

Analisis Perbandingan Kualitas Sambungan Las SMAW dan FCAW pada Baja ASTM A36 melalui Pengujian *Bending dan Tensile*

Rahmat Akbar^{*1}, Muhammad Irsyad Saihilmi 1^{*} and Yosef Adicita 2^{*}

*** Politeknik Negeri Batam**

Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan

Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam 29461, Indonesia

¹rahmat.4412211051@students.polibatam.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi pengelasan pada industri konstruksi dan perkapalan menuntut pemilihan proses pengelasan yang mampu menghasilkan sambungan dengan kualitas dan sifat mekanis yang baik. Perbedaan karakteristik proses *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) dan *Flux Cored Arc Welding* (FCAW) dapat memengaruhi karakteristik sambungan las pada baja ASTM A36 sehingga diperlukan evaluasi melalui pengujian mekanis. Penelitian ini bertujuan membandingkan kualitas dan sifat mekanis sambungan las SMAW dan FCAW pada pelat baja ASTM A36 dengan ketebalan 10 mm. Penelitian dilakukan secara eksperimental menggunakan pengujian destruktif berupa *tensile test*, *face bend test*, dan *root bend test*. Pengelasan dilakukan pada posisi 3G menggunakan kampuh *single V-groove* dengan sudut 60° tanpa *preheat* dan *post weld heat treatment* (PWHT). Proses SMAW menggunakan elektroda LB-52 yang diklasifikasikan sebagai AWS A5.1 E7016, sedangkan proses FCAW menggunakan kawat E71T-1C dengan gas pelindung 100% CO₂. Evaluasi pengelasan dan pengujian mengacu pada AWS D1.1/D1.1M:2020. Hasil pengujian menunjukkan nilai UTS rata-rata sambungan SMAW sebesar 466,27 MPa dan FCAW sebesar 468,90 MPa. Kedua nilai tersebut berada di atas kekuatan tarik minimum ASTM A36 sebesar 400 MPa. Pada pengujian tekuk, seluruh spesimen *face bend* menunjukkan *no indication*, sedangkan beberapa spesimen *root bend* menunjukkan *indication* berupa retak atau patah pada daerah akar las. Hasil penelitian menunjukkan bahwa FCAW menghasilkan nilai UTS rata-rata sedikit lebih tinggi dibandingkan SMAW, sedangkan hasil tekuk menunjukkan bahwa kondisi daerah akar las berpengaruh terhadap respons sambungan terhadap pembebanan tekuk.

Kata kunci: SMAW, FCAW, ASTM A36, AWS D1.1, Bending Test, Tensile Test

Abstract

The development of welding technology in the construction and shipbuilding industries requires the selection of welding processes capable of producing joints with good quality and mechanical properties. Differences in the characteristics of Shielded Metal Arc Welding (SMAW) and Flux Cored Arc Welding (FCAW) processes may affect the characteristics of welded joints in ASTM A36 steel; therefore, evaluation through mechanical testing is necessary. This study aims to compare the quality and mechanical properties of SMAW and FCAW welded joints on 10 mm-thick ASTM A36 steel plates. The study was conducted experimentally using destructive tests, including tensile test, face bend test, and root bend test. Welding was performed in the 3G position using a single V-groove joint with a 60° groove angle without preheating or post-weld heat treatment (PWHT). The SMAW process used LB-52 electrodes classified as AWS A5.1 E7016, while the FCAW process used E71T-1C welding wire with 100% CO₂ shielding gas. Welding evaluation and testing were conducted in accordance with AWS D1.1/D1.1M:2020. The test results showed that the average ultimate tensile strength (UTS) of the SMAW joints was 466.27 MPa, while that of the FCAW joints was 468.90 MPa. Both values exceeded the minimum tensile strength of ASTM A36 steel, which is 400 MPa. In the bending tests, all face bend specimens showed no indication, whereas several root bend specimens exhibited indications in the form of cracks or fractures in the weld root area. The results indicate that FCAW produced a slightly higher average UTS than SMAW, while the bending test results demonstrated that the condition of the weld root area affected the response of the joints to bending loads.

Keywords : SMAW, FCAW, ASTM A36, AWS D1.1, Bending Test, Tensile Test

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi konstruksi dan fabrikasi logam mendorong penggunaan baja sebagai salah satu material utama pada struktur yang membutuhkan kekuatan mekanis dan kemampuan fabrikasi yang baik. Pada industri maritim, baja banyak digunakan sebagai material konstruksi karena dapat disambungkan melalui berbagai metode pengelasan. Pengelasan menjadi salah satu proses penting dalam fabrikasi karena memungkinkan penyambungan komponen secara permanen dan membentuk struktur sesuai kebutuhan konstruksi.[1]

Baja ASTM A36 merupakan baja karbon struktural yang banyak digunakan pada konstruksi karena memiliki kombinasi kekuatan, keuletan, dan kemampuan las yang sesuai untuk berbagai aplikasi struktur. Pada penelitian pengelasan ASTM A36, material ini juga banyak digunakan sebagai material konstruksi kapal dan struktur fabrikasi. Manurung dkk. menggunakan ASTM A36 sebagai material penelitian pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) dan mengevaluasi pengaruh polaritas serta arus terhadap kekuatan tarik sambungan.[2]

Pada proses penyambungan pelat, area hasil las menerima masukan panas lokal secara terus-menerus yang dapat memicu terjadinya tegangan sisa serta perubahan struktur mikro pada logam, sehingga kondisi tersebut rentan berpotensi menimbulkan cacat las tersembunyi yang dapat menurunkan kekuatan mekanis material. Oleh karena itu, pengujian tekuk (*bending test*) berupa *face bend* dan *root bend* sangat perlu dilakukan untuk mengevaluasi tingkat elastisitas serta mendeteksi cacat pada area sambungan las.

