menjalankan seluruh proses studi hingga penelitian ini selesai.
5. Hendra Butar Butar, S.Pd., M.T. selaku wali dosen yang telah membimbing, memantau perkembangan studi, serta memberikan dukungan moral selama masa perkuliahan.
6. Ninda Hardina Batubara, S.Pd., M.Si. Selaku dosen pembimbing 1, yang dengan penuh perhatian telah meluangkan waktu untuk memberikan arahan dan bimbingan yang sabar serta membangun sejak tahap perencanaan hingga penyusunan laporan tugas akhir ini.
7. Meilani Mandhalena Manurung, S.T., M.T. Selaku dosen pembimbing 2, yang dengan penuh perhatian telah meluangkan waktu untuk memberikan

arahan dan bimbingan yang sabar serta membangun sejak tahap perencanaan hingga penyusunan laporan tugas akhir ini.

8. Nurul Laili Arifin, S. ST., M.T. selaku ketua kaprodi yang selalu memberikan motivasi serta mengarahkan mahasiswa untuk terus berkembang dalam bidang keilmuan.
9. Pimpinan dan seluruh staf kampus, yang telah menyediakan fasilitas dan bekal ilmu pengetahuan selama perkuliahan.
10. Teman-teman dan rekan seperjuangan saya, yang telah memberikan bantuan, kerja sama, serta menjadi tempat berdiskusi selama penyusunan penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan segala bentuk saran dan masukan yang membangun dari berbagai pihak sangat penulis harapkan demi perbaikan di masa mendatang. Besar harapan penulis, semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi mahasiswa, kampus, maupun pihak yang membutuhkan informasi khususnya dalam bidang pengelasan di dunia Industri Fabrikasi Perkapalan dan Oil and Gas.

Batam, 23 Juni 2026

Penyusun

Sahat Ferry Irawan Nababan
4422211004

ABSTRAK

Kondisi elektroda merupakan salah satu faktor yang memengaruhi kualitas hasil pengelasan, khususnya pada proses *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) menggunakan elektroda hidrogen rendah E7016 dan E7018. Elektroda yang terpapar kelembapan dapat meningkatkan kandungan hidrogen sehingga berpotensi menimbulkan cacat pada sambungan las. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh kondisi elektroda terhadap kualitas hasil pengelasan SMAW berdasarkan inspeksi visual dan *Ultrasonic Testing* (UT) sesuai AWS D1.1/D1.1M:2020 serta menentukan kondisi elektroda yang menghasilkan kualitas sambungan las terbaik. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen menggunakan sambungan las tipe single V butt joint pada posisi 1G. Variabel penelitian meliputi elektroda E7016 dan E7018 dengan tiga kondisi, yaitu penyimpanan normal (dalam kotak), setelah pemanasan oven, dan kondisi basah. Kualitas hasil pengelasan dievaluasi melalui inspeksi visual untuk mendeteksi cacat permukaan dan UT untuk mendeteksi cacat internal pada sambungan las. Hasil penelitian menunjukkan bahwa meningkatnya kelembapan elektroda menyebabkan bertambahnya indikasi cacat pada sambungan las. Cacat yang ditemukan melalui inspeksi visual meliputi *spatter*, *porosity*, *undercut*, dan *lack of side wall fusion*, sedangkan pengujian UT menunjukkan adanya *lack of fusion* dan *slag inclusion*. Elektroda dalam kondisi basah menghasilkan cacat terbanyak sehingga sebagian besar spesimen dinyatakan reject. Sebaliknya, elektroda yang telah dioven menghasilkan sambungan las terbaik tanpa indikasi cacat eksternal maupun internal serta memenuhi kriteria penerimaan AWS D1.1/D1.1M:2020. Sehingga dengan demikian pengendalian kondisi elektroda terutama kelembapan melalui penyimpanan dan pengeringan elektroda sebelum proses pengelasan merupakan faktor penting untuk mengurangi potensi terjadinya cacat pengelasan dan meningkatkan kualitas terhadap sambungan las.

Kata Kunci: SMAW, Kondisi Elektroda, E7016, E7018, ASTM A36, *Visual Inspection*, *Ultrasonic Testing*, Cacat Las.

ABSTRACT

Electrode condition is one of the factors that affect the quality of welding results, especially in the Shielded Metal Arc Welding (SMAW) process using low-hydrogen electrodes E7016 and E7018. Electrodes exposed to moisture can increase the hydrogen content, which has the potential to cause defects in the weld joint. This study aims to analyze the effect of electrode conditions on the quality of SMAW welding results based on visual inspection and Ultrasonic Testing (UT) in accordance with AWS D1.1/D1.1M:2020 and determine the electrode conditions that produce the best weld joint quality. The research method used is an experiment using a single V butt joint type weld joint at the 1G position. The research variables include E7016 and E7018 electrodes with three conditions, namely normal storage (in a box), after oven heating, and wet conditions. The quality of the welding results was evaluated through visual inspection to detect surface defects and UT to detect internal defects in the weld joint. The results showed that increasing electrode humidity caused an increase in defect indications in the weld joint. Defects found through visual inspection included spatter, porosity, undercuts, and lack of sidewall fusion, while UT testing revealed lack of fusion and slag inclusions. Wet electrodes produced the most defects, resulting in the rejection of most specimens. In contrast, oven-dried electrodes produced the best weld joints with no indication of external or internal defects and met AWS D1.1/D1.1M:2020 acceptance criteria. Therefore, controlling electrode conditions, particularly moisture through storage and drying of electrodes prior to welding, is a critical factor in reducing potential weld defects and improving weld joint quality.

Keywords: SMAW, Electrode Condition, E7016, E7018, ASTM A36, Visual Inspection, Ultrasonic Testing, Welding Defects

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACK	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	13
1.1. Latar Belakang.....	13
1.2. Rumusan Masalah.....	14
1.3. Batasan Masalah/Ruang Lingkup	14
1.4. Tujuan Penelitian	15
1.5. Manfaat Penelitian	15
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	16
2.1. Hasil penelitian/perancangan terdahulu.....	16
2.2. Teori/Konsep dasar.....	19
2.2.1. Pengelasan SMAW	19
2.2.2. Filler Metal E-7016	20
2.2.4. Kondisi Elektroda	22
2.2.5. Baja Karbon ASTM A36	22
2.2.6. Ultrasonic Testing.....	23
BAB III METODOLOGI	25
3.1. Metode Penelitian.....	25
3.2. Waktu Dan Tempat Penelitian	30
3.3. Alat Dan Bahan	30
3.4. Objek Penelitian	31
3.5. Prosedur Penelitian.....	32
3.5.1. Visual Inspection	32
3.5.2. Ultrasonic Testing.....	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1. Inspeksi Visual	33
4.2. Inspeksi Ultrasonic Testing	40

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	44
5.1. Kesimpulan.....	44
5.2 Saran	45
DAFTAR PUSTAKA.....	46
LAMPIRAN.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian terdahulu.....	16
Tabel 2.2 Komposisi Kimia Elektroda E-7016.....	21
Tabel 2.3 Komposisi Kimia Elektroda E-7018.....	22
Tabel 2.4 Komposisi Kimia Pelat Baja ASTM A36.....	23
Tabel 3.1 Parameter Pengelasan	27
Tabel 3.2 Desain Variabel Penelitian.....	28
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Inspeksi Visual	33
Tabel 4.2 Kriteria Penerimaan Menurut AWS D1.1. 2020 Table 8.1.....	35
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Ultrasonic Testing	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Pengelasan SMAW (Afan dkk., 2020)	20
Gambar 2.2 Elektroda E-7016.....	21
Gambar 2.3 Kawat Elektroda E-7018	22
Gambar 2.4 Pengujian Ultrasonic Testing	24
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	25
Gambar 3.2 Desain Joint Konfigurasi	27
Gambar 3.3 Proses Preparasi Material Pemotongan dan Fit-up	27
Gambar 3.4 Proses Pengelasan Spesimen.....	29
Gambar 3.5 Proses Inspeksi Visual Keseluruhan Spesimen Uji.....	29
Gambar 3.6 Proses Pengujian Ultrasonic Keseluruhan Spesimen Uji.....	30
Gambar 4.1 Hasil pengelasan Dengan Elektroda E7016 Baru Dari Kotak	37
Gambar 4.2 Hasil Pengelasan Dengan Elektroda E7018 Baru Dari Kotak	38
Gambar 4.3 Hasil pengelasan Dengan Elektroda E7016 Sudah Dioven	38
Gambar 4.4 Hasil Pengelasan Dengan Elektroda E7018 Sudah Dioven	39
Gambar 4.5 Hasil Pengelasan Dengan Elektroda E7016 Basah Terkena Air.....	39
Gambar 4.6 Hasil Pengelasan Dengan Elektroda E7018 Basah Terkena Air.....	40

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam proses pengelasan, rancangan las dan prosedur dalam melakukan pengelasan harus benar diperhatikan antara sifat – sifat las dengan kegunaan konstruksi serta dengan keadaan sekitarnya. Hal ini bertujuan agar terhindar dari kesalahan dalam melakukan aktivitas pengelasan. Pengelasan adalah aktivitas menyatukan dua bagian benda ataupun lebih dengan atau tanpa bahan tambah (*filler metal*) yang sama atau berbeda strukturnya. Pengelasan SMAW merupakan jenis pengelasan yang paling umum digunakan; jenis pengelasan ini biasa dikenal sebagai las busur listrik atau *Shielded Metal Arc Welding* (Sudiyanto dkk., 2022).

Di dunia industri bidang konstruksi fabrikasi, baja adalah logam yang paling banyak digunakan sebagai material teknik, salah satunya adalah baja karbon ASTM A36. Jenis baja karbon ini bersifat mudah dibentuk (Meryanalinda dkk., 2021). Baja ini memiliki sifat mampu las yang cukup baik dan dapat dilas dengan menggunakan las busur elektroda terbungkus (Surahman dkk., 2023). Penggunaan baja karbon biasa digunakan untuk membuat lembaran, *strip*, pelat, kawat, batangan, baja struktur dan baja (*section*). Selain dari sifat kekuatannya yang baik, jenis baja ini juga mempunyai keunggulan, yaitu sifat mekaniknya dapat ditingkatkan melalui perlakuan panas, serta mempunyai kelemahan yang mudah mengalami retak (Meryanalinda dkk., 2021).

