



ANALISIS PENGARUH VARIASI SUDUT ELEKTRODA E7018 TERHADAP KEKUATAN TARIK SAMBUNGAN LAS SMAW PADA BAJA JIS G3101 SS400 UNTUK KOMPONEN RANGKA ATAP KOPERASI MERAH PUTIH

Muhammad Hanif Abu Zakki¹, Budi Santoso^{2*}

^{1,2} Prodi D3 Teknik Mesin, Politeknik Purbaya, Jl. Pancakarya No.1 Kajen, Talang, Kabupaten Tegal

ARTICLE INFO

Keywords:

Tensile Strength, Electrode Angle, SMAW

ABSTRACT

This study aims to analyze the effect of E7018 electrode angle variations at 60°, 75°, and 90° on the tensile strength of SMAW welded joints on JIS G3101 SS400 steel applied as roof frame components of the Koperasi Merah Putih. SS400 steel is one of the most widely used structural materials in building construction due to its adequate mechanical properties and ease of welding. The SMAW process was selected for its flexibility and efficiency in field applications. Welding was performed using an E7018 electrode with a diameter of 3.2 mm at a constant current of 100 A, V-groove 45° joint preparation, 1G flat position, and a material thickness of 6 mm. The research method employed is a quantitative experimental approach with tensile testing conducted in accordance with the ASTM E8 standard. Each electrode angle variation used three specimens, resulting in a total of nine test specimens that were consistently prepared and tested. The test results indicate that the 75° electrode angle produced the highest tensile strength of 429.33 MPa, followed by the 90° angle at 388.00 MPa, and the lowest value recorded at the 60° angle with 370.33 MPa. These differences in tensile strength values are attributed to the influence of electrode angle on the quality of weld penetration and fusion formed during the welding process. The 75° electrode angle proved to produce the most optimal penetration and fusion, and is therefore recommended as the best welding parameter for SS400 steel roof frame components using the SMAW process.

*Corresponding author: budis0955@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.24127/armatur.v7i2.12161>

Received 23 June 2026; Received in revised form 27 June 2026; Accepted 10 July 2026

Available online 1 September 2026

Pendahuluan

Perkembangan industri konstruksi mendorong meningkatnya penggunaan struktur baja karena memiliki kekuatan tinggi, mudah difabrikasi, dan efisien dalam proses bangunan. Salah satu metode penyambungan yang paling banyak digunakan pada struktur baja adalah *Shielded Metal Arc Welding (SMAW)* karena memiliki biaya relatif rendah, mudah diaplikasikan di lapangan, serta mampu menghasilkan sambungan dengan sifat mekanik yang baik. Oleh karena itu, kualitas sambungan las menjadi faktor penting yang menentukan keamanan dan keandalan suatu konstruksi. Proses ini memanfaatkan busur listrik yang terbentuk antara ujung elektroda terlapis dan benda kerja untuk mencairkan logam dasar dan logam pengisi secara simultan, fluks yang menyelimuti elektroda menghasilkan gas pelindung dan lapisan terak yang mencegah kontaminasi nitrogen dan oksigen dari udara terhadap logam las yang masih dalam kondisi cair, sehingga menghasilkan sambungan yang bersih dengan sifat mekanik yang baik [1,2].

Baja JIS G3101 SS400 merupakan material baja karbon rendah yang banyak digunakan pada konstruksi karena memiliki kemampuan las (*weldability*) yang baik dan kekuatan tarik 400-510 MPa. Pada proses SMAW, elektroda E7018 sering digunakan karena termasuk elektroda *low hydrogen* yang mampu menghasilkan logam las dengan sifat mekanik tinggi serta mengurangi resiko retak hydrogen. Namun, kualitas sambungan las tidak hanya dipengaruhi oleh jenis material dan elektroda saja, tetapi juga oleh parameter pengelasan yang digunakan [3].

Salah satu parameter yang berpengaruh adalah sudut elektroda terhadap benda kerja. Sudut elektroda mempengaruhi arah busur listrik, distribusi panas, proses peleburan logam, serta pembentukan manik las. Pengaturan sudut elektroda yang kurang tepat dapat menyebabkan kualitas sambungan menurun dan berpotensi menimbulkan cacat

pengelasan, sehingga diperlukan pengaturan sudut yang sesuai selama proses pengelasan berlangsung [4].

Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji pengaruh parameter pengelasan terhadap sifat mekanik sambungan las. (Syahri et al., 2023) menunjukkan bahwa variasi *heat input* mempengaruhi kekuatan tarik dan ketangguhan baja SS400, sedangkan (Herisiswanto et al., 2022) menemukan bahwa variasi arus pengelasan dan jenis elektroda berpengaruh terhadap cacat las dan kekuatan tarik. Penelitian (Matin et al., 2024) juga membuktikan bahwa perubahan parameter pengelasan mempengaruhi sifat mekanik sambungan, sementara (Kurniawan et al., 2025) menunjukkan bahwa posisi pengelasan mempengaruhi kekuatan sambungan pada baja SS400. Perbandingan penelitian terdahulu yang memuat peneliti, metode, hasil utama, keterbatasan, dan kontribusi penelitian saat ini dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Perbandingan penelitian terdahulu

No	Peneliti	Tahun	Fokus Penelitian	Hasil Utama	Keterbatasan	Kontribusi Penelitian Saat Ini
1	Syahri et al.	2023	Heat input SMAW SS400	Heat input mempengaruhi kekuatan tarik dan ketangguhan.	Sudut elektroda tidak dianalisis.	Menentukan pengaruh variasi sudut elektroda dengan parameter pengelasan lain dibuat konstan.
2	Herisiswanto et al.	2022	Arus dan jenis elektroda ASTM A36	Arus dan elektroda mempengaruhi cacat las dan kekuatan tarik.	Belum membahas pengaruh sudut elektroda.	Memfokuskan penelitian pada sudut elektroda dengan parameter utama.
3	Matin et al.	2024	Variasi Parameter SMAW	Parameter pengelasan mempengaruhi sifat mekanik sambungan.	Tidak meneliti variasi sudut elektroda secara khusus.	Memberikan data kuantitatif pengaruh sudut elektroda terhadap kekuatan tarik sambungan las SS400.
4	Kurniawan et al.	2025	Posisi pengelasan SS400	Posisi pengelasan mempengaruhi sifat mekanik.	Belum menguji sudut elektroda sebagai variabel penelitian.	Menentukan sudut elektroda optimum yang dapat dijadikan acuan penyusunan Welding Procedure Specification (WPS) pada pengelasan SMAW Baja SS400.