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kualitas dan sifat mekanis sambungan las *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) dan *Flux Cored Arc Welding* (FCAW) pada pelat baja ASTM A36 ketebalan 10 mm melalui pengujian tekuk (*bending test*) dan pengujian tarik (*tensile test*). Batasan masalah eksperimen hanya pada perbandingan kedua metode dengan parameter yang mengacu pada *Welding Procedure Specification* (WPS) standar posisi pengelasan industri maritim (3G vertikal). Aspek biaya, efisiensi waktu, dan pengaruh kondisi lingkungan tidak akan dibahas dalam penelitian ini. Selain itu, proses pengerjaan spesimen pelat 10 mm dibatasi tanpa melakukan pemanasan awal (*preheat*) maupun perlakuan panas x' pasca-pengelasan (*Post Weld Heat Treatment* (PWHT)). Pengujian ini difokuskan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi nilai kekuatan tarik, lokasi patahan, serta indikasi atau diskontinuitas yang muncul pada spesimen hasil pengujian tekuk. Evaluasi hasil pengelasan dan pengujian dilakukan dengan mengacu pada AWS D1.1/D1.1M sebagai standar pengelasan baja struktural, sedangkan klasifikasi bahan pengisi mengacu pada AWS A5.1/A5.1M

Parameter pengelasan seperti arus, tegangan, polaritas, dan kecepatan pengelasan berpengaruh terhadap karakteristik busur, masukan panas, pembentukan logam las, serta sifat mekanis sambungan. Manurung dkk. menunjukkan bahwa variasi arus dan polaritas pada pengelasan SMAW ASTM A36 menghasilkan perbedaan kekuatan tarik, dengan kondisi DCEP pada penelitian tersebut menghasilkan nilai kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan beberapa kondisi DCEN.[3]

Penelitian Al Faridzi dan Ponidi pada baja ASTM A36 menunjukkan bahwa jenis elektroda dapat memengaruhi karakteristik mekanis hasil pengelasan SMAW. Pada penelitian tersebut, elektroda E7016 menghasilkan nilai rata-rata tegangan tarik dan tegangan tekuk yang lebih tinggi dibandingkan E6013 pada kondisi pengujian yang dilakukan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa jenis elektroda merupakan salah satu variabel yang perlu diperhatikan dalam evaluasi kualitas sambungan las SMAW.[4]

Pada proses FCAW, variasi parameter pengelasan juga dapat memengaruhi sifat mekanis sambungan. Panjalu dan Windyandari melakukan penelitian FCAW pada sambungan yang melibatkan baja ASTM A36 dengan kampuh *single V* dan variasi arus pengelasan. Penelitian tersebut menggunakan kawat E71T-1 dan melakukan evaluasi melalui pengujian tarik, tekuk, dan mikrostruktur, sehingga menunjukkan relevansi pengendalian parameter FCAW terhadap karakteristik sambungan.[5]

2. Metodologi Penelitian

Pemecahan masalah yang digunakan adalah penelitian eksperimental kuantitatif dengan pendekatan uji merusak (*destructive test*). Prosedur penelitian dimulai dengan persiapan material melalui pemotongan menggunakan *oxy-fuel gas cutting*, dilanjutkan dengan proses pengelasan sesuai spesifikasi prosedur las (*Welding Procedure Specification* (WPS)). Spesimen kemudian dibentuk sesuai standar pengujian untuk dilakukan uji *face bend* dan *root bend* menggunakan mesin *Universal Testing Machine* (UTM).

Pengujian tekuk bertujuan untuk mengevaluasi kekuatan lentur material logam dan menilai kualitas hasil las melalui pengamatan visual setelah spesimen menerima pembebanan.[6] Kelebihan dari metode ini adalah memberikan hasil yang sangat valid dalam mendeteksi cacat penetrasi atau *fusion* serta biaya operasional yang lebih ekonomis dibanding pengujian radiografi. Sedangkan kekurangan metode ini adalah bersifat *destructive*, sehingga material yang telah diuji akan mengalami deformasi permanen dan tidak dapat digunakan kembali pada konstruksi nyata.

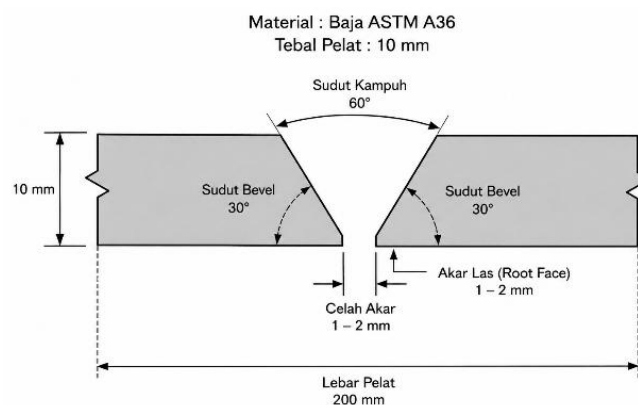
Pengujian tarik transversal sambungan las (SMAW dan FCAW). Pengujian tarik dapat menunjukkan beberapa jenis perpatahan, yaitu ulet dan getas. Pengujian tarik ini dilakukan untuk mengetahui perubahan sifat mekanik material akibat pembebanan tarik, seperti tegangan dan regangan.[2] Adapun kelebihan dari metode ini adalah memberikan data kuantitatif yang akurat dan terstandarisasi mengenai sifat mekanik material, seperti kekuatan tarik dan persentase perpanjangan. Sementara itu, kekurangan metode ini adalah bersifat *destructive*, sehingga spesimen uji akan mengalami deformasi permanen hingga putus dan tidak dapat digunakan kembali pada konstruksi nyata. Prosedur pembuatan dan pengujian spesimen sambungan las mengacu pada AWS D1.1/D1.1M, Structural Welding Code-Steel, dengan penyesuaian terhadap fasilitas dan prosedur pengujian yang tersedia di laboratorium. Pengujian tarik dilakukan menggunakan UTM untuk memperoleh nilai *yield strength*, *Ultimate Tensile Strength* (UTS), *elongation*, dan lokasi patahan. Dimensi spesimen disesuaikan dengan standar pengujian yang digunakan oleh laboratorium dan kebutuhan penelitian.