Elektroda adalah bahan tambah (*filler metal*) yang digunakan dalam aktivitas pengelasan yang akan meleleh dan mengisi kampuh las. Elektroda terbagi dalam beberapa jenis, salah satunya E7016 dan E7018. Elektroda E7016 dan E7018 adalah jenis elektroda yang *low hydrogen* memiliki karakteristik sensitif terhadap kadar kelembapan. Sebelum melakukan aktivitas pengelasan, kondisi elektroda merupakan salah satu faktor penting. Di lapangan, elektroda yang telah selesai digunakan harus disimpan kembali pada tempat suhu pemanas sehingga terlindungi dari udara dan cuaca sekitarnya. Akibat kondisi pelindung elektroda yang basah dapat menyebabkan cacat pada saat pada hasil pengelasan (Bin Afan dkk., 2020). Untuk menghasilkan panas yang maksimal

pada saat melakukan pengelasan maka elektroda harus disimpan pada kondisi yang layak sehingga kadar *hydrogen* pada elektroda sedikit. Dengan berkurangnya kadar *hydrogen* pada elektroda secara otomatis kelembapan elektroda akan semakin kecil. Sifat mekanik hasil pengelasan semakin bagus, terutama kekuatan tarik dan elastisitas, sehingga memperbaiki penurunan kekuatan akibat pengaruh panas pada saat proses pengelasan (Sugianto, 2009). Berdasarkan penelitian oleh Femiana G. (2007), waktu penyimpanan elektroda di udara terbuka memberikan pengaruh terhadap porositas. Menurut Irawan (2018), suhu penyimpanan elektroda yang tidak sesuai menyebabkan kandungan *hydrogen* dalam elektroda menjadi berubah. Kondisi ini dapat menyebabkan *weldability* berubah dan kemungkinan terjadinya porositas dan *hydrogen crack* (Sudiyanto dkk., 2022).

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, kondisi elektroda menjadi faktor penting dalam hasil pengelasan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui hasil dari perbandingan kondisi elektroda. Pada penelitian sebelumnya hanya berfokus pada penelitian satu jenis elektroda dan pengujian NDT yang terbatas. Oleh karena itu, berdasarkan kelemahan pada penelitian sebelumnya, penulis akan melakukan pengujian terhadap dua jenis elektroda beserta kondisi yang berbeda sebagai variabel pembanding.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimanakah pengaruh kondisi elektroda terhadap kualitas hasil pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) berdasarkan hasil *Inspeksi Visual* dan *Ultrasonic Testing* serta jenis cacat las apa saja yang timbul akibat perbedaan kondisi elektroda yang digunakan ?
2. Kondisi elektroda mana yang menghasilkan kualitas terbaik berdasarkan inspeksi visual dan UT ?

1.3. Batasan Masalah/Ruang Lingkup

Namun untuk menghindari pembahasan yang melebar dalam tugas akhir ini, maka penulis akan membatasi ruang lingkup penelitian yang meliputi :

- 1 Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon rendah, dengan spesifikasi tertentu yaitu ASTM A36.
- 2 Elektroda yang digunakan dibatasi pada satu jenis elektroda SMAW 2.6 mm E7016 dan 2.6 mm E7018 tanpa membandingkan dengan jenis elektroda lainnya.
- 3 Penelitian tidak membahas pengujian selain *Inspeksi Visual* dan *Ultrasonic Testing*

Rangkaian batasan ini dirumuskan untuk menjaga konsistensi fokus penelitian, meningkatkan penafsiran data secara tepat, serta meminimalkan pengaruh variabel luar yang tidak dapat dikendalikan. Dengan demikian, hasil penelitian dapat memberikan gambaran yang valid, spesifik, dan relevan bagi kebutuhan pengendalian mutu pengelasan.

1.4. Tujuan Penelitian

Pembuatan tugas akhir ini pada dasarnya untuk mengembangkan pikiran, pengalaman serta menyangkut berbagai masalah yang terjadi Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penulis tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh kondisi elektroda terhadap kualitas hasil pengelasan SMAW berdasarkan *Inspeksi Visual* dan *Ultrasonic Testing* serta jenis cacat las yang terjadi.
2. Menentukan kondisi elektroda yang menghasilkan kualitas sambungan las terbaik berdasarkan *Inspeksi Visual* dan *Ultrasonic Testing* (UT).

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak. Adapun manfaat penelitian ini sebagai berikut :

1. Untuk menambah pemahaman lebih mendalam tentang hubungan kondisi elektroda terhadap potensi terjadinya defect pada hasil pengelasan menggunakan proses visual inspeksi dan pengujian NDT.
2. Untuk menjadi acuan dalam dunia industri pengelasan dalam menentukan penanganan dan penyimpanan elektroda untuk menimalisir potensi terjadinya cacat las pada hasil pengelasan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Hasil penelitian/perancangan terdahulu

Dalam proses penelitian, mengkaji beberapa penelitian terdahulu menjadi faktor penting. Hal ini bertujuan untuk memfokuskan masalah penelitian yang diangkat dan menghasilkan kebaruan terhadap sebuah penelitian. Oleh karena itu, sangat penting untuk mengulas beberapa tinjauan literatur terdahulu. Berikut beberapa tinjauan yang telah dilakukan :

Tabel 2.1 Penelitian terdahulu

NO	PENULIS	JUDUL	HASIL	KELEMAHAN
1	Akbar Dwi Cahyanto dan Anugrah Agung Ramadhan (2025)	Analisis Pengaruh Kondisi Penyimpanan Elektroda Low Hidrogen E7018 Terhadap Cacat Las Dengan Inspeksi Non-Destructive Test	Pengaruh variasi kondisi penyimpanan elektroda terhadap hasil pengelasan menggunakan proses pengujian Non Destructive Test Penetrant Testing. Hasil penelitian menunjukkan kondisi penyimpanan elektroda mempengaruhi hasil pengelasan ditunjukkan dengan adanya cacat dan tidak adanya cacat pada masing masing kondisi pengelasan.	Pengaruh variasi kondisi penyimpanan elektroda terhadap hasil pengelasan menggunakan proses pengujian Non Destructive Test Penetrant Testing. Hasil penelitian menunjukkan kondisi penyimpanan elektroda mempengaruhi hasil pengelasan ditunjukkan dengan adanya cacat dan tidak adanya cacat pada masing masing kondisi pengelasan.
2	Gilang Avilla, Bobie Suhendra, dan Viktor	Analisis Variasi Kuat Arus Dan Kelembapan Elektroda Pada	Pengaruh variasi arus dan kondisi elektroda kering maupun basah	Penelitian ini proses pengujian hanya

	Naubnome	Pengelasan SMAW Terhadap Cacat Las Pada Pengelasan Baja SS400 Dengan Metode Non Destructive Test (NDT) Penetrant Testing.	mempengaruhi hasil dari pengelasan SMAW pada baja SS400 yang diuji dengan pengujian NDT Penetrant Test. Hasil penelitian menunjukkan masing masing spesimen dengan arus pengelasan dan kondisi elektroda yang berbeda menghasilkan jenis cacat yang berbeda dan memiliki panjang yang berbeda.	menggunakan Penetrant Test dimana hasil cacat yang dapat dilihat hanya pada permukaan las saja. Selain itu penelitian juga tidak ada membahas perbandingan terhadap jenis elektroda yang berbeda.
3	Miftahrur Bin Afan, Purwantono, Mulianti, dan Bulkia Rahim (2020)	Pengaruh Suhu Penyimpanan Elektroda Low Hydrogen E7016 terhadap Hasil Uji Tekuk Sambungan Las Pelat Baja Karbon SS400	Penelitian menunjukkan variasi suhu penyimpanan menghasilkan cacat pada pengelasan. Semakin tinggi suhu penyimpanan yang digunakan dapat menghasilkan retak yang tinggi dalam hasil pengujian bending test	Penelitian ini variabel pembanding menggunakan variasi suhu penyimpanan elektroda dimana masing masing elektroda yang digunakan dalam kondisi kering. Penelitian juga tidak melakukan perbandingan terhadap dua jenis elektroda yang berbeda serta metode pengujian yang dilakukan adalah Destructive Test Bending

				Test.
4	Sugianto (2009)	Pengaruh Kelembabapan Elektroda Las Terhadap Kekuatan Tarik Multipass Welding Baja AISI 1020	Pengaruh kelembapan elektroda terhadap sambungan multipass pada baja AISI 1020. Hasil penelitian menunjukkan kelembapan elektroda pada pengelasan multipass memiliki pengaruh dimana semakin besar nilai kelembapan elektroda semakin kecil juga nilai uji tarik yang dihasilkan.	Penelitian tidak membahas pengaruh kondisi elektroda terhadap hasil pengelasan menggunakan Non Destructive Test untuk mengetahui cacat pada hasil pengelasan dan tidak melakukan perbandingan menggunakan jenis elektroda yang berbeda.
5	Tito Endraman, Agus Sifa (2017)	Aplikasi Standar AWS Untuk Menentukan Acceptance Criteria Pada Pengelasan SMAW Menggunakan <i>Nondestructive Test-Ultrasonic Testing</i> .	Pengujian <i>Ultrasonic Testing</i> (UT) berdasarkan AWS D1.1 mampu mendeteksi cacat internal pada sambungan las SMAW. Hasil penelitian menunjukkan seluruh spesimen yang diuji dikategorikan dalam class D sesuai dengan penerimaan AWS D1.1 2020 sehingga dinyatakan accepted.	Penelitian hanya berfokus pada penentuan <i>acceptance criteria</i> hasil pengujian UT dan tidak ada menganalisis pengaruh kondisi kelembapan elektroda terhadap munculnya indikasi cacat las.
6	M Rauf Al Faiq, Sri Hastuti, Nurhadi, dan	<i>Defect Analysis of Butt Joint Type SMAW Welding</i>	Penelitian menunjukkan bahwa jenis elektroda dan	Penelitian ini hanya berfokus pada variasi penggunaan