Meskipun demikian, penelitian mengenai pengaruh variasi sudut elektroda E7018 terhadap kekuatan tarik sambungan las SMAW pada baja JIS G3101 SS400 masih sangat terbatas. Sebagian besar penelitian sebelumnya hanya berfokus pada variasi arus, *heat input*, jenis elektroda, maupun posisi pengelasan, sehingga pengaruh sudut elektroda belum banyak dikaji secara khusus. Kondisi tersebut menunjukkan adanya kekosongan dalam penelitian terdahulu yang belum dieksplorasi (*research gap*) jadi itu yang perlu diteliti lebih lanjut [5].

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi sudut elektroda 60°, 75°, dan 90° terhadap kekuatan tarik sambungan las SMAW pada Baja JIS G3101 SS400. Ketiga sudut ini dipilih karena mewakili variasi sudut kerja yang umum digunakan dalam praktik pengelasan maupun di bidang pengelasan. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan rekomendasi sudut elektroda yang menghasilkan kekuatan tarik optimal serta menjadi referensi dalam penyusunan prosedur pengelasan *Welding Procedure Specification (WPS)* pada fabrikasi struktur baja [6,7].

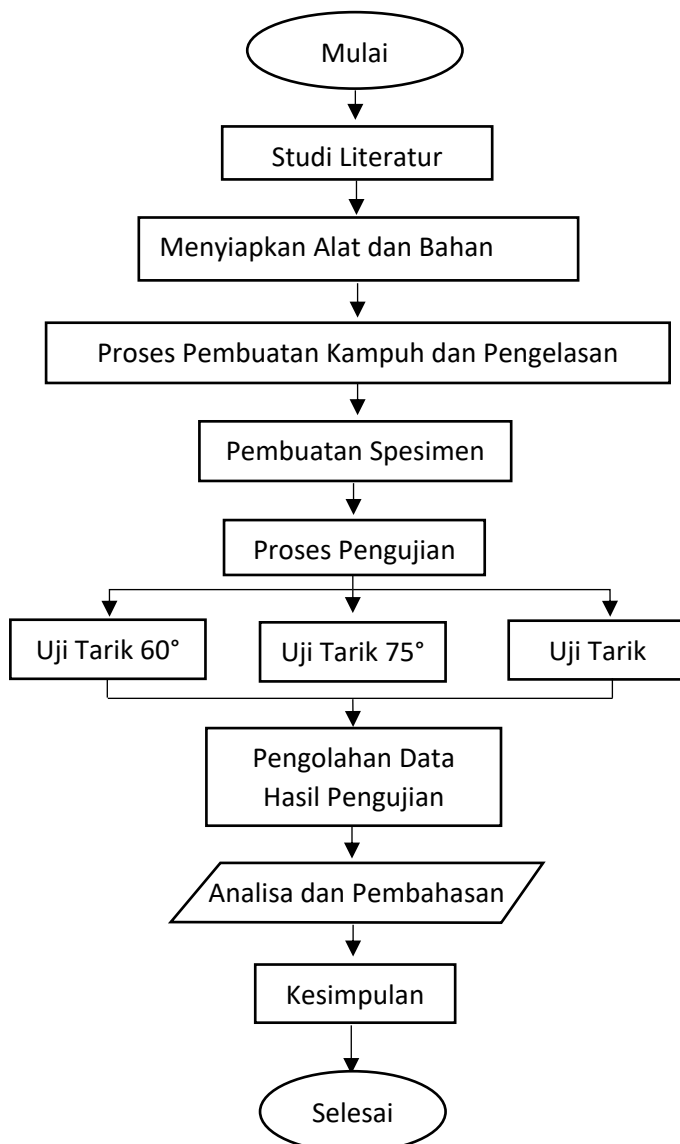
Melalui pengujian tarik berstandar ASTM E8 pada sembilan spesimen yang

terbagi dalam tiga kelompok variasi sudut, penelitian ini akan menghasilkan data numerik kekuatan tarik yang dapat dibandingkan dan dianalisis secara statistik deskriptif untuk mengungkap pola hubungan antara variasi sudut elektroda dan kekuatan mekanik sambungan las. Tujuan kedua penelitian ini adalah menentukan sudut elektroda E7018 yang memberikan nilai kekuatan tarik paling optimal dalam pengelasan SMAW baja JIS G3101 SS400 sehingga dapat direkomendasikan sebagai parameter standar dalam *Welding Procedure Specification (WPS)* untuk proses fabrikasi komponen rangka atap Koperasi Merah Putih. Tujuan ini secara langsung mendukung upaya peningkatan keselamatan dan keandalan struktur bangunan yang dikerjakan oleh Koperasi Merah Putih melalui penerapan parameter pengelasan yang telah tervalidasi secara ilmiah.

Secara teoritis, penelitian ini memberikan kontribusi pada pengembangan dan perluasan ilmu pengetahuan di bidang teknologi pengelasan, khususnya berkaitan dengan pengaruh parameter geometris sudut elektroda terhadap sifat mekanik sambungan las SMAW. Data kuantitatif yang dihasilkan dari penelitian ini dapat menjadi referensi akademis yang valid bagi

peneliti lain yang mengkaji topik serupa atau yang ingin mengembangkan model prediktif kualitas sambungan las berdasarkan parameter-parameter pengelasan pada baja struktural grade rendah. Rekomendasi sudut elektroda optimal yang dihasilkan dapat segera diimplementasikan di lapangan tanpa memerlukan investasi peralatan tambahan, cukup dengan meningkatkan kesadaran dan keterampilan teknis juru las dalam menjaga konsistensi sudut elektroda [8,9].