Penelitian ini dilaksanakan mulai 9 Juni 2026 sampai dengan 27 Juli 2026 dengan pembagian pelaksanaan menjadi tiga tahap. Tahap pertama adalah proses pengelasan yang dilakukan di Laboratorium Pengelasan W2 Politeknik Negeri Batam. Tahap kedua adalah proses pemotongan spesimen uji yang dilaksanakan di Laboratorium Manufaktur W5 Politeknik Negeri Batam dengan memanfaatkan fasilitas mesin gergaji (*band saw*) yang tersedia. Tahap ketiga adalah proses pengujian mekanik berupa uji tekuk di Laboratorium W1 Politeknik Negeri Batam dan uji tarik yang dilaksanakan di Laboratorium PT BKI Batam Branch Office menggunakan UTM dengan kapasitas 600 kN.

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah pelat baja ASTM A36 dengan ketebalan 10 mm. ASTM A36/A36M merupakan spesifikasi untuk baja karbon struktural yang digunakan dalam bentuk pelat, batang, dan profil. Material ASTM A36 memiliki kekuatan luluh minimum 250 MPa dan kekuatan tarik minimum 400 MPa, sehingga nilai tersebut digunakan sebagai karakteristik acuan dalam mengevaluasi hasil pengujian tarik pada penelitian ini. Secara umum, komposisi kimia ASTM A36 meliputi karbon (C), mangan (Mn), fosfor (P), sulfur (S), silikon (Si), dan tembaga (Cu), dengan besi (Fe) sebagai unsur utama. Kandungan unsur-unsur tersebut berpengaruh terhadap karakteristik mekanis dan kemampuan las material. Untuk baja ASTM A36, kandungan karbon dan unsur paduan relatif rendah sehingga material memiliki kemampuan las yang baik dan sesuai digunakan sebagai material dasar dalam penelitian pengelasan.

Komposisi kimia baja ASTM A36 yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian meliputi karbon (C) maksimum 0,26%, mangan (Mn) sebesar 0,80–1,20% sesuai ketentuan produk, fosfor (P) maksimum 0,040%, sulfur (S) maksimum 0,050%, silikon (Si) maksimum 0,40%, dan tembaga (Cu) minimum 0,20% [7] apabila persyaratan *copper-bearing steel* diterapkan. Nilai komposisi aktual material penelitian mengikuti *mill certificate* atau *material certificate* dari pelat yang digunakan. Berdasarkan persyaratan sifat mekanis ASTM A36, material memiliki *yield strength* minimum sebesar 250 MPa dan *tensile strength* sebesar 400–550 MPa. Dalam penelitian ini, pelat ASTM A36 dengan ketebalan 10 mm digunakan sebagai logam induk (*base metal*) untuk membandingkan karakteristik sambungan las SMAW dan FCAW.

Variabel kontrol dalam penelitian ini meliputi material pelat baja ASTM A36 dengan ketebalan 10 mm, bentuk kampuh *single V-groove* dengan sudut kampuh 60°, *root opening* sebesar 1–2 mm, *root face* sebesar 1–2 mm, serta posisi pengelasan vertikal 3G. Penggunaan material, geometri kampuh, dan posisi pengelasan yang sama pada kedua metode bertujuan untuk menjaga kondisi eksperimen tetap konsisten sehingga perbedaan hasil pengujian dapat dikaitkan dengan perbedaan proses pengelasan SMAW dan FCAW.



Gambar 1: Single V Grove

Kedua, variabel bebas yang sengaja diubah untuk membandingkan perbedaan metode pengelasan, yaitu proses SMAW dan FCAW. Ketiga, variabel terikat dalam penelitian ini adalah kekuatan tekuk serta kemunculan cacat fisik seperti retak, keropos, cacat penetrasi atau patah pada uji *face bend* dan *root bend*. Selain itu, pada uji tarik diukur kekuatan tarik maksimum, regangan, serta lokasi patahan pada spesimen uji.

Tabel 1
Parameter Pengelasan SMAW

Weld Layer(s)	Process	Filler Metal – Class	Dia (mm)	Polarity	Ampere Range (A)	Volt Range (V)	Travel Speed Range (mm/min)	Maximum Heat Input	Other Shield
ROOT PASS	SMAW	E 7016	2.6	DCEP	70–90	26–28	65–80	2.32	N/A
HOT PASS	SMAW	E 7016	3.2	DCEP	80–100	27–32	70–90	2.74	N/A
FILLER PASS	SMAW	E 7016	3.2	DCEP	90–110	28–34	80–100	2.38	N/A
COVER PASS	SMAW	E 7016	3.2	DCEP	100–120	28–36	100–125	2.59	N/A