	Nani Mulyaningsih (2025)	<i>Connection SS400 Steel Material Using Liquid Penetrant and Ultrasonic Testing.</i>	besar arus yang digunakan memiliki pengaruh terhadap jumlah cacat las yang ditemukan menggunakan ultrasonic testing. Hasil penelitian menunjukkan kombinasi elektroda E7016 dengan arus 110 - 120 ampere lebih banyak ditemukan cacat dibandingkan elektroda E7018 pada arus 100 ampere.	jenis elektroda dan arus tanpa ada membahas pengaruh kelembapan elektroda terhadap indikasi cacat yang ditemukan menggunakan metode <i>Non Destructive Test Ultrasonic Testing.</i>
--	--------------------------	---	--	---

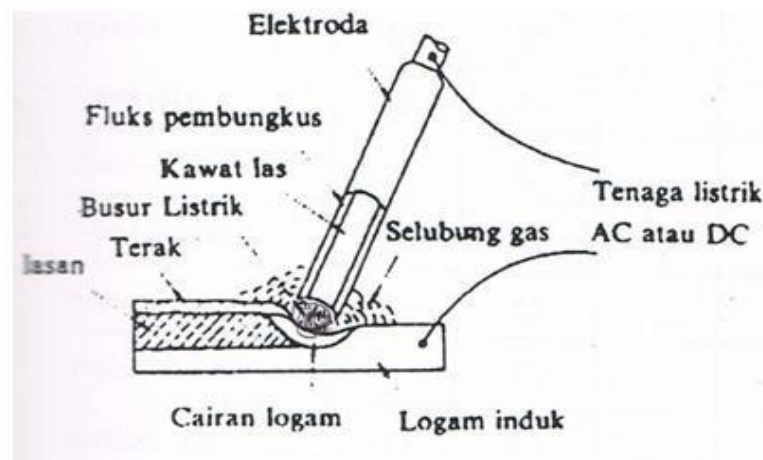
2.2. Teori/Konsep dasar

Kajian teori pada penelitian ini disusun sebagai dasar konseptual untuk memahami proses pengelasan serta faktor yang berpengaruh terhadap kualitas sambungan las. Secara teoritis, Kelembapan elektroda mempengaruhi hasil pengelasan. Pemahaman terhadap teori tersebut menjadi dasar dalam menganalisis hasil penelitian, termasuk evaluasi kualitas sambungan las melalui metode *Inspeksi Visual dan Ultrasonic Testing* untuk mendeteksi cacat pada hasil pengelasan.

2.2.1. Pengelasan SMAW

Pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) merupakan proses penyambungan dua buah logam atau lebih menjadi suatu sambungan dengan proses melelehkan logam tambah menggunakan busur nyala listrik. Jenis pengelasan ini memanfaatkan tenaga listrik sebagai sumber panasnya untuk mencairkan logam tambah (Tyagita & Irawan, 2016). Pengelasan SMAW banyak digunakan dalam berbagai aplikasi pengelasan karena sifatnya yang sederhana dan cara penggunaannya yang mudah. Dalam penggunaannya, pengelasan SMAW menggunakan material penyambung (elektroda) berbentuk logam yang dilapisi fluks. Lapisan *fluks* tersebut memiliki fungsi untuk

melindungi material logam terhadap gas oksidasi dari luar (Surahman dkk., 2023).



Gambar 2.1 Proses Pengelasan SMAW (Afan dkk., 2020)

2.2.2. Filler Metal E-7016

Pada proses pengelasan SMAW, memerlukan logam tambah yang biasa dikenal dengan elektroda. Salah satu jenis elektroda yang digunakan dalam proses pengelasan SMAW yaitu elektroda jenis E-7016. Elektroda jenis E-7016 merupakan jenis elektroda yang memiliki kemampuan untuk menembus karat, cat dan kotoran pada logam dasar. Elektroda E-7016 memiliki fluks pelindung yang terbuat dari serbuk besi dan hidrogen rendah; jenis sambungan yang menggunakan elektroda ini menghasilkan sambungan dengan kadar hidrogen rendah sehingga kepekaan sambungan terhadap cacat retak sangat jarang terjadi (, R. Faiz ListyandaTrisma Jaya Saputra, 2024). Elektroda E-7016 memiliki kekuatan tarik 70 ksi (~490 Mpa). berdasarkan klasifikasi pada elektroda E-7016 memiliki arti penulisan sebagai berikut :

- AWS adalah kode klasifikasi standar yang ditetapkan oleh *American Welding Society*.
- E menunjukkan arti penulisan singkatan dari elektroda.
- Angka 70 menunjukkan kekuatan tarik minimum dari logam las hasil deposit elektroda.
- Angka 1 menyatakan posisi pengelasan yang berarti *all position*.
- Angka 6 menunjukkan lapisan *fluks* dan karakteristik arus yang digunakan (Afan dkk., 2020).

Tabel 2.2 Komposisi Kimia Elektroda E-7016

Element	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V
(%)	0.08	0.60	0.94	0.011	0.006	0.01	0.02	<0.01	0.01



Gambar 2. 2 Elektroda E-7016

2.2.3. Filler Metal E-7018

Jenis elektroda lainnya yang digunakan dalam proses pengelasan SMAW yaitu elektroda E-7018. Elektroda jenis ini memiliki kemampuan untuk menghasilkan hasil pengelasan yang berkekuatan tinggi (Budhi Susetyo dkk., 2013). Elektroda jenis ini merupakan jenis elektroda hidrogen rendah yang dapat digunakan dalam semua posisi pengelasan dan mengandung 25% - 40% serbuk besi. Kawat jenis ini terak hasil pengelasan mudah dibersihkan, dan penggunaannya harus terlebih dahulu dioven untuk menghindari cacat pengelasan. Elektroda E-7018 memiliki kekuatan tarik 70 ksi atau sekitar 485 Mpa. Berdasarkan klasifikasi, pada elektroda E-7018 memiliki arti penulisan sebagai berikut :

- AWS merupakan standar kode yang ditetapkan oleh *American Welding Society*
- E menunjukkan arti penulisan dari singkatan elektroda
- Angka 70 menunjukkan kekuatan tarik minimum dari logam las hasil deposit elektroda
- Angka 1 menunjukkan elektroda dapat digunakan dalam berbagai posisi pengelasan
- Angka 8 menunjukkan jenis lapisan *fluks* dan arus pengelasan (Thabrani dkk., 2025).

Tabel 2.3 Komposisi Kimia Elektroda E-7018

Element	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Fe
(%)	0.10	0.50	1.00	0.009	0.01	0.019	0.046	0.004	<i>balance</i>



Gambar 2.3 Kawat Elektroda E-7018

2.2.4. Kondisi Elektroda

Sebelum melakukan proses pengelasan, salah satu faktor penting adalah kondisi elektroda. Elektroda las sebaiknya selalu dalam kondisi siap pakai dan kering atau berada di lingkungan yang bebas dari kelembapan untuk menjaga agar elektroda yang digunakan selalu berada dalam keadaan kering (Sudiyanto dkk., 2022). Secara visual, kelembapan pada pelindung elektroda dapat dilihat secara langsung. Umumnya, elektroda yang basah cenderung memiliki warna yang gelap (Bin Afan dkk., 2020). Dalam berbagai kondisi, elektroda dapat mempengaruhi hasil pengelasan, seperti waktu penyimpanan elektroda di ruangan terbuka dapat memberikan pengaruh terhadap terjadinya porositas. Selain itu, suhu penyimpanan yang tidak sesuai juga dapat menyebabkan kandungan hidrogen dalam elektroda berubah, yang dapat menyebabkan *weldability* berubah dan memungkinkan terjadinya porositas dan *hydrogen crack*.

2.2.5. Baja Karbon ASTM A36

Baja karbon ASTM A36 merupakan jenis baja karbon rendah yang banyak ditemui penggunaannya dalam aplikasi material konstruksi maupun komponen mesin. Baja jenis memiliki sifat, yaitu mudah dibentuk dan kekuatannya yang baik, serta sifat mekaniknya yang dapat ditingkatkan

melalui perlakuan panas (Meryanalinda dkk., 2021). Baja ini memiliki nilai kekuatan tarik minimum 250 Mpa dan komposisi kimia yang relatif sederhana, dengan kandungan karbon 0,25%, sehingga membuat keseimbangan antara kekuatan dan keuletan (Thabrani dkk., 2025).

Tabel 2.4 Komposisi Kimia Pelat Baja ASTM A36

Element (%)	Karbon (c)	Mangan (Mn)	Fosfor (P)	Sulfur (S)	Silikon (Si)	Tembaga (Cu)	Besi (Fe)
	0.25	0,80- 1,20	0.04	0.05	0.4	0,20 (maks)	Sisa (Balance)

2.2.6. Ultrasonic Testing

Ultrasonic Testing merupakan salah satu jenis metode pengujian tidak merusak (*Non Destructive Test*) yang banyak digunakan dalam industri pengelasan. Pengujian ini digunakan untuk menemukan diskontinuitas, seperti cacat dalam, cacat permukaan, dan cacat dekat permukaan (*subsurface*) pada peralatan yang terbuat dari logam maupun hasil sambungan pengelasan (Hidayat dkk., 2024). *Ultrasonic Testing* menggunakan media gelombang ultrasonik (gelombang suara) yang mempunyai frekuensi tinggi >20 kHz. Adapun komponen alat yang digunakan dalam pengujian ultrasonik antara lain :

a. Couplant

Penggunaan couplant memiliki tujuan sebagai media lintasan suara antara *transducer* dan permukaan benda uji. *Couplant* harus membasahi semua area jalur pengujian secara sempurna untuk menghilangkan udara sebagai penghubung permukaan *transducer* dan benda uji. Adapun contoh couplant yang digunakan dalam pengujian *Ultrasonic Testing*, seperti gel couplant UT, air, oli ataupun minyak.