Metode Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian diawali dengan studi literatur, dilanjutkan dengan menyiapkan alat dan bahan material baja JIS G3101

SS400. Selanjutnya melakukan proses pembuatan kampuh dan pengelasan SMAW dengan tiga variasi sudut elektroda yaitu 60°, 75°, dan 90° menggunakan weldmax MIG160 dengan ampere konstan 100A. Hasil pengelasan kemudian dibuat bentuk spesimen uji tarik ASTM E8 dan di uji tarik menggunakan UTM Shimadzu UH 1000 kNI dengan metode uji SNI 8389 : 2017 suhu ruang 26°C. Data hasil pengujian diolah dan dianalisis dalam tahap analisa dan pembahasan, hingga menghasilkan kesimpulan sebagai output akhir penelitian.

Pendekatan dan Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental dengan rancangan penelitian satu faktor (one-factor experimental design). Variabel bebas yang dimanipulasi adalah sudut elektroda dengan tiga taraf perlakuan, yaitu 60°, 75°, dan 90°. Variabel terikat yang diukur adalah kekuatan tarik sambungan las dalam satuan Megapascal (MPa). Seluruh variabel lainnya meliputi jenis elektroda, diameter elektroda, arus pengelasan, jenis kampuh, posisi pengelasan, dan ketebalan material dikontrol konstan selama eksperimen berlangsung, sehingga perbedaan kekuatan tarik yang teramati merupakan akibat langsung dan eksklusif dari perbedaan sudut elektroda yang diterapkan.

Material Uji

Material uji yang digunakan adalah baja karbon rendah JIS G3101 SS400 dalam bentuk pelat dengan ketebalan 6 mm, yang diperoleh dari supplier baja struktural terstandarisasi dan memiliki sertifikat material (*mill certificate*) sebagai jaminan kesesuaian dengan standar JIS G3101. Spesifikasi mekanik material disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Mekanik Baja JIS G3101 SS400 (Standar JIS G3101)

No	Properti Mekanik	Nilai Standar	Keterangan
1	Kekuatan Tarik	400 – 510 MPa	Tensile Strength
2	Tegangan Luluh	≥ 245 MPa	Yield Strength
3	Elongasi	$\geq 21\%$	Min. Elongation
4	Modulus Elastisitas	200 – 210 GPa	Young's Modulus
5	Densitas	0,00785 kg/m ³	Massa Jenis

Sebelum pengelasan, pelat baja dipotong menggunakan api (gas cutting) menjadi dimensi yang sesuai. Gambar 2 menunjukkan kondisi material utuh sebelum pengelasan.



Gambar 2. Material Utuh Sebelum Pengelasan

Persiapan kampuh dilakukan dengan membentuk alur V (*V-groove*) dengan sudut 45° menggunakan mesin gerinda sudut berpemandu. Seluruh permukaan kampuh dibersihkan secara menyeluruh dari kontaminan menggunakan kombinasi sikat kawat baja dan pelarut aseton. Bentuk kampuh V 45° yang digunakan ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kampuh V 45°

Peralatan dan Elektroda Las

Pengelasan dilaksanakan menggunakan mesin las SMAW tipe

inverter yang telah dikalibrasi dengan ketelitian pembacaan arus ± 1 A. Elektroda yang digunakan adalah E7018 berdiameter 3,2 mm dengan spesifikasi low-hydrogen. Sebelum digunakan, seluruh elektroda dikeringkan dalam oven pengering (rod oven) pada suhu 150°C selama minimal 2 jam untuk menghilangkan kelembaban pada lapisan fluks. Mesin las dan setting arus 100 A yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Mesin Las SMAW Arus Konstan 100 A

Prosedur Pengelasan

Pengelasan dilaksanakan dengan parameter yang dikontrol secara ketat. Arus pengelasan dijaga konstan pada nilai 100 A dengan polaritas DCEP (Direct Current Electrode Positive), posisi pengelasan 1G (flat), dan kampuh V-groove 45°. Spesifikasi lengkap parameter pengelasan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi Parameter Pengelasan yang Digunakan dalam Penelitian

No	Parameter	Spesifikasi	Nilai
1	Material	Jenis Baja	JIS G3101 SS400
2	Tebal Material	Ketebalan Pelat	6 mm
3	Proses Las	Metode Pengelasan	SMAW
4	Elektroda	Jenis & Diameter	E7018, Ø3,2 mm
5	Kampuh	Bentuk Sambungan	V-Groove 45°
6	Posisi Pengelasan	Posisi	1G (Flat)

7	Arus Pengelasan	Amper Konstan	100 A (DCEP)
8	Variasi Sudut	Sudut Elektroda	60°, 75°, 90°
9	Jumlah Sampel	Per Variasi Sudut	3 Spesimen

Variasi sudut elektroda yang diterapkan adalah 60°, 75°, dan 90° terhadap sumbu horizontal benda kerja (*work angle*). Untuk menjamin akurasi dan konsistensi sudut, digunakan jig sudut dari pelat baja yang dikalibrasi menggunakan busur derajat digital resolusi 0,1° sebelum setiap sesi pengelasan. Dokumentasi ketiga variasi sudut elektroda ditampilkan pada Gambar 5, 6, dan 7.



Gambar 5. Sudut Elektroda 60°



Gambar 6. Sudut Elektroda 75°



Gambar 7. Sudut Elektroda 90°

Setiap variasi sudut menghasilkan tiga spesimen uji, sehingga total spesimen berjumlah sembilan buah: Spesimen 1–3 untuk sudut 60°, Spesimen 4–6 untuk sudut 75°, dan Spesimen 7–9 untuk sudut 90°.

Preparasi Spesimen Uji

Pasca pengelasan, seluruh spesimen didinginkan secara alami pada suhu ruang selama minimal 30 menit. Terak las (*slag*) dibersihkan menggunakan palu terak dan sikat kawat baja. Pemeriksaan visual (*visual inspection*) dilakukan untuk mengidentifikasi cacat las permukaan seperti porositas, retak, *undercut*, dan *overlap*.