Tabel 2
Parameter Pengelasan FCAW

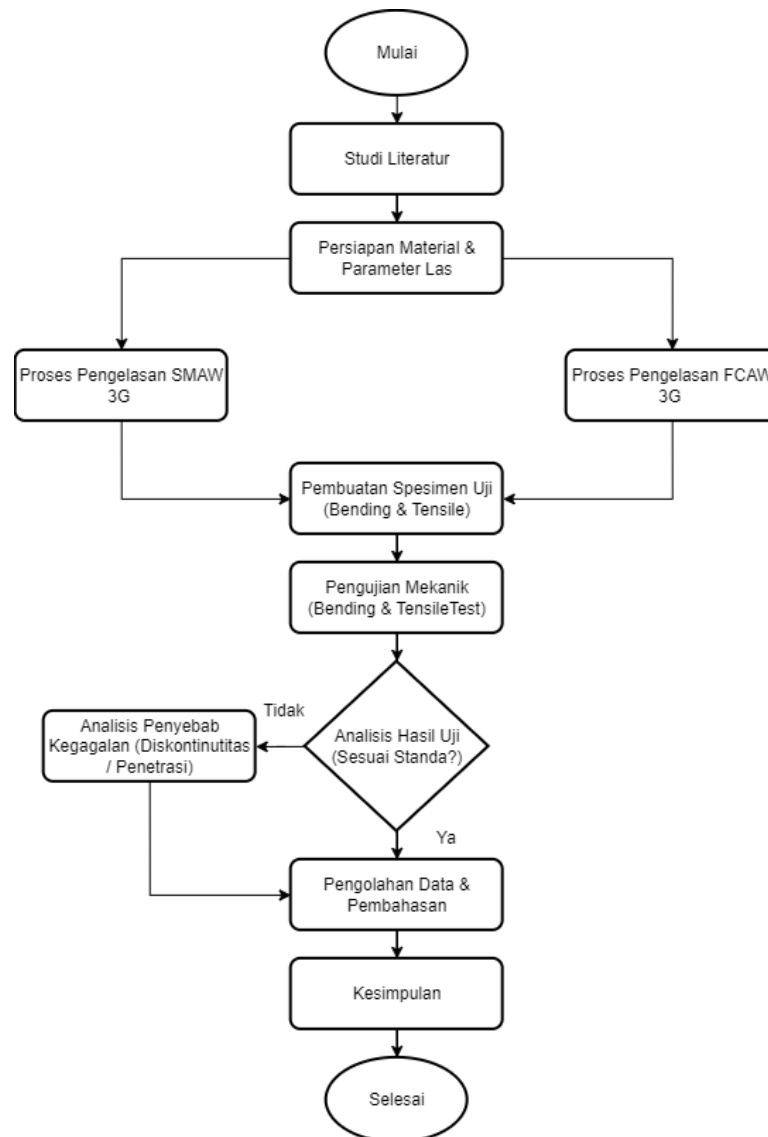
Layer	Wire	Polaritas	Arus	Tegangan	Travel speed	Gas
Root	E71T-1C Ø1,2 mm	DCEP	150–180 A	23–24 V	100–140 mm/min	CO ₂ 100%
Hot pass	E71T-1C Ø1,2 mm	DCEP	170–210 A	24–26 V	110–150 mm/min	CO ₂ 100%
Fill	E71T-1C Ø1,2 mm	DCEP	180–230 A	24–27 V	120–170 mm/min	CO ₂ 100%
Cap	E71T-1C Ø1,2 mm	DCEP	170–220 A	24–26 V	120–160 mm/min	CO ₂ 100%

Proses FCAW menggunakan kawat las E71T-1C dengan gas pelindung CO₂ berkonsentrasi 100% atau *full* CO₂. Laju aliran gas pelindung ditetapkan sebesar 15–20 L/min dan dikendalikan selama proses pengelasan untuk menjaga kestabilan perlindungan atmosfer pada daerah busur dan kolam las. Parameter arus, tegangan, *travel speed*, dan laju aliran gas disesuaikan dengan kondisi pengelasan yang diterapkan pada industri. Kawat las yang digunakan mengacu pada AWS A5.20/A5.20M sebagai standar klasifikasi elektroda baja karbon untuk proses FCAW.

Penelitian ini menggunakan beberapa alat dan bahan yang mendukung proses persiapan material, pengelasan, pembuatan spesimen, dan pengujian mekanik. Peralatan yang digunakan meliputi mesin las *multiprocess* untuk proses SMAW dan FCAW, *oxy-fuel gas cutting* untuk pemotongan awal material, mesin *band saw* untuk pembuatan spesimen, *grinder* untuk membersihkan dan merapikan permukaan hasil pengelasan, serta UTM untuk pengujian tarik dan tekuk. Perlengkapan keselamatan kerja digunakan selama proses pengelasan untuk menjaga keselamatan operator dan mencegah paparan panas, radiasi, serta percikan logam.

Bahan yang digunakan berupa pelat baja ASTM A36 dengan ketebalan 10 mm sebagai logam induk, elektroda E7016 untuk proses SMAW, serta kawat las *flux-cored* E71T-1C untuk proses FCAW. Elektroda SMAW mengacu pada AWS A5.1/A5.1M, yaitu standar spesifikasi elektroda baja karbon untuk proses SMAW. Kawat las FCAW mengacu pada AWS A5.20/A5.20M, yaitu standar spesifikasi elektroda baja karbon untuk proses FCAW. Proses FCAW menggunakan gas pelindung CO₂ dengan komposisi 100% CO₂ (*full* CO₂). Pengujian mekanik dilakukan dengan metode uji merusak menggunakan UTM di Laboratorium Metalurgi W1 Politeknik Negeri Batam dan PT BKI. Penelitian ini mencakup dua pengujian utama, yaitu uji tekuk dan uji tarik.