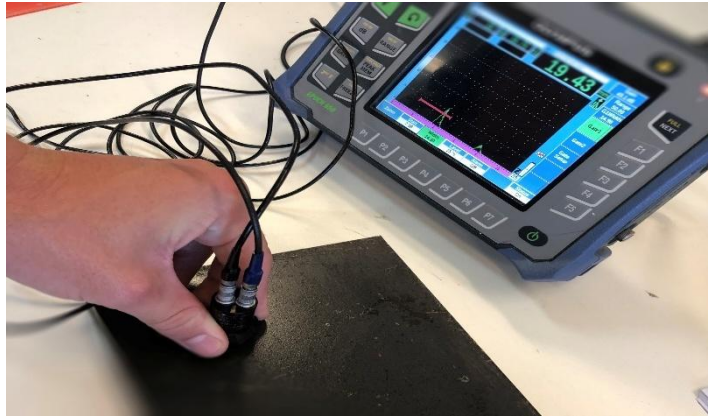
b. Probe

Probe merupakan alat yang digunakan menyalurkan gelombang suara dari *transducer* ke benda uji. Probe mempunyai tiga jenis yaitu probe normal, probe sudut dan probe kembar.

c. Blok Standar

Dalam pengujian ultrasonic, diskontinuitas biasanya dibandingkan

dengan sebuah standar referensi. Standar tersebut dapat berupa sebuah blok referensi atau sekumpulan blok-blok yang diperlukan untuk pengujian tertentu. Blok referensi terdapat dalam bentuk dan ukuran yang berbeda (Widyawati dkk., 2021).

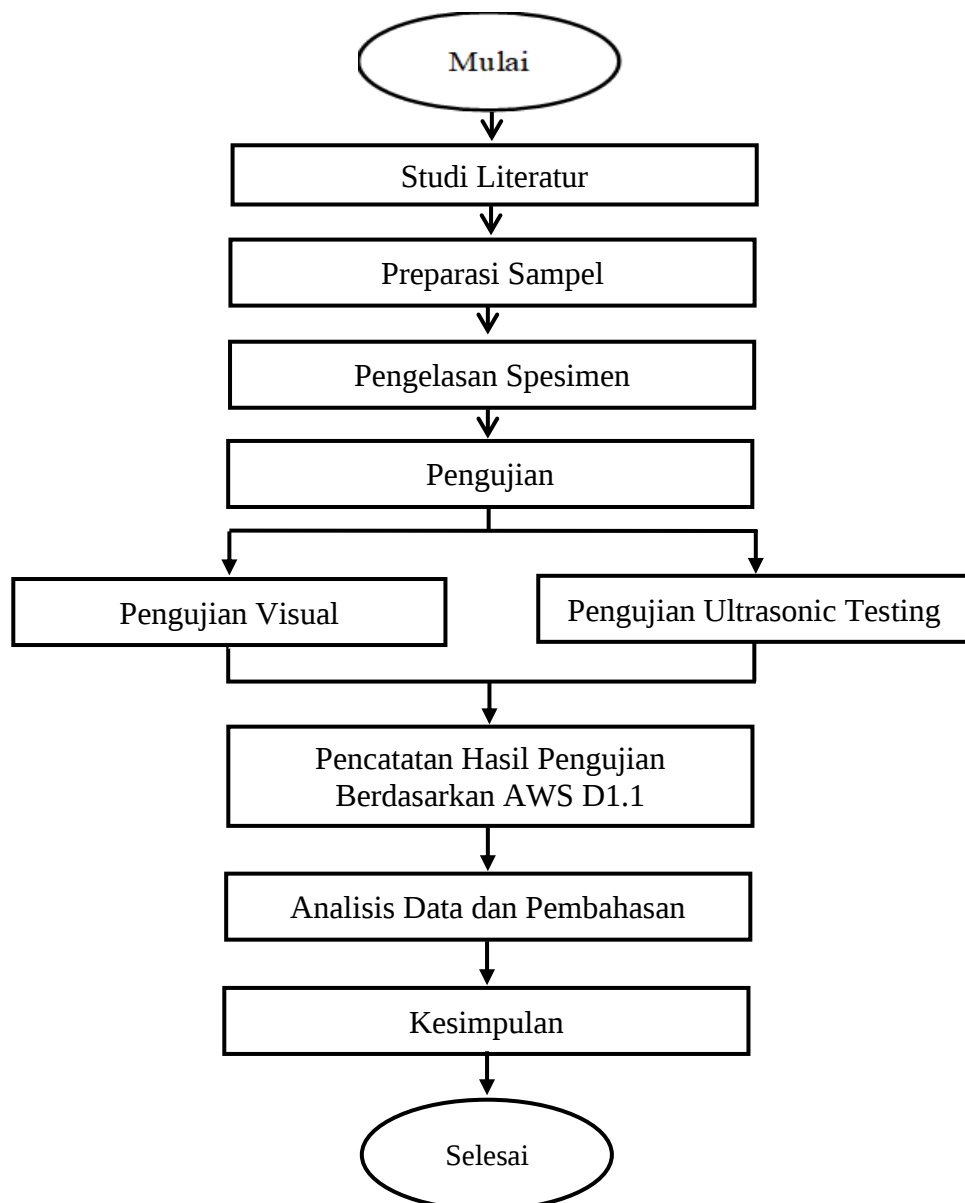


Gambar 2.4 Pengujian Ultrasonic Testing

BAB III METODOLOGI

3.1. Metode Penelitian

Metodologi penelitian merupakan alur proses penelitian yang dilakukan dengan tujuan untuk memastikan segala proses pengerjaan penelitian berjalan sesuai dengan persyaratan dan prosedur yang ditetapkan.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Berdasarkan gambar 5, penelitian ini dimulai dengan penentuan material yang akan digunakan. Selanjutnya, dilakukan proses preparasi material, yaitu

menyiapkan benda kerja dengan bentuk *single Vee butt joint*, melakukan pembersihan (*cleaning*), serta proses *fit-up* untuk persiapan pengelasan. Setelah itu, dilakukan penentuan parameter pengelasan sesuai dengan yang telah ditentukan. Proses pengelasan kemudian dilaksanakan dari awal hingga akhir dan didampingi oleh *welding monitor* sebagai perekam data parameter, seperti arus listrik (*ampere*), tegangan listrik (*voltage*), kecepatan pengelasan (*travel speed*), serta masukan panas (*heat input*). Setelah selesai proses pengelasan, dilanjutkan dengan proses inspeksi melalui *visual inspection* dan pengujian *ultrasonic testing* untuk mendapatkan data hasil pengelasan, apakah terdapat cacat pengelasan ataupun tidak.

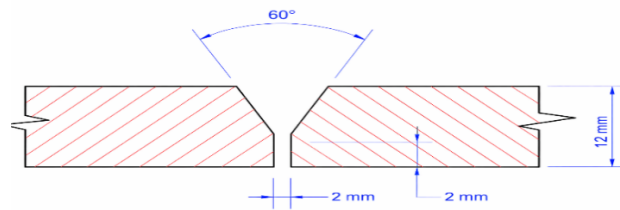
a. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan menelaah berbagai sumber ilmiah seperti buku, jurnal, standar pengelasan, serta penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan. Hal ini dilakukan bertujuan untuk sebagai landasan teoritis serta acuan dalam penyusunan, pelaksanaan dan analisis penelitian.

Material yang digunakan merupakan jenis material baja karbon rendah (*low carbon steel*) ASTM A36 yang tergolong ke dalam kelompok logam dasar (*base metal group I*) dengan ketebalan 12 mm.

b. Preparasi Sampel

Proses preparasi sampel meliputi pemotongan material dengan ukuran panjang x lebar (200 mm x 100 mm) sebanyak 24 logam dasar (*base metal*) uji, yang kemudian dilanjutkan dengan proses pembuatan bevel dengan sudut 30 derajat dan proses *fit-up*. Material yang digunakan merupakan jenis material baja karbon rendah (*low carbon steel*) ASTM A36 yang tergolong ke dalam kelompok logam dasar (*base metal group I*) dengan ketebalan 12 mm. Serta desain sambungan yang digunakan adalah tipe sambungan *single vee*.



Gambar 3.2 Desain Joint Konfigurasi



Gambar 3. 3 Proses Preparasi Material Pemotongan dan Fit-up

c. Pengelasan Spesimen

Proses pengelasan menggunakan proses *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) dengan dua jenis elektroda yang berbeda, yaitu E7016 dan E7018. Dalam melakukan proses pengelasan penggunaan parameter pengelasan mengacu pada parameter yang tersedia di kemasan elektroda.

Tabel 3.1 Parameter Pengelasan

No	Weld layer	Process	Filler Metal		Current	
			Size	Class	Polarity	Amp
1	Root	SMAW	2,6 mm	E 7016 E 7018	DCEN	50-60
2	Hot pass-filler	SMAW	2,6 mm	E 7016 E 7018	DCEP	80-120
3	Capping	SMAW	2,6 mm	E 7016 E 7018	DCEP	80-110

Proses pengelasan juga dilakukan dengan variasi kondisi elektroda yang berbeda sebagai variabel pembanding.

$$\text{Kadar Kelembapan} = \frac{\text{Berat Akhir} - \text{Berat awal}}{\text{Berat awal}} \times 100\%$$

Pada Elektroda yang di oven menggunakan alat pemanas atau termos kawat yang berfungsi untuk mengurangi kadar Hydrogen yang ada pada kawat sebelum penggunaan selama 1 Jam dengan Suhu 150 °C untuk menjaga agar elektroda dalam kondisi yang Kering dan panas.