Selanjutnya, spesimen dimesin menjadi bentuk *dog-bone* (*dumbbell*) sesuai standar ASTM E8 menggunakan mesin frais CNC. Dimensi gauge section yang digunakan adalah lebar 20 mm × tebal 6 mm (luas penampang awal $A_0 = 120 \text{ mm}^2$) dengan gauge length 50 mm. Finishing permukaan dilakukan dengan amplas dari grid 80 hingga 400.

Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilaksanakan menggunakan Universal Testing Machine (UTM) yang telah dikalibrasi dan memiliki kapasitas beban yang memadai. Spesimen dipasang pada grip UTM secara aksial dan simetris untuk menghindari momen lentur. Pembebanan tarik diberikan secara monoton dengan laju perpindahan grip yang terkontrol sesuai standar ASTM E8 hingga spesimen mengalami patah. Nilai kekuatan tarik (σ) dihitung menggunakan persamaan:

$$\sigma = F / A_0 \quad (1)$$

Keterangan:

σ = kekuatan tarik (MPa)

F = gaya tarik maksimum (N)

A_0 = luas penampang awal gauge section (mm^2) = 120 mm^2

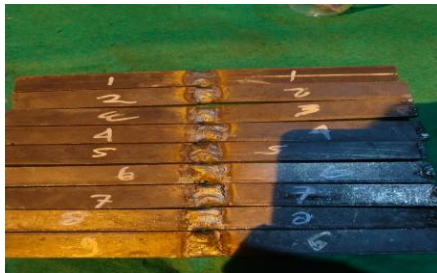
Teknik Analisis Data

Data kekuatan tarik dianalisis secara statistik deskriptif meliputi perhitungan nilai rata-rata (*mean*), nilai maksimum, nilai minimum, standar deviasi (SD), dan rentang (*range*) untuk setiap kelompok variasi sudut. Hasil rata-rata setiap kelompok dibandingkan dengan nilai kekuatan tarik minimum standar JIS G3101 SS400 (400

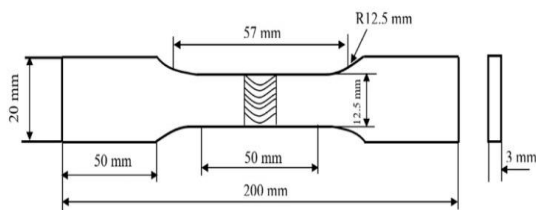
MPa) untuk mengevaluasi kelayakan teknis masing-masing variasi sudut dalam aplikasi komponen rangka atap struktural.

Hasil dan Pembahasan

Proses pengelasan dilakukan secara berurutan dimulai dari kelompok spesimen dengan sudut elektroda 60° , kemudian 75° , dan terakhir 90° . Gambar 8 menunjukkan kondisi awal spesimen proses pengelasan dilaksanakan, Gambar 9 menunjukkan spesimen uji tarik sesuai standar ASTM E8.



Gambar 8. Hasil Pengelasan



Gambar 9. Spesimen Uji Tarik Sesuai Standar ASTM E8 [10].

Spesimen uji tarik dipreparasi mengikuti ketentuan ASTM E8/E8M *Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials*, yaitu berbentuk *dog-bone* dengan *gauge length* 50 mm, lebar *gauge section* 20 mm, dan tebal 6 mm sehingga luas penampang awal (A_0) sebesar 120 mm^2 . Geometri *dog-bone* dipilih karena desain ini memastikan tegangan terpusat secara seragam pada daerah *gauge section* selama pembebanan berlangsung, sehingga patahan terjadi pada zona yang dikehendaki dan data kekuatan tarik yang diperoleh mencerminkan sifat mekanik sambungan las secara akurat tanpa dipengaruhi efek konsentrasi tegangan pada area grip [11]. Daerah sambungan las diposisikan tepat di tengah *gauge section* agar seluruh zona

lasan, zona HAZ, dan logam dasar turut terwakilkan dalam pengujian.

Pengamatan visual menunjukkan adanya perbedaan bentuk manik las pada setiap variasi sudut elektroda. Akan tetapi, penelitian ini hanya melakukan pengujian tarik sehingga pengamatan visual tersebut belum dapat digunakan untuk menyimpulkan perbedaan penetrasi, distribusi panas, maupun keberadaan cacat las. Verifikasi terhadap aspek tersebut memerlukan pengujian tambahan seperti foto makro penampang las, pengujian penetrant, atau pengamatan struktur mikro sebagaimana dijelaskan dalam literatur [12].

Kondisi Spesimen Sebelum dan Sesudah Uji Tarik

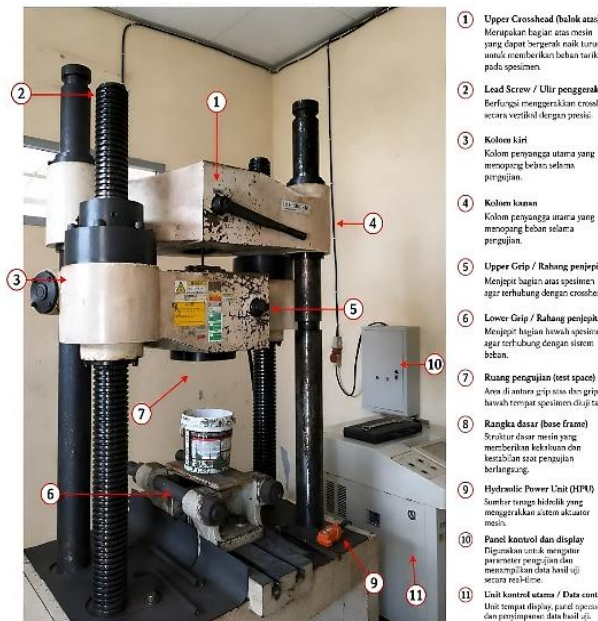
Pengamatan terhadap kondisi spesimen sebelum dan sesudah pengujian memberikan informasi tambahan mengenai mekanisme patahan. Gambar 10, 11, 12 dan 13 berturut-turut menampilkan spesimen setelah finishing, kondisi sebelum pengujian, dan kondisi sesudah pengujian Tarik [13].