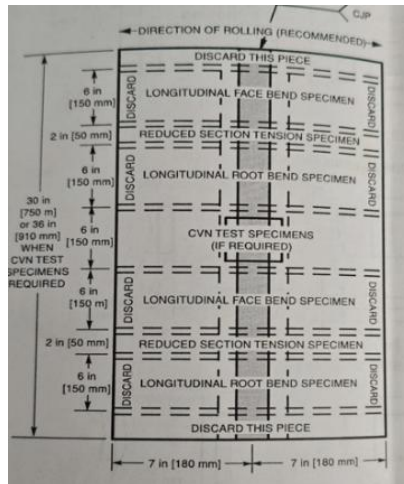
Tahapan penelitian secara keseluruhan disajikan dalam bentuk flowchart pada Gambar 2. Penelitian diawali dengan persiapan material dan persiapan kampuh, kemudian dilanjutkan dengan proses pengelasan menggunakan metode SMAW dan FCAW. Kedua hasil pengelasan selanjutnya diproses menjadi spesimen uji. Setelah spesimen selesai dibuat, dilakukan pengujian tarik dan tekuk menggunakan mesin UTM. Data hasil pengujian kemudian dikumpulkan dan dianalisis untuk membandingkan kualitas dan sifat mekanis sambungan las SMAW dan FCAW pada baja ASTM A36.



Gambar 2: Flowchart tahapan penelitian

Proses pengelasan diawali dengan persiapan material serta penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) secara lengkap, seperti helm las dan pakaian tahan api, untuk keamanan dari paparan radiasi dan percikan api selama proses pengelasan. Pengelasan pelat baja ASTM A36 dengan tebal 10 mm dilakukan secara bertahap menggunakan metode SMAW maupun FCAW, dimulai dari *root pass* hingga *caping* dengan menjaga kestabilan arus dan kecepatan jalan (*travel speed*) untuk menghasilkan masukan panas yang optimal. Proses ini bertujuan menghasilkan logam las yang merata agar meminimalkan risiko cacat penetrasi pada sambungan, serta mendukung kualitas hasil uji mekanik, khususnya uji tekuk.

Proses pemotongan spesimen mengacu pada standar AWS D1.1 serta menyesuaikan ukuran spesimen yang ditetapkan dari Laboratorium Metalurgi W1 Politeknik Negeri Batam. Ukuran spesimen untuk uji tekuk adalah panjang 150 mm dan lebar 40 mm, sedangkan ukuran spesimen untuk uji tarik adalah panjang 200 mm dan lebar 20 mm.



Gambar 3: Standar pemotongan spesimen

Pengujian tekuk dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sambungan menerima deformasi dan untuk mengidentifikasi diskontinuitas yang terbuka pada permukaan spesimen setelah pembungkukan. Spesimen dipersiapkan untuk pengujian *face bend* dan *root bend* dengan konfigurasi pengujian yang mengacu pada AWS D1.1/D1.1M:2020. Pada *face bend*, permukaan muka las ditempatkan pada sisi luar lengkungan, sedangkan pada *root bend*, sisi akar las ditempatkan pada sisi luar lengkungan. Setelah pembungkukan, permukaan cembung spesimen diamati untuk mengidentifikasi adanya diskontinuitas permukaan. Evaluasi hasil dilakukan berdasarkan kriteria penerimaan *guided bend test* yang ditetapkan dalam AWS D1.1/D1.1M:2020.

Selanjutnya, pengujian tarik dilakukan untuk mengevaluasi kekuatan mekanis sambungan las SMAW dan FCAW. Spesimen dipersiapkan secara transversal terhadap arah sambungan las dan diuji menggunakan mesin UTM. Parameter yang diperoleh meliputi *yield strength*, UTS, *elongation*, dan lokasi patahan. Hasil pengujian selanjutnya dibandingkan dengan nilai kekuatan tarik minimum material ASTM A36 serta dievaluasi berdasarkan ketentuan pengujian yang digunakan dalam AWS D1.1/D1.1M:2020.

3 Hasil dan Pembahasan

Pengujian tekuk dilakukan untuk mengevaluasi sambungan las SMAW dan FCAW serta mendeteksi adanya cacat terbuka pada sambungan las. Pengujian dilakukan menggunakan UTM dengan metode *face bend* dan *root bend*. Gambar 4 menunjukkan proses pengujian menggunakan UTM dan kondisi spesimen setelah dilakukan pengujian.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Gambar 4: (a) Proses pengujian (b) SMAW face bend (c) SMAW root bend (d) FCAW face bend (e) FCAW root bend

Hasil observasi visual terhadap seluruh spesimen setelah pengujian ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3

Hasil Visual Bending

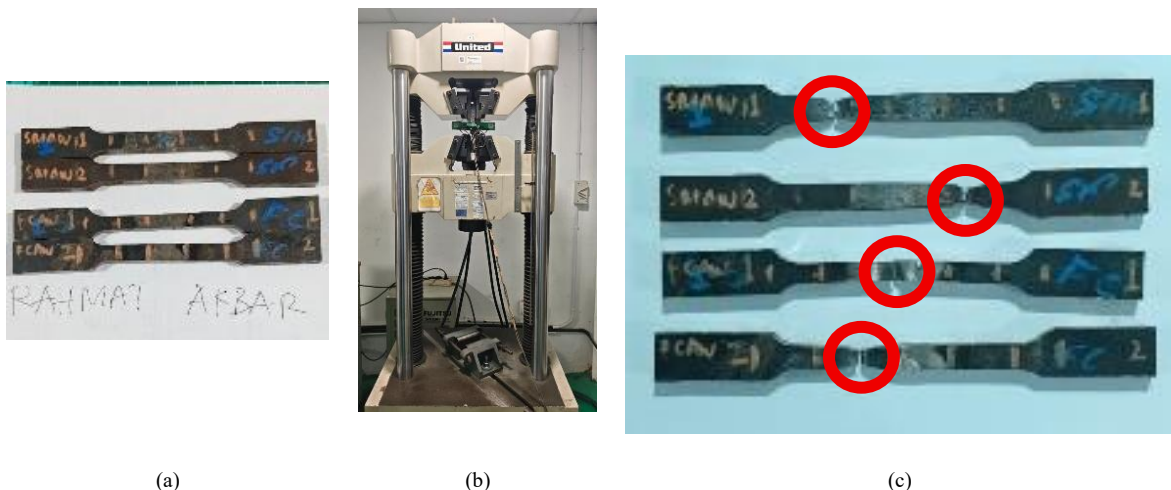
No.	Metode	Panjang Spesimen	Lebar Spesimen	Jenis Uji	Keterangan
1	SMAW	150 mm	38 mm	Face Bend 1	No Indication
2	SMAW	150 mm	38 mm	Face Bend 2	No Indication
3	SMAW	150 mm	38 mm	Root Bend 1	Indication
4	SMAW	150 mm	38 mm	Root Bend 2	No Indication
5	FCAW	150 mm	38 mm	Face Bend 1	No Indication
6	FCAW	150 mm	38 mm	Face Bend 2	No Indication
7	FCAW	150 mm	38 mm	Root Bend 1	Indication
8	FCAW	150 mm	38 mm	Root Bend 2	Indication