Tabel 3.2 Desain Variabel Penelitian

Jenis Elektroda	Kondisi Elektroda	Spesimen	Massa	Kadar Kelembapan
E7016	Elektroda Dalam Kotak	1	20.29 gr	11.544%
		2	20.33 gr	11.703%
	Di Oven dengan suhu 150 °C selama 1 jam	1	18.19 gr	0 %
		2	18.20 gr	0 %
	Elektroda Basah	1	20.60 gr	1.5278 %
		2	20.84 gr	2.5086 %
E7018	Elektroda Dalam Kotak	1	23.81 gr	0.7617%
		2	23.84 gr	1.6197%
	Di Oven dengan suhu 150 °C selama 1 jam	1	23.63 gr	0 %
		2	23.46 gr	0 %
	Elektroda Basah	1	24.28 gr	1.9739 %
		2	24.18 gr	1.4261 %



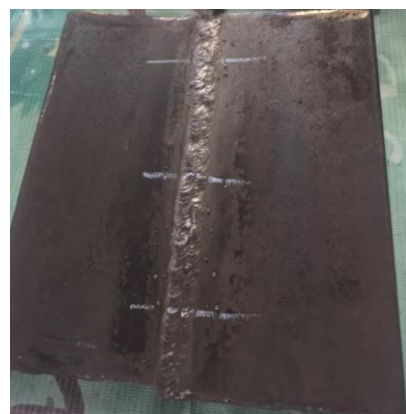
Gambar 3. 4 Proses Pengelasan Spesimen

d. Pengujian

Pengujian dilakukan untuk menentukan perbandingan hasil pengelasan berdasarkan variabel yang telah ditentukan. Pengujian dilakukan dengan dua metode yaitu :

1 Visual Inspeksi

Jenis pengujian ini bertujuan untuk melihat kondisi sambungan las apakah terdapat cacat las ataupun tidak pada permukaan las. Pengujian ini dilakukan dengan visual kasat mata terhadap sambungan las menggunakan senter dan alat ukur seperti welding gauge, penggaris. Penentuan kriteria penerimaan sambungan las mengacu pada standar AWS D1.1 2020 Table 8.1.

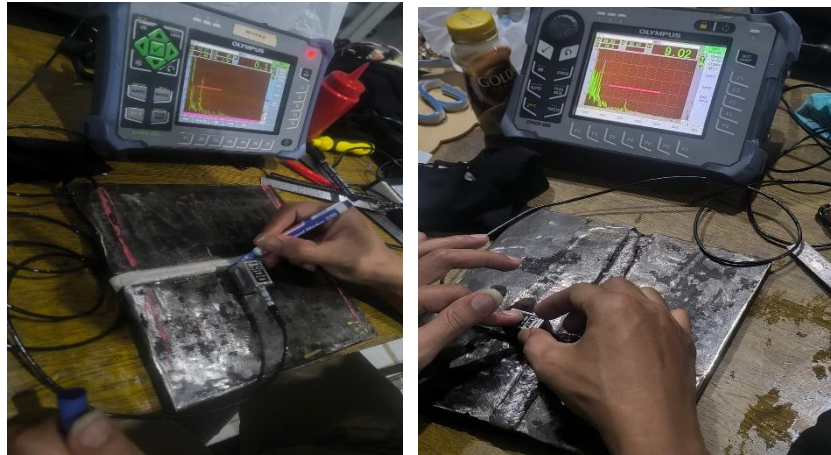


Gambar 3. 5 Proses Inspeksi Visual Keseluruhan Spesimen Uji

2 Ultrasonic Testing

Pengujian *ultrasonic testing* bertujuan untuk melihat kondisi

hasil pengelasan pada bagian dalam atau internal sambungan las menggunakan teknik gelombang ultrasonic. Pengujian ini dilakukan dengan seperangkat alat uji ultrasonic testing dengan jenis sudut probe 70. Penentuan kriteria penerimaan sambungan las pada *ultrasonic testing* mengacu pada AWS D1.1 Table 8.2.



Gambar 3. 6 Proses Pengujian Ultrasonic Keseluruhan Spesimen Uji

e. Hasil Pengujian

Hasil pengujian merupakan data yang diperoleh selama proses pengujian dilakukan. Data berupa report sebagai bukti dan verifikasi hasil pengelasan yang berisikan jenis cacat las serta dimensi dari cacat las. Data yang diperoleh mengacu pada AWS D1.1 tahun 2020 sebagai standar penentuan acceptance criteria dari hasil pengelasan, yaitu *accept* ataupun *reject*.

3.2. Waktu Dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan dan dilaksanakan di Kampus Politeknik negeri Batam pada saat jam pembelajaran di hari senin sampai hari Jumat . Pada penelitian ini meliputi proses Pengelasan SMAW dan Pengujian Visual pada bagian External dan Ultrasonic Testing pada bagian internal hasil pengelasan.

3.3. Alat Dan Bahan

Peralatan dan bahan pada penelitian ini digunakan untuk mendukung dari pembuatan spesimen untuk penelitian ini. Berikut ini adalah alat-alat dan bahan pada pengujian untuk penelitian ini yaitu

3.3.1. Alat penelitian

Adapun alat yang digunakan selama proses penelitian berlangsung yaitu :

- a. Mesin las SMAW *Lincoln Elektric*
- b. Gerinda tangan
- c. Plasma Cutting
- d. *Chipping*
- e. Sikat kawat
- f. Penggaris
- g. Senter
- h. *Alat ultrasonic testing*
- i. *Welding gauge*
- j. Timbangan *KERN ABJ-NM/ABS-N*
- k. Termos Kawat

3.3.2. Bahan

Adapun bahan yang digunakan selama proses penelitian berlangsung yaitu :

- a. Baja karbon ASTM A36
- b. Elektroda E-7016
- c. Elektroda E-7018

3.4. Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah sambungan las hasil proses SMAW pada material baja karbon ASTM A36 yang dilas menggunakan elektroda E 7016 dan E 7018 dengan variasi kondisi elektroda yang berbeda, yaitu elektroda dalam kotak, elektroda setelah pemanasan oven, dan elektroda lembap. Penelitian ini berfokus pada *Weld Metal* (WM) sebagai bagian sambungan las yang secara langsung menerima pengaruh akibat dari variasi kondisi elektroda selama proses pengelasan.

Material baja karbon ASTM A36 dipilih sebagai objek penelitian karena merupakan baja struktural paling umum dan banyak digunakan dalam dunia konstruksi dan fabrikasi. Sambungan las dibuat dalam bentuk *singel V butt joint* posisi 3G (*Vertical position*) untuk memastikan kestabilan proses pengelasan dan keseragaman kualitas sambungan.

Dengan demikian, objek penelitian ini mencakup:

- a. Sambungan las SMAW pada baja karbon ASTM A36.

- b. Variasi kondisi elektroda dan jenis elektroda sebagai variabel bebas.
- c. Weld metal sebagai daerah zona pengujian visual dan *ultrasonic testing*.
- d. Hasil uji visual dan *ultrasonic test* sebagai variabel terikat.

3.5. Prosedur Penelitian

Metode pengujian merupakan tahapan yang dibutuhkan untuk menghasilkan data-data yang diperlukan sebagai pembandingan hasil penelitian. Dalam penelitian ini, pengujian yang dilakukan merupakan pengujian yang bersifat tidak merusak (*Non Destructive Test*) yaitu *visual inspection* dan *ultrasonic testing*.

3.5.1. Visual Inspection

Inspeksi visual merupakan golongan dari metode NDT (*non destructive test*) yang bertujuan untuk menemukan adanya cacat, retak, atau diskontinuitas lainnya pada bagian permukaan (*surface*) tanpa merusak objek yang sedang diuji atau diperiksa. *Inspeksi visual* dilakukan dengan mengamati langsung menggunakan mata, sehingga hanya bagian luar dari sambungan las yang dapat diperiksa. Metode ini memiliki keterbatasan, yaitu bergantung pada ketajaman penglihatan inspektur (Firmansyah Sulistiyono dkk., 2025). Standard kode yang digunakan sebagai acuan dalam menentukan penerimaan toleransi terhadap indikasi cacat yaitu AWS D1.1/D1.1M: 2020 Table 8.1 *Visual Inspection Acceptance Criteria*.

3.5.2. Ultrasonic Testing

Pengujian *ultrasonik* dapat digunakan untuk mendeteksi dimensi benda kerja dan kecacatan atau porositas pada benda kerja. Gelombang *ultrasonik* dapat ditimbulkan dari probe. Gelombang yang diberikan terjadi karena perubahan energi listrik ke energi mekanik dari *transducer* melalui efek *piezoelektrik* (Widyawati dkk., 2021). Standar kode yang digunakan sebagai acuan dalam menentukan penerimaan toleransi terhadap indikasi cacat yang ditemukan yaitu AWS D1.1 yaitu AWS D1.1/D1.1M: 2020 Table 8.2 *UT Acceptance-Rejection Criteria (Statically Loaded Nontubular Connections and Cyclically Loaded Nontubular Connections in Compression)*.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Inspeksi Visual

Pada bagian bab ini, diuraikan data teknis yang di dapatkan langsung pada saat proses pengambilan data inspeksi visual. Data yang disajikan merupakan perbandingan antara ketiga variasi kelembapan elektroda dan dua jenis Elektroda yang digunakan pada saat pengelasan menggunakan metode SMAW. Fokus penelitian terletak pada bagaimana pengaruh kelembapan elektroda terhadap kualitas sambungan las yang kemudian divalidasi melalui pengujian inspeksi visual berdasarkan standard (American Welding Society, 2020).