Gambar 10. Spesimen Uji Tarik Sebelum Finishing



Gambar 11. Spesimen Uji Tarik Setelah Finishing



Gambar 12. Bagian - Bagian Alat Uji Tarik Pada UTM Shimadzu UH 1000 kNI



Gambar 13. Sesudah di Uji Tarik Pada UTM Shimadzu UH 1000 kNI

Seluruh spesimen menampilkan permukaan patahan yang terjadi secara tiba-tiba tanpa elongasi yang signifikan pada daerah lasan. Lokasi patahan pada semua spesimen sudut 60° dan sebagian spesimen sudut 90° terjadi pada daerah las atau zona fusi, sementara spesimen sudut 75° menunjukkan patahan yang cenderung terjadi di *Heat Affected Zone (HAZ)*.

Hasil Uji Tarik Sudut Elektroda 60°

Pengujian tarik pada spesimen kelompok sudut elektroda 60° (Spesimen 1–3) menghasilkan data kekuatan tarik sebagai berikut: Spesimen 1 sebesar 369,00 MPa (gaya maksimum 44.280 N), Spesimen 2 sebesar 376,00 MPa (gaya maksimum 45.120 N), dan Spesimen 3 sebesar 366,00 MPa (gaya maksimum 43.920 N). Nilai rata-rata kekuatan tarik untuk kelompok sudut

60° adalah 370,33 MPa. Seluruh spesimen mengalami patah pada daerah lasan, mengkonfirmasi bahwa penetrasi yang tidak optimal menjadikan daerah las sebagai titik lemah. Nilai ini berada di bawah standar minimum JIS G3101 SS400 sebesar 400 MPa. Hasil uji tarik spesimen sudut 60° ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Hasil Uji Tarik Sudut Elektroda 60°

Hasil Uji Tarik Sudut Elektroda 75°

Pengujian tarik pada spesimen kelompok sudut elektroda 75° (Spesimen 4–6) menghasilkan nilai kekuatan tarik tertinggi. Spesimen 4 menghasilkan 429,00 MPa (gaya maksimum 51.480 N), Spesimen 5 sebesar 435,00 MPa (gaya maksimum 52.200 N), dan Spesimen 6 sebesar 424,00 MPa (gaya maksimum 50.880 N). Nilai rata-rata kelompok ini adalah 429,33 MPa, melampaui standar minimum JIS G3101 sebesar 400 MPa dengan selisih 29,33 MPa (7,3%). Rentang nilai antar spesimen hanya 11 MPa, mencerminkan konsistensi proses pengelasan yang tinggi pada sudut ini. Spesimen kelompok ini menunjukkan patahan pada *Heat Affected Zone (HAZ)*, mengindikasikan logam las telah mencapai kekuatan yang mendekati logam dasar. Hasil uji tarik ditampilkan pada Gambar 15.



Gambar 15. Hasil Uji Tarik Sudut Elektroda 75°

Hasil Uji Tarik Sudut Elektroda 90°

Pengujian tarik pada spesimen kelompok sudut elektroda 90° (Spesimen 7–9) menghasilkan nilai rata-rata kekuatan

tarik sebesar 388,00 MPa. Spesimen 7 mencapai 384,00 MPa (gaya maksimum 46.080 N), Spesimen 8 sebesar 392,00 MPa (gaya maksimum 47.040 N), dan Spesimen 9 sebesar 388,00 MPa (gaya maksimum 46.560 N). Nilai rata-rata 388,00 MPa menempatkan variasi sudut 90° pada posisi kedua, berada di bawah standar minimum JIS G3101 (400 MPa) dengan selisih 12,00 MPa. Kecenderungan terjadinya slight undercutting pada tepi las akibat konsentrasi energi yang terlalu fokus menyebabkan terbentuknya sedikit takikan yang berperan sebagai konsentrator tegangan [14]. Hasil uji tarik ditunjukkan pada Gambar 16.



Gambar 16. Hasil Uji Tarik Sudut Elektroda 90°

Perbandingan Kuantitatif dan Analisis

Tabel 4. Data Hasil Pengujian Tarik Seluruh Spesimen

No	Variasi Sudut	Luas (mm ²)	Gaya Maks. (N)	Kek. Tarik (MPa)	Ket.
1	60°	120x10 ⁻⁵	44.280	369,00	Spm 1
2	60°	120x10 ⁻⁵	45.120	376,00	Spm 2
3	60°	120x10 ⁻⁵	43.920	366,00	Spm 3
Rata-rata	60°	120x10 ⁻⁵	44.440	370,33	Sudut 60°
4	75°	120x10 ⁻⁵	51.480	429,00	Spm 1
5	75°	120x10 ⁻⁵	52.200	435,00	Spm 2
6	75°	120x10 ⁻⁵	50.880	424,00	Spm 3
Rata-rata	75°	120x10 ⁻⁵	51.520	429,33	Sudut 75°
7	90°	120x10 ⁻⁵	46.080	384,00	(Terbaik) Spm 1
8	90°	120x10 ⁻⁵	47.040	392,00	Spm 2
9	90°	120x10 ⁻⁵	46.560	388,00	Spm 3
Rata-rata	90°	120x10 ⁻⁵	46.560	388,00	Sudut 90°

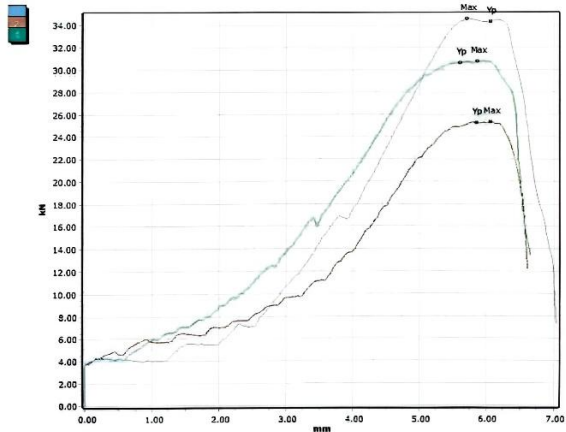
Karakteristik perilaku mekanik seluruh spesimen selama proses pembebanan tarik hingga patah dapat diamati secara komprehensif melalui kurva gaya-perpindahan (*force-displacement*) yang direkam secara otomatis oleh mesin UTM Shimadzu UH 1000 kNI dengan suhu

ruang 26°C dan Metode Uji SNI 8389 : 2017.