Berdasarkan hasil pengujian tekuk pada Tabel 3, seluruh spesimen *face bend* pada metode SMAW dan FCAW menunjukkan hasil “No indication”. Hasil tersebut menunjukkan bahwa tidak ditemukan indikasi terbuka pada permukaan cembung spesimen setelah menerima pembebanan tekuk. Kondisi ini menunjukkan bahwa permukaan las pada kedua metode mampu mengalami deformasi selama proses pembengkokan tanpa menunjukkan terbentuknya retak terbuka pada daerah yang diamati.

Pada pengujian *root bend*, spesimen SMAW *root bend 1* menunjukkan hasil “Indication” berupa patah pada daerah akar las, sedangkan SMAW *root bend 2* menunjukkan hasil “No indication”. Pada metode FCAW, spesimen *root bend 1* menunjukkan hasil “Indication” berupa patah pada daerah akar las, sedangkan FCAW *root bend 2* menunjukkan hasil “Indication” berupa retak pada permukaan *root*. Munculnya indikasi pada daerah akar menunjukkan bahwa bagian tersebut mengalami konsentrasi tegangan dan deformasi yang lebih besar selama proses pembebanan tekuk.

Perbedaan hasil antara *face bend* dan *root bend* menunjukkan bahwa kondisi daerah akar las berpengaruh terhadap respons sambungan ketika menerima deformasi. Indikasi berupa patah dan retak pada *root bend* dapat berkaitan dengan kondisi penetrasi dan penyatuan logam pada daerah akar sambungan. Oleh karena itu, pengendalian parameter pengelasan pada *root pass* menjadi salah satu faktor penting untuk menghasilkan penetrasi dan penyatuan logam yang baik pada sambungan las.

Pengujian tarik dilakukan untuk mengevaluasi UTS, *yield strength*, serta keuletan sambungan las SMAW dan FCAW. Pengujian dilakukan menggunakan UTM dengan spesimen berbentuk kupon pipih sesuai standar AWS D1.1. Gambar 5 menunjukkan dimensi spesimen sebelum pengujian, proses penarikan secara aksial hingga terjadi patah (*rupture*) pada mesin UTM, serta kondisi spesimen setelah dilakukan pengujian untuk menganalisis letak patahan dan nilai kekuatan sambungan las.



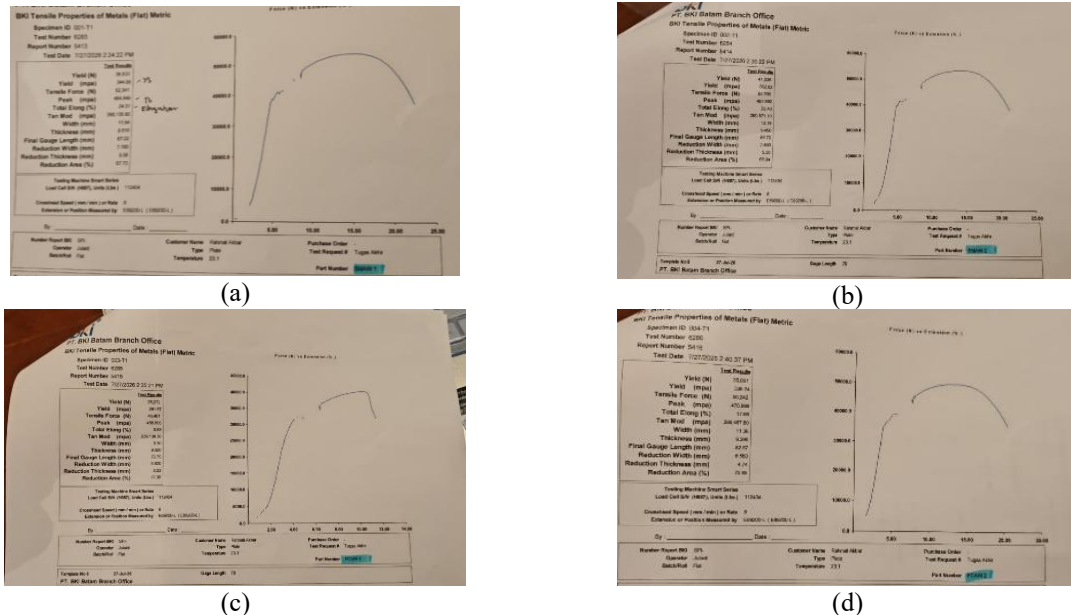
Gambar 5: (a) Sebelum pengujian (b) Proses pengujian (c) Setelah pengujian