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Inspeksi Visual

Jenis Elektroda	Kondisi Elektroda	Spesimen	Jenis Defect	Ukuran Cacat	Hasil	
					Diterima	Ditolak
E 7016	Baru dari dalam kotak : 20.29 gr	1	Spater	Area BM	Diterima	
	Baru dari dalam kotak : 20.33 gr	2	Spater	Area BM	Diterima	
	Di Oven dengan suhu 150 °C Selama 1 jam : 18.19 gr	1	Spater	Area BM	Diterima	
	Di Oven dengan suhu 150 °C selama 1 jam : 18.20 gr	2	Spater	Area BM	Diterima	
	Basah terkena air : 20.60 gr	1	Spater	Area BM		Ditolak
			Porosity	1.D=2mm 2.D=2mm		

			Undercut	D=0,5mm P=12mm		
	Basah terkena air : 20.84 gr	2	Spater	Area BM		
			Lack Of Side Wall Fusion	P=5mm D=0,5mm		Ditolak
			Porosity	D=0,5mm		
E 7018	Baru dari dalam kotak: 23.81 gr	1	Spater	Area BM	Diterima	
	Baru dari dalam kotak: 23.84 gr	2	Spater	Area BM		
			Undercut	D=5mm P=10mm		Ditolak
	Di Oven dengan suhu 150 °C selama 1 jam : 23.63 gr	1	Spater	Area BM	Diterima	
	Di Oven dengan suhu °C selama 1 jam : 23.57 gr	2	Spater	Area BM	Diterima	
	Basah terkena air : 24.08 gr	1	Spater	Area BM		
			Undercut	1.D=0,5 mm P=10mm 2.D=1mm P=20mm		Ditolak
	Basah terkena air : 24.18 gr	2	Spater	Area BM		
			Undercut	1.D=0,5 mm P=10mm 2.D=1mm P=13mm 3.D=0,5 mm P=18mm		Ditolak

Berdasarkan data pada tabel 4.1 terlihat korelasi yang nyata dari kelembapan elektroda terhadap hasil pengelasan yang muncul. Pada pengujian

visual jenis *defect* bersifat cacat *external* yang terlihat oleh mata langsung. Berdasarkan hasil inspeksi visual proses pengelasan menggunakan elektroda E7016 dan E7018 pada kondisi elektroda baru dari kemasan, setelah disimpan dalam oven, dan dalam kondisi lembab di luar ruangan, terlihat bahwa kelembapan berpengaruh terhadap kualitas hasil pengelasan. Evaluasi dilakukan berdasarkan kriteria penerimaan visual AWS D1.1:2020 pada Tabel 8.1.

Tabel 4. 2 Kriteria Penerimaan Menurut AWS D1.1. 2020 Table 8.1

Table 8.1 Visual Inspection Acceptance Criteria	
Kategori Diskontinuitas dan Kriteria Inspeksi	Statically Loaded Cyclically Loaded Nontubular
(1) Crack Segala jenis indikasi cacat retak atau crack tidak dapat diterima, terlepas dari ukuran atau lokasinya	X
(2) Weld / Base Metal Fusion Peleburan sempurna harus terjadi antara lapisan logam las yang bersebelahan dan antara logam las dan logam dasar.	X
(3) Crater Cross Section Semua kawah las harus diisi untuk menghasilkan ukuran las yang ditentukan, kecuali untuk ujung las fillet terputus-putus di luar panjang efektifnya	X
(4) Weld Profiles Weld profil atau profil pengelasan harus sesuai dengan clause 7.23. yaitu harus bebas dari cracks, overlaps, dan diskontinuitas yang tidak dapat diterima	X
(5) Waktu Inspeksi Inspeksi visual pada lasan semua jenis baja dapat dimulai segera setelah lasan yang telah selesai mendingin hingga suhu ruangan. Inspeksi visual yang dilakukan tidak kurang dari 48 jam setelah	X

penyelesaian pengelasan.													
(6) Undersized Welds Ukuran las fillet pada setiap las kontinu dapat lebih kecil dari ukuran nominal yang ditentukan (L) tanpa koreksi dengan jumlah berikut (U): <table> <tr> <td>L,</td><td>U,</td></tr> <tr> <td>Specified nominal weld</td><td>allowable decrease</td></tr> <tr> <td>size, in [mm]</td><td>from L, in [mm]</td></tr> <tr> <td>$\leq 3/16$ [5]</td><td>$\leq 1/16$ [2]</td></tr> <tr> <td>$1/4$ [6]</td><td>$\leq 3/32$ [2.5]</td></tr> <tr> <td>$\geq 5/16$ [8]</td><td>$\leq 1/8$ [3]</td></tr> </table> Dalam semua kasus, bagian las yang kurang ukuran tidak boleh melebihi 10% dari panjang las. Pada las web-ke-flange pada balok, kekurangan ukuran dilarang di ujung-ujung las dengan panjang yang sama dengan dua kali lebar flange.	L,	U,	Specified nominal weld	allowable decrease	size, in [mm]	from L, in [mm]	$\leq 3/16$ [5]	$\leq 1/16$ [2]	$1/4$ [6]	$\leq 3/32$ [2.5]	$\geq 5/16$ [8]	$\leq 1/8$ [3]	X
L,	U,												
Specified nominal weld	allowable decrease												
size, in [mm]	from L, in [mm]												
$\leq 3/16$ [5]	$\leq 1/16$ [2]												
$1/4$ [6]	$\leq 3/32$ [2.5]												
$\geq 5/16$ [8]	$\leq 1/8$ [3]												
(7) Undercut (A) Untuk material dengan ketebalan kurang dari 1 inci [25 mm], undercut tidak boleh melebihi 1/32 inci [1 mm], dengan pengecualian sebagai berikut: undercut tidak boleh melebihi 1/16 inci [2 mm] untuk setiap panjang kumulatif hingga 2 inci [50 mm] dalam setiap 12 inci [300 mm]. Untuk material dengan ketebalan sama dengan atau lebih besar dari 1 inci [25 mm], undercut tidak boleh melebihi 1/16 inci [2 mm] untuk setiap panjang las.	X												
(8) Porosity A) Las alur CJP pada sambungan tumpul yang melintang terhadap arah tegangan tarik terhitung tidak boleh memiliki porositas pipa yang terlihat. Untuk semua las alur lainnya dan untuk las fillet, jumlah porositas pipa yang terlihat dengan diameter 1/32 inci	X												

[1 mm] atau lebih besar tidak boleh melebihi 3/8 inci [10 mm] dalam setiap inci linier las dan tidak boleh melebihi 3/4 inci [20 mm] dalam setiap panjang las 12 inci [300 mm].	
---	--

Pada kondisi elektroda baru dari kemasan, sambungan las menunjukkan sebagian besar indikasi seperti *spatter*, dan *undercut* yang masih dapat diterima karena tidak melebihi batas penerimaan visual. Namun, pada salah satu spesimen las menggunakan elektroda E7018 masih ditemukan cacat *undercut* yang berada diluar kriteria penerimaan berdasarkan AWS D1.1 2020 sehingga menyebabkan spesimen ditolak. Hal ini menunjukkan walaupun kondisi elektroda yang digunakan berasal dari kemasan baru, kemungkinan terjadinya cacat las tetap ada. Kondisi ini dapat dipengaruhi oleh parameter pengelasan seperti arus, kecepatan pengelasan, panjang busur, posisi pengelasan, kebersihan material, serta keterampilan operator (Setia & Pranatal, 2022) . Hal ini sejalan dengan temuan (Cahyanto & Ramadhan, 2025) yang menyatakan penggunaan elektroda baru menghasilkan jumlah indikasi lebih sedikit dibandingkan elektroda yang terpapar kelembapan, sehingga tidak sepenuhnya menghilangkan kemungkinan terjadinya cacat pada hasil pengelasan. Hasil inspeksi visual pengelasan menggunakan elektroda E7016 dan E7018 yang baru dari kotak dapat dilihat pada gambar 4.1 dan 4.2 dibawah ini.



Gambar 4.1 Hasil pengelasan Dengan Elektroda E7016 Baru Dari Kotak



Gambar 4.2 Hasil Pengelasan Dengan Elektroda E7018 Baru Dari Kotak

Pada kondisi elektroda setelah dioven, hasil pengelasan menunjukkan kualitas yang lebih baik. Penyimpanan dalam oven mampu menjaga lapisan flux tetap kering sehingga karakteristik *low hydrogen* pada elektroda E7016 dan E7018 tetap terjaga. Kondisi ini menghasilkan busur yang lebih stabil dan jumlah *spatter* yang lebih sedikit (Aljufri, 2017). Hal ini sejalan dengan penelitian (Wahyu Setyawan dkk., 2022), yang menyatakan pengeringan elektroda sebelum proses pengelasan terbukti mampu mengurangi jumlah cacat las, terutama *porositas*. Hasil inspeksi visual dan radiografi menunjukkan bahwa elektroda yang telah dioven menghasilkan manik las yang lebih baik serta jumlah cacat internal yang lebih sedikit dibandingkan elektroda tanpa pengeringan. Kondisi ini juga berpengaruh terhadap peningkatan kekuatan tarik sambungan las karena berkurangnya diskontinuitas pada logam las. Hasil inspeksi visual pengelasan menggunakan elektroda E7016 dan E7018 yang sudah dilakukan pengovenan terlebih dahulu dapat dilihat pada gambar 4.3 dan 4.4 dibawah ini.



Gambar 4.3 Hasil pengelasan Dengan Elektroda E7016 Sudah Dioven

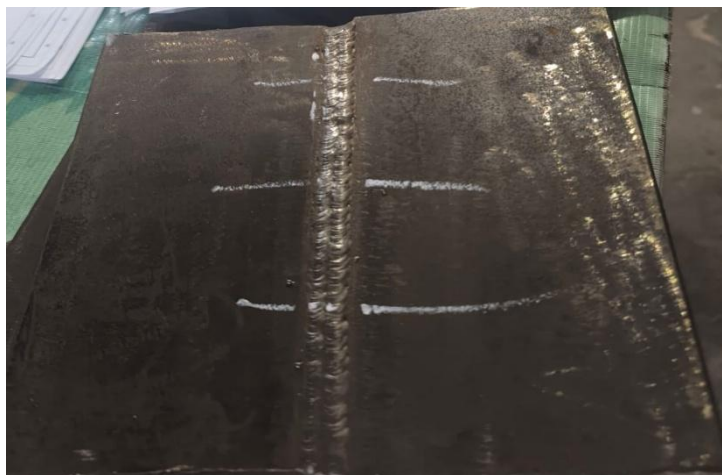


Gambar 4.4 Hasil Pengelasan Dengan Elektroda E7018 Sudah Dioven

Sebaliknya pada kondisi elektroda basah terkena air, jumlah cacat yang muncul lebih banyak, seperti *spatter*, *porosity*, *lack of side wall fusion*, dan *undercut* yang sebagian besar dinyatakan ditolak. Kelembapan yang diserap oleh flux menyebabkan busur las menjadi tidak stabil, meningkatkan percikan logam, memperbesar kemungkinan terbentuknya *porositas*, serta menurunkan kualitas profil las. Pada elektroda low *hydrogen* seperti E7016 dan E7018, kondisi basah juga meningkatkan risiko terbentuknya hidrogen yang dapat memicu cacat internal dan retak hidrogen. Hal ini berdasarkan dengan penelitian (Avilla dkk., 2021) yang mengatakan pengelasan dengan elektroda lembap menghasilkan lebih banyak *over spatter* dan memiliki jumlah cacat las yang lebih banyak pula dibandingkan dengan penggunaan elektroda kering. Hasil inspeksi visual pengelasan menggunakan elektroda E7016 dan E7018 yang sudah dilakukan pengovenan terlebih dahulu dapat dilihat pada gambar 4.5 dan 4.6 dibawah ini.