Grafik kelompok sudut elektroda 60° memperlihatkan kurva dengan kemiringan elastis yang lebih rendah dan perpindahan hingga patah yang lebih tetapi dengan gaya maksimum yang lebih kecil, mencerminkan kondisi fusi yang tidak sempurna sehingga sambungan menyerap energi lebih banyak sebelum akhirnya gagal pada tegangan yang rendah. Kurva beban perpanjangan hasil pengelasan dengan sudut elektroda 60° menunjukkan peningkatan beban secara bertahap seiring bertambahnya perpanjangan. Pada tahap awal pengujian, material mengalami deformasi elastis yang ditunjukkan oleh kenaikan kurva yang linier. Setelah melewati titik luluh (*yield point*), kurva terus meningkat hingga mencapai beban maksimum sekitar 34 kN.

Setelah mencapai beban maksimum, terjadi penurunan beban secara signifikan yang menandakan terjadinya *necking* hingga mengalami patah. Nilai beban maksimum yang tinggi menunjukkan bahwa sudut elektroda 60° mampu menghasilkan penetrasi yang cukup baik pada sambungan las. Namun, kemiringan elektroda yang lebih kecil berpotensi menyebabkan distribusi panas yang kurang merata sehingga dapat memengaruhi homogenitas logam las.

Hal tersebut sama dengan teori yang dikemukakan oleh (Jeffus) [6] yang menyatakan bahwa sudut elektroda mempengaruhi arah busur listrik, distribusi panas, serta proses peleburan SMAW. Selain itu, hasil penelitian ini juga sejalan dengan (Kurniawan et al.) [20] yang melaporkan bahwa perubahan parameter pengelasan dapat mempengaruhi kualitas sambungan las dan sifat mekanik yang dihasilkan. Grafik kurva perpindahan hasil uji tarik sudut elektroda 60° ditunjukkan pada Gambar 17.



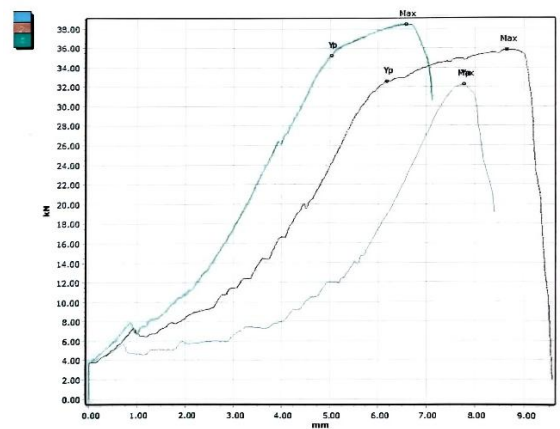
Gambar 17. Grafik Kurva Gaya Perpindahan Hasil Uji Tarik Sudut Elektroda 60°

Grafik kelompok sudut elektroda 75° menunjukkan kurva yang paling konsisten antar ketiga spesimen dengan kemiringan elastis yang seragam dan gaya puncak tertinggi, mengindikasikan kualitas sambungan yang homogen dan penetrasi fusi yang paling optimal. Menunjukkan karakteristik kurva yang berbeda dibandingkan spesimen 60°. Memperlihatkan peningkatan beban yang lebih stabil hingga mencapai beban maksimum sekitar 38 kN. Nilai beban maksimum tersebut merupakan yang tertinggi dibandingkan variasi sudut lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa sudut elektroda 75° menghasilkan kualitas sambungan las yang lebih baik. Posisi elektroda pada sudut ini memungkinkan distribusi panas yang lebih merata dan pembentukan kolam las (*weld pool*) yang lebih stabil sehingga meningkatkan kualitas ikatan antara logam induk dan logam las.

Temuan ini didukung oleh teori (*AWS Welding Handbook*) yang menjelaskan bahwa sudut kerja elektroda yang sesuai akan menghasilkan busur listrik yang lebih stabil sehingga proses peleburan logam berlangsung lebih efektif dan kualitas sambungan meningkat [9]. Hasil penelitian ini juga sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa pengendalian parameter pengelasan berpengaruh terhadap peningkatan kekuatan tarik dan ketangguhan baja SS400 [17]. Meskipun parameter yang dikaji berbeda, kedua

penelitian menunjukkan bahwa optimasi parameter pengelasan berkontribusi terhadap peningkatan sifat mekanik sambungan las.

Selain itu, spesimen juga menunjukkan kemampuan deformasi yang cukup besar sebelum mengalami kegagalan. Kondisi tersebut mengidentifikasi bahwa sambungan las tidak hanya memiliki kekuatan tarik yang tinggi, tetapi juga memiliki keuletan (*ductility*) yang baik. Grafik kurva perpindahan hasil uji tarik sudut elektroda 75° ditunjukkan pada Gambar 18.