Gambar 5(a) menunjukkan spesimen uji tarik sebelum pengujian berupa kupon pipih dari masing-masing variasi sambungan las SMAW (SMAW 1, SMAW 2) dan FCAW (FCAW 1, FCAW 2) yang telah dipersiapkan serta diberi tanda batas ukur (*gauge length*) sesuai standar pengujian material. Pada gambar 5(b), proses pengujian tarik menggunakan mesin UTM 600 kN di laboratorium dilakukan secara aksial, di mana spesimen dijepit secara vertikal dan diberikan beban tarik hingga mengalami deformasi dan akhirnya patah. Pada gambar 5(c), ditunjukkan kondisi fisik spesimen uji tarik setelah mengalami patah. Berdasarkan hasil pengamatan visual, tampak bahwa sebagian besar spesimen mengalami patah di daerah logam induk, sedangkan satu spesimen mengalami patah pada logam las. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pada sebagian besar spesimen, kekuatan sambungan las lebih tinggi dibandingkan logam induknya.

bki [®] LEMBAR KERJA PENGUJIAN TARIK*			
PEMAKAI JASA: Rahmat Akbar			
No. PROYEK : SPI-		TANGGAL UJI : 27 Juli 2026	
MESIN UJI : UTM 600 KN		SUHU RUANG : 23,1°C	
SUBJECT : MATERIAL WELDER PLATE			
ID: 001-T1 SMAW 1	ID: 002-T1 SMAW 2	ID: 003-T1 FCAW 1	
Dimensi : 11,84 x 9,57 (mm)	Dimensi : 12,15 x 9,45 (mm)	Dimensi : 9,30 x 9,32 (mm)	
Beban luluh : (N/Kgf)	Beban luluh : (N/Kgf)	Beban luluh : (N/Kgf)	
Beban Tarik : (N/Kgf)	Beban Tarik : (N/Kgf)	Beban Tarik : (N/Kgf)	
Lo : 70 (mm)	Lo : 70 (mm)	Lo : 70 (mm)	
Lu : (mm)	Lu : (mm)	Lu : (mm)	
Final Ø : (mm)	Final Ø : (mm)	Final Ø : (mm)	
Lokasi Putus: BASE METAL	Lokasi Putus: BASE METAL	Lokasi Putus: WELD METAL	
ID: 004-T1 FCAW 2	ID: 005-T1	ID :	
Dimensi : 11,36 x 9,39 (mm)	Dimensi : (mm)	Dimensi : (mm)	
Beban luluh : (N/Kgf)	Beban luluh : (N/Kgf)	Beban luluh : (N/Kgf)	
Beban Tarik : (N/Kgf)	Beban Tarik : (N/Kgf)	Beban Tarik : (N/Kgf)	
Lo : 70 (mm)	Lo : (mm)	Lo : (mm)	
Lu : (mm)	Lu : (mm)	Lu : (mm)	
Final Ø : (mm)	Final Ø : (mm)	Final Ø : (mm)	
Lokasi Putus: BASE METAL	Lokasi Putus:	Lokasi Putus:	
Disaksikan oleh	Diperiksa Oleh	Diuji oleh	
	Nurkhofifah M.	Julaidi Siregar	
LOG BOOK PEMAKAIAN PERALATAN			
☒ Selama pengujian mesin dalam kondisi baik ☐ Selama pengujian mesin ada masalah			
Catatan Pemakaian Mesin Uji (apabila ada permasalahan mesin selama pengujian):			
-			

* Form Rekaman Data Primer-2025/Rev.1

Gambar 6: Data laporan uji tarik PT BKI



Gambar 7: (a) Kurva SMAW 1 (b) Kurva SMAW 2 (c) Kurva FCAW 1 (d) Kurva FCAW 2

Hasil pengujian tarik diperoleh melalui pengujian spesimen sambungan las SMAW dan FCAW menggunakan UTM dengan kapasitas 600 kN. Pengujian dilakukan di PT BKI Batam Branch Office pada tanggal 27 Juli 2026 dengan suhu ruang sebesar 23,1 °C. Data pengujian meliputi dimensi awal spesimen, beban luluh, *yield strength*, beban tarik maksimum, UTS, *elongation*, dan lokasi patahan. Hasil pengujian tarik ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4

Hasil Hasil Pengujian Tarik Sambungan Las SMAW dan FCAW

No. Spesimen	Metode Las	Dimensi Awal (Width × Thick) (mm)	Beban Luluh (F_y) (N)	Kekuatan Luluh (σ_y) (MPa)	Beban Tarik Maksimum (F_u) (N)	Kekuatan Tarik Maksimum (σ_u) (MPa)	Total Elongasi (%)	Lokasi Patahan
001-T1	SMAW 1	11.84 × 9.57	36,833	344.88	52,341	464.84	24.31	Base Metal
002-T1	SMAW 2	12.15 × 9.45	41,636	362.62	53,699	467.69	22.43	Base Metal
003-T1	FCAW 1	9.30 × 9.32	25,272	291.57	40,461	466.80	3.93	Weld Metal
004-T1	FCAW 2	11.36 × 9.39	35,867	336.24	50,242	470.99	17.96	Base Metal

Berdasarkan hasil pengujian tarik pada Tabel 4, spesimen SMAW 1 menghasilkan UTS sebesar 464,84 MPa, sedangkan SMAW 2 menghasilkan UTS sebesar 467,69 MPa. Pada metode FCAW, spesimen FCAW 1 menghasilkan UTS sebesar 466,80 MPa dan FCAW 2 sebesar 470,99 MPa. Nilai rata-rata UTS SMAW adalah 466,27 MPa, sedangkan FCAW sebesar 468,90 MPa. Dengan demikian, rata-rata UTS FCAW lebih tinggi sebesar 2,63 MPa atau sekitar 0,56% dibandingkan SMAW. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa kedua metode menghasilkan kekuatan tarik maksimum yang relatif berdekatan.