Gambar 4.5 Hasil Pengelasan Dengan Elektroda E7016 Basah Terkena Air



Gambar 4.6 Hasil Pengelasan Dengan E7018 Elektroda Basah Terkena Air

4.2. Inspeksi Ultrasonic Testing

Pada bagian bab ini, diuraikan data teknis yang di dapatkan langsung pada saat proses pengambilan data pengujian *ultrasonic testing*. Data yang disajikan merupakan perbandingan antara ketiga variasi kelembapan elektroda dan dua jenis elektroda yang digunakan pada saat pengelasan menggunakan metode SMAW. Fokus penelitian terletak pada bagaimana pengaruh kelembapan elektroda terhadap kualitas sambungan las yang kemudian divalidasi melalui pengujian ultrasonic berdasarkan standard penerimaan menurut (American Welding Society, 2020).

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Ultrasonic Testing

Jenis Material	ASTM A36							
Ketebalan	12 mm							
UT SET	Epoch 650							
Probe	70							
Standar Pengujian	AWS D1.1 (Table 8.2)							
No Spesimen	Jenis Elektroda	Kondisi Elektroda	Kedalaman Cacat (mm)	Panjang Indikasi (mm)	Amplitudo (dB)	Jenis Cacat	Hasil	
							Diterima	Ditolak
1	E 7016	Baru dari dalam kotak : 20.29 gr	N/A	N/A	63,2	N/A	Diterima	

2		Baru dari dalam kotak : 20.33 gr	4.50	25	63,2	Lack of Fusion		Ditolak
1	E 7016	Di Oven dengan suhu 150 °C Selama 1 jam : 18.19 gr	N/A	N/A	63,2	N/A	Diterima	
2		Di Oven dengan suhu 150 °C Selama 1 jam : 18.20 gr	N/A	N/A	63,2	N/A	Diterima	
1	E 7016	Basah terkena air: 20.60 gr	4,95	10	63,2	Lack of Fusion		Ditolak
2		Basah terkena air : 20.84 gr	4,5 4,8	22 15	63,2 6,3,2	Slag Inclusion Lack of fusion		Ditolak
1	E 7018	Baru dari dalam kotak: 23.81 gr	N/A	N/A	63,2	N/A	Diterima	
2		Baru dari dalam kotak: 23.84 gr	5,19	11	63,2	Lack of fusion		Ditolak
1	E 7018	Di Oven dengan suhu 150 °C selama 1 jam : 23.63 gr	N/A	N/A	63,2	N/A	Diterima	

2		Di Oven dengan suhu 150 °C selama 1 jam : 23.57 gr	N/A	N/A	63,2	N/A	Diterima	
1	E 7018	Basah terkena air : 24.08 gr	4,75	16	63,2	Lack of Fusion		Ditolak
2		Basah terkena air : 24.18 gr	3,92	14	63,2	Lack of Fusion		Ditolak
			4,51	16	63,2	Slag Inclusion		

Berdasarkan tabel 4.2 menunjukkan bahwa kelembapan elektroda berpotensi mempengaruhi kualitas sambungan las yang dihasilkan. Hasil pengujian menghasilkan bahwa tidak semua kondisi elektroda menghasilkan kualitas sambungan yang sama.

Menurut teori (Cahyanto & Ramadhan, 2025) elektroda yang dilakukan penyimpanan pada wadah *electrode quiver* mampu mempertahankan karakteristik fluksnya, sehingga menghasilkan kualitas pengelasan yang baik. Pada penelitian ini kondisi elektroda pada tiap jenis antara E-7016 dan E-7018 yang sudah dilakukan pengovenan terlebih dahulu menghasilkan kualitas sambungan yang terbaik karena tidak ditemukan sedikit pun cacat internal pada seluruh spesimen sehingga memenuhi kriteria penerimaan berdasarkan AWS D1.1. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan (Wahyu Setyawan dkk., 2022) yang menyatakan pada pengujian radiografi pada elektroda dalam kondisi lembab tidak ditemukan cacat internal pada sambungan las. Sebaliknya pada elektroda dengan kondisi baru dari dalam kotak dan basah terkena air masih ditemukan cacat internal pada sambungan las. Hanya saja pada kondisi elektroda basah dengan air potensi terjadinya cacat internal lebih tinggi dibandingkan kondisi baru dalam kotak. Temuan ini menunjukkan elektroda yang mengalami peningkatan kelembapan cenderung meningkatkan potensi terbentuknya cacat pada sambungan las (Aljufri, 2017). Hal ini berkaitan dengan jenis elektroda E-7016 dan E-7018 yang digunakan adalah jenis elektroda *low hydrogen*. Elektroda ini sangat sensitif terhadap kelembapan apabila disimpan pada kondisi lingkungan dengan kelembapan yang tinggi atau

tanpa pelindung, lapisan fluks elektroda menyerap air dari udara, yang kemudian menguap dan terjebak dalam kolam las saat pengelasan berlangsung sehingga menghasilkan cacat pada sambungan las yang dihasilkan (Cahyanto & Ramadhan, 2025). Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan (Sudiyanto dkk., 2022) yang menyatakan pada pengujian NDT radiografi persentase cacat yang ditemukan pada elektroda yang terekspos lebih banyak dibandingkan dengan elektroda yang tidak terekspos.

Adapun temuan jenis cacat yang ditemukan pada tiap spesimen pengelasan adalah cacat *lack of fusion* (L.O.F) dan slag inclusion. Hal ini diduga berkaitan dengan kondisi *fluks* elektroda yang lembap sehingga menyebabkan ketidakstabilan busur las dan menurunkan efektivitas peleburan logam selama proses pengelasan. Fluks elektroda yang lembap juga membuat proses *cleaning* slag ataupun terak menjadi sulit dilakukan dan terperangkap dalam sambungan las. Kondisi tersebut berpotensi meningkatkan kemungkinan terjadinya cacat lack of fusion, incomplete fusion ataupun cacat slag inclusion (Sukaini dkk., 2013) . Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan (Zaghwan dkk., 2023) yang menyatakan pada penelitiannya ditemukan cacat internal *lack of fusion* pada sambungan las menggunakan elektroda dalam keadaan basah.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil visual inspeksi cacat yang ditemukan meliputi *spatter*, *porosit*, *undecut*, dan *lack of side wall fusion* yang tidak memenuhi penerimaan kriteria berdasarkan AWS D1.1. Pada kondisi elektroda E-7016 ataupun E-7018 yang basah terkena air ditemukan cacat visual yang lebih banyak dibandingkan kondisi elektroda baru dari dalam kotak. Sedangkan pada kondisi elektroda sudah dioven sama sekali tidak ditemukan cacat external.
2. Berdasarkan hasil pengujian ultrasonic testing ditemukan cacat internal yang terdeteksi yaitu *lack of fusion* (L.O.F) dan *slag inclusion*. Pada tiap jenis elektroda baik itu E-7016 ataupun E-7018 cacat internal yang paling banyak ditemukan berada pada sambungan las pada kondisi elektroda basah terkena air dibandingkan elektroda baru dari kotak. Semakin besar jumlah kelembapan pada elektroda semakin besar dampak yang menyebabkan defect internal maupun eksternal yang terjadi. Sebaliknya kondisi elektroda sudah dioven sama sekali tidak menunjukkan adanya cacat internal pada sambungan las.
3. Berdasarkan hasil pengujian inspeksi visual dan ultrasonic testing menunjukkan seluruh spesimen dengan kondisi lembap ditemukannya cacat dan dinyatakan reject. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kelembapan berpotensi meningkatkan terjadinya cacat pada sambungan las karena pada elektroda lembab lapisan fluks menyerap air dari udara, yang kemudian menguap dan terjebak dalam kolam las saat pengelasan.
4. Kondisi elektroda yang menghasilkan kualitas pengelasan terbaik adalah kondisi elektroda yang sudah dikeringkan atau dilakukan pengovenan sebelum dilakukan pengelasan. Hal ini berdasarkan hasil pengujian visual inspeksi dan ultrasonic yang menunjukkan pada sambungan las menggunakan elektroda yang dioven tidak ada menunjukkan cacat baik external ataupun internal.

5.2 Saran

Berdasarkan serangkaian pengujian dan analisis teknis pada penelitian Pengaruh Kondisi Kelembapan Elektroda Terhadap Hasil Pengelasan SMAW Dengan Inspeksi Visual dan *Ultrasonic Testing* Berdasarkan AWS D1.1 menghasilkan beberapa rekomendasi atau saran strategis untuk penelitian maupun praktik lapangan di masa mendatang adalah sebagai berikut:

1. Selama proses penelitian proses preparasi sambungan las dilakukan dengan baik dan dilakukan pemantauan terhadap parameter pengelasan yang digunakann untuk menghindari terjadinya cacat akibat kesalahan yang diduga bukan penyebab kelembapan elektroda seperti parameter arus terlalu tinggi atau rendah, kesalahan teknis welder dan sebagainya.
2. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan variasi lainnya seperti jenis kawat las lainnya *low hydrogen* dan *non hydrogen* sebagai pembanding antar kedua jenis kawat las seperti E-7028 dengan E-6010 untuk memastikan elektroda yang lebih optimal.
3. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menambah pengujian DT (*Destructive Test*) untuk memastikan kualitas sambungan las secara sifat mekanik dan struktur mikro dengan variasi kondisi elektroda.