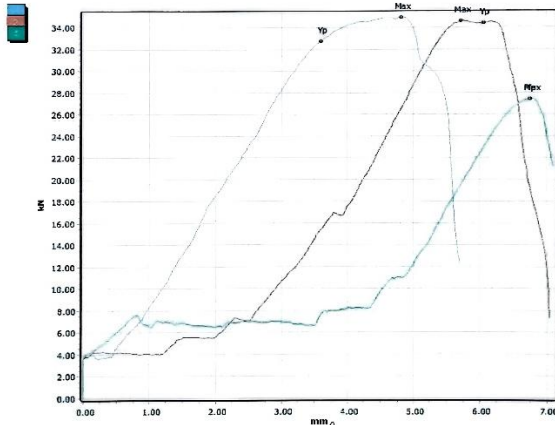
Gambar 18. Grafik Kurva Gaya Perpindahan Hasil Uji Tarik Sudut Elektroda 75°

Grafik kelompok sudut elektroda 90° memperlihatkan variasi kurva antar spesimen yang lebih besar dibandingkan sudut 75°, dengan salah satu spesimen menunjukkan penurunan gaya yang lebih awal, yang mengkonfirmasi adanya efek konsentrasi tegangan akibat slight undercutting pada tepi kampuh sebagaimana telah dibahas sebelumnya. Hasil menunjukkan kenaikan beban hingga mencapai beban maksimum sekitar 34 – 35 kN. Meskipun nilai beban maksimum masih cukup tinggi, kurva menunjukkan kecenderungan penurunan kemampuan deformasi dibandingkan variasi sudut 75°.

Sudut elektroda 90° menyebabkan arah busur las tegak lurus terhadap permukaan benda kerja. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sudut elektroda juga mempengaruhi karakteristik proses peleburan selama pengelasan. (Jeffus) [6] menjelaskan bahwa perubahan sudut

elektroda akan mengubah arah busur listrik dan distribusi panas pada daerah sambungan sehingga berpengaruh terhadap kualitas hasil las. Temuan penelitian ini juga sejalan dengan (Matin et al.) [19]. Yang menyatakan bahwa variasi parameter pengelasan memberikan pengaruh terhadap sifat mekanik sambungan las.

Kondisi ini juga dapat menghasilkan penetrasi yang lebih dangkal dibandingkan sudut elektroda yang sedikit miring. Akibatnya, ikatan metalurgi antara logam induk dan logam las menjadi kurang optimal sehingga memengaruhi kekuatan sambungan. Penurunan beban setelah mencapai titik maksimum terjadi lebih cepat, yang menunjukkan bahwa spesimen mengalami kegagalan setelah melewati batas kekuatan tarik maksimum. Hal tersebut mengidentifikasikan bahwa sudut elektroda 90° belum mampu menghasilkan kualitas sambungan las sebaik sudut 75°. Grafik kurva perpindahan hasil uji tarik sudut elektroda 90° ditunjukkan pada Gambar 19.



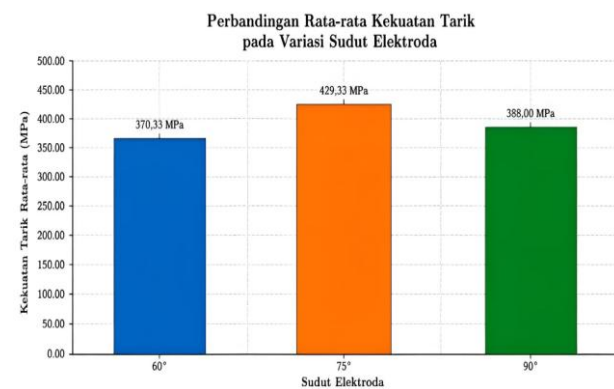
Gambar 19. Grafik Kurva Gaya Perpindahan Hasil Uji Tarik Sudut Elektroda 90°

Data pada Tabel 4 dan 5 memperlihatkan dengan jelas hierarki kekuatan tarik dari ketiga variasi sudut elektroda yang diuji. Sudut 75° secara konsisten menghasilkan nilai kekuatan tarik tertinggi pada setiap spesimen. Selisih rata-rata antara sudut 75° dan sudut 60° mencapai 59,00 MPa atau setara 15,93%, sementara selisih antara sudut 75° dan sudut 90° adalah 41,33 MPa atau 10,65%. Perbedaan ini memiliki signifikansi teknis

yang substansial dalam konteks aplikasi structural [15].

Tabel 5. Perbandingan Kekuatan Tarik Rata-rata terhadap Standar JIS Minimum

No	Variasi Sudut	Kek. Tarik Rata-rata (MPa)	% thd Standar JIS Min.	Klasifikasi
1	60°	370,33	92,6 %	Di bawah standar
2	75°	429,33	107,3 %	Optimal / Terbaik
3	90°	388,00	97,0 %	Di bawah standar
	Min. JIS G3101 SS400	400,00	100,0 %	Referensi Standar



Gambar 20. Grafik Perbandingan Nilai Rata-rata Kekuatan Tarik pada Setiap Variasi Sudut Elektroda

Analisis tren menunjukkan bahwa peningkatan kekuatan tarik dari sudut 60° ke 75° lebih signifikan dibandingkan penurunan dari 75° ke 90°. Asimetri ini mengindikasikan bahwa dampak negatif sudut yang terlalu rendah terhadap kualitas sambungan las jauh lebih besar. Keunggulan sudut 75° dapat dijelaskan melalui prinsip fisika pengelasan busur: pada sudut ini, komponen vektor gaya elektromagnetik busur yang berarah ke dalam sambungan mencapai nilai yang paling seimbang antara gaya penetrasi dan gaya lateral, menciptakan kondisi transfer logam las yang paling efisien dengan zona fusi yang luas dan sambungan metalurgis yang sempurna [16].

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa variasi sudut elektroda E7018 berpengaruh terhadap kekuatan tarik sambungan las SMAW pada Baja JIS G3101 SS400. Berdasarkan hasil pengujian, sudut elektroda 75° memberikan kekuatan tarik paling optimal dibandingkan sudut 60° dan 90°, sehingga dapat direkomendasikan sebagai sudut kerja yang lebih efektif pada proses pengelasan SMAW material SS400.

Kontribusi penelitian ini adalah memberikan data eksperimental mengenai pengaruh variasi sudut elektroda terhadap kekuatan tarik sambungan las yang dapat dijadikan referensi dalam penyusunan *Welding Procedure Specification (WPS)* pada fabrikasi konstruksi baja.