Berdasarkan nilai *yield strength*, spesimen SMAW 1 dan SMAW 2 menghasilkan nilai masing-masing sebesar 344,88 MPa dan 362,62 MPa, dengan rata-rata sebesar 353,75 MPa. Sementara itu, spesimen FCAW 1 dan FCAW 2 menghasilkan *yield strength* masing-masing sebesar 291,57 MPa dan 336,24 MPa, dengan rata-rata sebesar 313,91 MPa. Hasil tersebut menunjukkan bahwa rata-rata *yield strength* sambungan SMAW lebih tinggi dibandingkan FCAW, sehingga kedua sambungan menunjukkan respons yang berbeda terhadap awal deformasi plastik.

Pada parameter *elongation*, SMAW 1 dan SMAW 2 menghasilkan nilai masing-masing sebesar 24,31% dan 22,43%. Sementara itu, FCAW 1 menghasilkan *elongation* sebesar 3,93% dan FCAW 2 sebesar 17,96%. Nilai *elongation* FCAW 1 yang lebih rendah menunjukkan bahwa spesimen tersebut mengalami deformasi plastis yang lebih terbatas sebelum terjadi patahan. Kondisi tersebut perlu dikaitkan dengan lokasi patahan FCAW 1 yang terjadi pada daerah logam las.

Berdasarkan lokasi patahan, SMAW 1, SMAW 2, dan FCAW 2 mengalami patahan pada daerah logam induk, sedangkan FCAW 1 mengalami patahan pada daerah logam las. Oleh karena itu, analisis hasil tarik tidak hanya didasarkan pada UTS, tetapi juga *yield strength*, *elongation*, dan lokasi patahan. Secara keseluruhan, FCAW menghasilkan rata-rata UTS sedikit lebih tinggi, sedangkan SMAW memiliki rata-rata *yield strength* dan *elongation* yang lebih tinggi.

Secara keseluruhan, FCAW menghasilkan rata-rata UTS sedikit lebih tinggi dibandingkan SMAW, sedangkan SMAW memiliki rata-rata *yield strength* dan *elongation* yang lebih tinggi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa karakteristik mekanis sambungan tidak hanya ditentukan oleh UTS, tetapi juga oleh kemampuan deformasi plastik dan respons sambungan terhadap pembebanan tarik.

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, pengujian tekuk menunjukkan bahwa seluruh spesimen *face bend* pada metode SMAW dan FCAW tidak mengalami indikasi cacat (No Indication), sedangkan pada pengujian *root bend* ditemukan beberapa indikasi berupa retak dan patah pada daerah akar las. Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa FCAW memiliki nilai UTS rata-rata sedikit lebih tinggi, yaitu 468,90 MPa dibandingkan SMAW sebesar 466,27 MPa. Namun, SMAW memiliki nilai *yield strength* dan *elongation* yang lebih tinggi dibandingkan FCAW. Selain itu, sebagian besar spesimen mengalami patahan pada daerah logam induk, kecuali satu spesimen FCAW yang patah pada daerah logam las. Secara keseluruhan, kedua metode pengelasan menghasilkan kualitas sambungan yang baik, namun SMAW menunjukkan kemampuan deformasi plastis yang lebih tinggi, sedangkan FCAW menghasilkan kekuatan tarik maksimum yang sedikit lebih besar.

Daftar Pustaka

- [1] Sugeng Haryadi and Sunu Arsy Pratomo, “Studi Kelayakan Proses Pengelasan Smaw Dan Fcaw Di Pt. Dok Jmi Semarang Dari Aspek Teknis Dan Ekonomis,” *Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 2, no. 2, pp. 17–35, Nov. 2023, doi: 10.58169/saintek.v2i2.219.
- [2] J. Hasil *et al.*, “Jurnal Teknik Perkapalan Analisa Kekuatan Tarik dan Impak Hasil Las SMAW (Shielded Metal Arc Welding) Pada Baja ASTM A36 Dengan Variasi Polaritas dan Besar Arus Pengelasan,” *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 9, no. 4, p. 360, 2021, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>
- [3] J. Hasil *et al.*, “JURNAL TEKNIK PERKAPALAN Analisa Kekuatan Tarik dan Impak Hasil Las SMAW (Shielded Metal Arc Welding) Pada Baja ASTM A36 Dengan Variasi Polaritas dan Besar Arus Pengelasan,” *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 9, no. 4, p. 360, 2021, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>
- [4] A. Faza Al Faridzi, “Ketahanan Baja ASTM A36 terhadap Pengujian Tarik dan Bending dengan Proses Pengelasan SMAW dan Metalografi,” *Jurnal ReSEM Rekayasa Sistem Engineering dan Manufaktur*, vol. 2, no. No. 2, pp. 109–118, Mar. 2024.
- [5] A. A. Taruma Panjalu and A. Windyandari, “Studi Perbandingan Arus Pengelasan FCAW pada Sambungan Stainless Steel 304 dengan Baja ASTM A36 Menggunakan Uji Tekuk, Uji Tarik, dan Uji Mikrostruktur,” *Journal of Applied Mechanical Technology*, vol. 4, no. 2, pp. 110–115, Dec. 2025, doi: 10.31884/journalofappliedmechanicaltechnology.v4i2.310.
- [6] A. Beni Santoso, M. Thohirin, and A. Pambudi, “Analisis Kekuatan Bending Sambungan Las SMAW Material Baja Karbon Rendah dengan Perlakuan Pendinginan, Kawat Las dan Variasi Kuat Arus,” 2023.
- [7] “Standard Specification for Carbon Structural Steel 1.” [Online]. Available: www.astm.org