DAFTAR PUSTAKA

- , R. Faiz ListyandaTrisma Jaya Saputra, A. S. (2024). Evaluasi Jenis Elektroda SMAW Terhadap Kekuatan Sambungan Pipa Baja ASTM A106 Grade B. *e-ISSN 2656-8055*, 8(4), 863–872.
- Afan, M. Bin, Purwantono, P., Mulianti, M., & Rahim, B. (2020). Pengaruh Suhu Penyimpanan Elektroda Low Hydrogen E7016 terhadap Hasil Uji Tekuk Sambungan Las Pelat Baja Karbon SS400. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 15(1), 20. <https://doi.org/10.32497/jrm.v15i1.1823>
- Aljufri. (2017). *Pengaruh Elektroda Terekspos Dan Tidak Terekspos Terhadap Kualitas Daerah Lasan Pada Material a53*. (November), 1–2.
- American Welding Society. (2020). *AWS D1.1/D1.1M:2020 – Structural Welding Code – Steel*.
- Avilla, G., Suhendra, B., & Naubnome, V. (2021). Elektroda Pada Pengelasan Smaw Terhadap Cacat Las Pada Pengelasan Baja Ss400 Dengan Metode Non-. *Jurnal Kajian Teknik Mesin*.
- Bin Afan, M., Rahim Jurusan Teknik Mesin, B., Teknik, F., & Negeri Padang Jl Hamka, U. (2020). Pengaruh Suhu Penyimpanan Elektroda Low Hydrogen E7016 terhadap Hasil Uji Tekuk Sambungan Las Pelat Baja Karbon SS400. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 15(1), 20–25.
- Budhi Susetyo, F., Amirudin, J., & Yudianto, V. (2013). Studi Karakteristik Pengelasan Smaw Pada Baja Karbon Rendah St 42 Dengan Elektroda E 7018. *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur*, 1(1), 32–39. <https://doi.org/10.21009/jkem.1.1.4>
- Cahyanto, A. D., & Ramadhan, A. A. (2025). Analisis Pengaruh Kondisi Penyimpanan Elektroda Low Hidrogen E7018 Terhadap Cacat Las Dengan Inspeksi Non-Destructive Test. *Edutech*, 24(3), 1324–1332. <https://doi.org/10.17509/e.v24i3.87242>
- Firmansyah Sulistiyono, Susilawati, Muhamad Kamaludin, & Fauzaan Dwi Nugroho Raharjo. (2025). Visual Inspection of Welding Joints: Analysis of the Causes of Welding Defects and Solutions for Repair. *Jurnal E-Komtek (Elektro-Komputer-Teknik)*, 9(1), 198–206. <https://doi.org/10.37339/e-komtek.v9i1.2462>

- Hidayat, M. N., Muddin, S., & Musrawati. (2024). Analisis Cacat Sambungan Pengelasan Smaw 3G Pada Pelat Baja St 60 Dengan Variasi Arus Menggunakan Metode Ndt (Nondestructive Test) Ultrasonic Test Dan Penetran Test. *Al-Gazali Journal Of Mechanical Engineering (AJME)*, 2(02), 50–59. <https://www.ajme.ft-uim.ac.id/index.php/ajme/article/view/165>
- Meryanalinda, Sohib, M., & Habibullah, A. (2021). Analisis Variasi Sudut Kampuh V Terhadap Sifat Mekanik Sambungan Las Baja ASTM A36. *jurnal Keilmuan dan Terapan Teknik*, 10(01), 49–58. <http://journal.unigres.ac.id/index.php/WahanaTeknik/article/view/1444>
- Setia, C. D., & Pranatal, E. (2022). Analisa Cacat Pengelasan Smaw Pada Posisi 2G Pada Baja Material a36 Dengan Variasi Arus Dan Sudut Pengelasan. *Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan (SEMITAN)*, 1(1), 257–263. <https://doi.org/10.31284/j.semitan.2022.3262>
- Sudiyanto, A., Mirahati, R. Z., & Rahma, N. A. (2022). PENGARUH DRYING ELEKTRODA LOW HYDROGEN PADA LONGITUDINAL WELD PENSTOCK MATERIAL BAJA SM 400 B TERHADAP CACAT LAS DENGAN INSPEKSI NON DESTRUCTIVE TEST METODE RADIOGRAFI. *Journal of Metallurgical Engineering and Processing Technology*, 2(2), 59. <https://doi.org/10.31315/jmept.v2i2.6510>
- Sugianto. (2009). Pengaruh Kelembaban Elektroda Lasterhadap Kekuatan Tarik Multipass Welding Baja AISI 1020. *Jurnal Ilmu Sosial Politik*, 8, 63–70.
- Sukaini, Tarkina, & Fandi. (2013). *Teknik Las SMAW*. Kementerian Pendidikan & Kebudayaan.
- Surahman, A., Ana Mufarida, N., & Kosjoko. (2023). Pengaruh Variasi Arus Las Smaw Terhadap Uji Tarik Dan Uji. *Journal of Engineering Science and Technology*, 1(3), 129–137.
- Thabrani, M., Hafizh, A., Rasyid, A., Arif Irfa'i, M., Ningsih, T. H., & Arizal, H. (2025). Effect of Post-Welding Heat Treatment on ASTM A36 Steel on Tensile Strength. In *Indonesian Journal of Engineering and Technology (INAJET)* (Vol. 7, Nomor 2). <https://journal.unesa.ac.id/index.php/inajet>
- Tyagita, D. A., & Irawan, A. (2016). Kekuatan tarik hasil pengelasan smaw plat baja st 37 dengan pendingin liquid the tensile strength of smaw steel plate

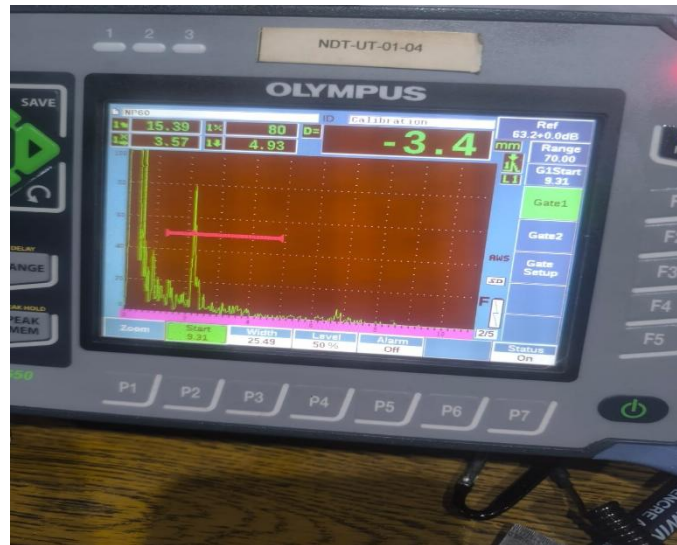
welded st 37 with liquid coolers. *Jurnal Ilmiah INOVASI*, Vol. 1(ISSN 1411-5549), 180–186.

Wahyu Setyawan, C., Syaripuddin, Lubi, A., & Susetyo, F. B. (2022). Pengaruh Suhu Pengeringan Elektroda E 7018 Terhadap Hasil Pengelasan Material A36. *Jurnal Asimetrik: Jurnal Ilmiah Rekayasa & Inovasi*, 4, 209–220. <https://doi.org/10.35814/asiimetrik.v4i1.3510>

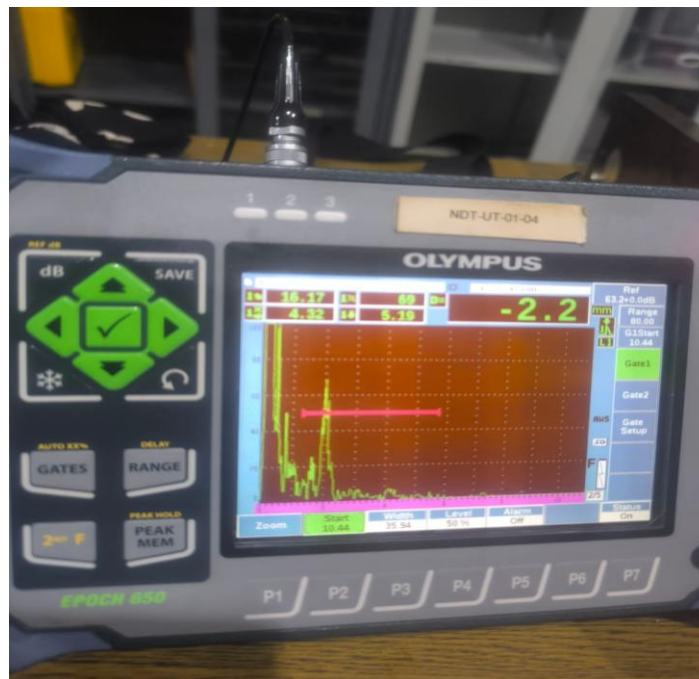
Widyawati, F., Marano, L., & Nurcahyo, F. (2021). Science and Technology IDENTIFIKASI CACAT LASAN FCAW PADA FONDASI MESIN KAPAL. *Jurnal Tambora*, 5(2), 53–58.

Zaghwan, H., Abdelhafid, A. A., Zaghwan, H. M., Omar, E. G., & Aburuga, T. K. (2023). *The effect of humidity absorbed by electrode rods on quality, strength and stiffness of the weld the effect of humidity absorbed by electrode rods on quality, strength and stiffness of the weld* . (4), 1–7. <https://www.researchgate.net/publication/370553363>

LAMPIRAN



Gambar L.1 Tampilan Display *Ultrasonic Testing* Indikasi *Lack Of Fusion*



Gambar L.2 Tampilan Display *Ultrasonic Testing* Indikasi *Slag Inclusion*