Keterbatasan penelitian ini adalah hanya menganalisis sifat mekanik melalui pengujian tarik tanpa didukung struktur mikro, kekerasan, maupun pengujian cacat las.

Penelitian selanjutnya disarankan mengombinasikan variasi sudut elektroda dengan parameter pengelasan lain seperti arus, kecepatan pengelasan, dan diameter elektroda, serta menambah pengujian metalografi, kekerasan, dan *non-destructive testing* agar diperoleh analisis yang lebih komprehensif.

Referensi

- [1]. B. Haryanto, Tuparjono, and Y. Dharta, "Analisis Pengaruh Elektroda E309-16 pada Sambungan Baja Carbon AISI 1045 dan Stainless Steel 304 dengan Menggunakan Pengelasan SMAW," *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan*, vol. 1, no. 1, pp. 245–253, 2023, doi: 10.33504/jitt.v1i1.78.
- [2]. Prayoga, F. R. (2024). Analisa Pengaruh Parameter Pengelasan SMAW Terhadap Kekuatan Sambungan pada Baja ST37. 2(1), 70–78.
- [3]. Pamuji, D. S. (2023). Studi Pengaruh Heat Input Terhadap Kekerasan Brinell Dan Ketahanan Korosi Sambungan Smaw Pada Baja Karbon Rendah. 04(01), 69–79.
- [4]. Tarik, K., Struktur, D., Surono, B., Wahyudi, T. C., Nugroho, E., & Santoso, S. (2023). Pengaruh Jenis Elektroda Pada Sambungan Las Plat Baja Terhadap. 12(02), 363–371.
- [5]. Efendi, M. S., Dwi, B., Studi, P., Mesin, T., Bengkalis, P. N., Alam, J. B., Alam, S., & Riau, B. (2025). Analisis Pengaruh Parameter Pengelasan SMAW Pada Kekuatan Sambungan Las Baja Paduan ST60. 8(2), 90–98.
- [6]. L. Jeffus, *Welding Principles and Applications*, 9th ed. Boston, MA, USA: Cengage Learning, 2022.
- [7]. A. T. A. Pribadi dan E. Gunawan, "Analisa Pengaruh Variasi Posisi Pengelasan Terhadap Sifat Mekanis Hasil Las SMAW," *Mechonversio: Mechanical Engineering Journal*, vol. 4, no. 1, pp. 31–35, 2021.
- [8]. N. Chairul, Irzal, Mulianti, dan H. Nurdin, "Pengaruh Variasi Kuat Arus Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan SMAW Pada Baja Karbon Rendah Dengan Elektroda E-7018," *Jurnal Vokasi Mekanika*, vol. 4, no. 4, pp. 167–172, 2022, doi: 10.24036/vomek.v4i4.470.
- [9]. W. H. Minnick, *Welding Handbook: Welding Processes*, 10th ed. Miami, FL, USA: American Welding Society, 2021.
- [10]. A. Widodo and M. N. Ilman, "Pengaruh frekuensi getaran terhadap sifat fisis dan mekanik pada sambungan las MIG aluminium paduan AA 6061-T6," *Rekayasa Mesin*, vol. 13, no. 1, pp. 171–178, 2022, doi: 10.21776/ub.jrm.2022.013.01.17.
- [11]. ASTM International, *ASTM E8/E8M-22: Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials*, West Conshohocken, PA, USA: ASTM International, 2022.
- [12]. Setyawan, C. W., Lubi, A., & Susetyo, F. B. (2022). Pengaruh Suhu Pengeringan Elektroda E 7018

- Terhadap Hasil Pengelasan Material A36 Drying Temperature Effect of E 7018 Electrode on Weld Joint of A36 Material. 4, 209–220.
- [13]. Rasyid, M., & Saputra, A. (2025). Sambungan Pada Proses Pengelasan Busur Listrik Elektroda Terbungkus (Smaw) Pada Baja Carbon. 9(5), 204–207.
- [14]. Bakhori, A. (2023). Analisa Variasi Arus Pengelasan Smaw Dengan Elektroda 7018 Pada Baja Karbon Aisi 1050 Terhadap Kekuatan Tarik. 2–7.
- [15]. UPT Laboratorium Perindustrian Kabupaten Tegal, Laporan Hasil Uji Tarik Material Baja JIS G3101 SS400 Menggunakan Universal Testing Machine (UTM), Tegal, Indonesia, 26 Mei 2026.
- [16]. Ridzkiansyah, R. D. M., & Irwan, Y. (2021). Analisa Pengaruh Jenis Elektroda Pengelasan SMAW Pada Penyambungan Baja ASTM A36 Dengan Baja Tahan Karat AISI 304 Terhadap Sifat Mekanis. 1–6.
- [17]. A. Syahri, Syukran, A. S. Ismy, A. Fathier, Fadhlurrahman, and Amrizal, “The Effect of Heat Input on the Tensile Strength and Toughness of Welded SS400 Materials by SMAW,” *Journal of Welding Technology*, vol. 5, no. 1, pp. 21–27, Jun. 2023.
- [18]. Herisiswanto, Yohanes, and K. Hafisuddin, “Analysis of Current and Electrode Types on Welding Defects in ASTM A36 Mild Steel,” *Journal of Ocean, Mechanical and Aerospace – Science and Engineering*, vol. 66, no. 3, pp. 110–115, Nov. 2022.
- [19]. M. Matin, et al., “Analysis of Shielded Metal Arc Welding (SMAW) with Current Variation,” *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*, vol. 2, no. 1, pp. xx–xx, 2024.DOI:<https://doi.org/10.35718/ismatech.v2i1.1055>
- [20]. K. Kurniawan, Kosjoko, and R. Shofiyah, “Pengaruh Posisi Pengelasan pada Pengelasan SMAW Material Baja SS400 terhadap Kekuatan Tarik dan Bending Sambungan Las,” *Jurnal Kendali Teknik dan Sains*, vol. 3, no. 3, pp. 176–189, Jul. 2025, doi: 10.59581/jkts-widyakarya.v3i3.5607.