

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengelasan merupakan salah satu metode penyambungan logam yang banyak digunakan dan memiliki peranan penting dalam berbagai bidang, seperti industri manufaktur, konstruksi, maupun teknik permesinan. Dari berbagai metode pengelasan yang tersedia, Shield Metal Arc Welding (SMAW) menjadi salah satu metode yang sering diterapkan karena prosesnya yang sederhana, mudah dilakukan, serta mampu digunakan pada berbagai jenis material logam, salah satunya baja karbon rendah seperti ST-37. Dari berbagai metode pengelasan yang tersedia, Shielded Metal Arc Welding (SMAW) menjadi salah satu metode yang sering diterapkan karena prosesnya yang sederhana, mudah dilakukan, serta mampu digunakan pada berbagai jenis material logam, salah satunya baja karbon rendah seperti ST-37. Selain kesederhanaan prosesnya, SMAW juga unggul dari segi fleksibilitas penggunaan, karena dapat diaplikasikan pada berbagai posisi pengelasan (datar, horizontal, vertikal, maupun overhead) dan tidak memerlukan gas pelindung eksternal, sehingga cocok digunakan baik di lingkungan bengkel maupun di lapangan terbuka dengan kondisi angin yang sulit dikendalikan. Dari sisi ekonomis, peralatan SMAW relatif terjangkau, mudah dipindahkan (portable), dan biaya operasionalnya rendah dibandingkan metode las lain seperti GTAW (TIG) atau GMAW (MIG), sehingga metode ini banyak dipilih oleh industri kecil hingga menengah maupun untuk keperluan perbaikan (maintenance dan repair) di lapangan. Baja ST-37 sendiri dipilih sebagai objek penelitian karena merupakan salah satu jenis baja karbon rendah yang paling luas penggunaannya, khususnya pada konstruksi bangunan, rangka mesin, pipa, serta komponen otomotif, karena memiliki sifat mampu las (weldability) yang baik, harga yang relatif ekonomis, serta ketersediaan di pasaran yang melimpah. Namun demikian, kualitas hasil pengelasan SMAW pada baja ST-37 sangat dipengaruhi oleh berbagai parameter proses, seperti arus pengelasan, jenis dan diameter elektroda, kecepatan pengelasan, serta teknik pengelasan yang diterapkan oleh welder. Parameter-parameter tersebut secara langsung

memengaruhi sifat mekanik sambungan las yang dihasilkan, seperti kekuatan tarik, kekerasan, serta ketangguhan, maupun sifat metalurgi seperti struktur mikro pada daerah lasan (weld metal), daerah terpengaruh panas atau Heat Affected Zone (HAZ), dan logam induk (base metal)(Rendah, 2023).

Kualitas hasil sambungan las sangat dipengaruhi oleh beberapa parameter dalam proses pengelasan, seperti besarnya arus listrik, jenis elektroda yang digunakan, kecepatan pergerakan elektroda, serta teknik atau pola ayunan elektroda. Pengaturan arus yang terlalu rendah dapat menyebabkan penetrasi las menjadi kurang maksimal, sedangkan penggunaan arus yang terlalu tinggi dapat meningkatkan risiko terjadinya cacat pada hasil pengelasan, seperti undercut dan porositas. Pengaturan arus yang terlalu rendah dapat menyebabkan penetrasi las menjadi kurang maksimal, karena panas yang dihasilkan busur las tidak cukup untuk melelehkan logam induk secara sempurna, sehingga sambungan las menjadi dangkal dan mudah mengalami kegagalan saat menerima beban. Selain itu, arus yang terlalu rendah juga dapat menyebabkan elektroda mudah lengket (sticking) pada benda kerja serta menghasilkan manik las (weld bead) yang tidak rata dan cenderung menumpuk. Sebaliknya, penggunaan arus yang terlalu tinggi dapat meningkatkan risiko terjadinya cacat pada hasil pengelasan, seperti undercut dan porositas. Arus yang berlebihan menyebabkan panas masukan (heat input) menjadi terlalu besar, sehingga logam induk pada tepi sambungan mengalami peleburan berlebih dan membentuk cekungan (undercut) yang dapat menjadi titik konsentrasi tegangan (stress concentration) dan memicu retak saat sambungan menerima beban dinamis. Selain itu, arus tinggi juga mempercepat pendinginan logam las secara tidak merata, sehingga gas-gas yang terperangkap dalam logam cair tidak sempat keluar sepenuhnya dan membentuk porositas yang menurunkan kekuatan sambungan(Dengan et al., 2022). Selain parameter arus pengelasan, variasi teknik pergerakan atau ayunan elektroda juga berperan dalam menentukan bentuk geometri sambungan serta sifat mekanik dari hasil pengelasan. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi arus pengelasan dan pola gerakan elektroda terhadap kekuatan tarik sambungan hasil pengelasan SMAW (Shielded Metal

Arc Welding) pada material baja ST-37. Baja karbon rendah hingga sedang merupakan salah satu material yang banyak digunakan pada sektor konstruksi dan manufaktur karena memiliki kemampuan las (weldability) yang baik, sifat keuletan (ductility) yang cukup tinggi, serta ketangguhan (toughness) yang mendukung dalam berbagai aplikasi teknik. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi arus pengelasan dan pola gerakan elektroda terhadap kekuatan tarik sambungan hasil pengelasan SMAW (Shielded Metal Arc Welding) pada material baja ST-37. Penelitian ini menjadi penting untuk dilakukan mengingat kombinasi kedua parameter tersebut, yakni arus pengelasan dan pola ayunan elektroda, secara bersamaan dapat memberikan pengaruh yang saling memperkuat maupun saling melemahkan terhadap kualitas sambungan las, sehingga diperlukan kajian eksperimental untuk menentukan kombinasi parameter yang paling optimal guna menghasilkan sambungan las dengan kekuatan tarik yang maksimal serta cacat las yang minimal. Selain itu, hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi praktis bagi para praktisi di lapangan, seperti welder, teknisi, maupun engineer, dalam menentukan parameter pengelasan yang tepat sesuai dengan kebutuhan aplikasi, sehingga dapat meningkatkan efisiensi proses produksi serta menekan tingkat kegagalan produk akibat sambungan las yang tidak memenuhi standar kekuatan yang dipersyaratkan. Dari sisi akademis, penelitian ini juga diharapkan dapat memperkaya referensi ilmiah mengenai hubungan antara parameter proses pengelasan SMAW dengan sifat mekanik material, khususnya pada baja karbon rendah seperti ST-37, yang masih terus menjadi objek kajian menarik seiring dengan berkembangnya kebutuhan industri terhadap material yang kuat namun tetap ekonomis (Arief et al., 2023).

Kajian literatur terbaru (2023–2025) menunjukkan bahwa penelitian mengenai baja ST-37 dan proses pengelasan SMAW terus berkembang, namun variabelnya masih terfragmentasi. Sebagian peneliti seperti Muh Anhar (2024) dan tim Kajian Multidisipliner (2025) berfokus pada variasi arus pengelasan, tetapi menitik beratkan pada kekerasan logam las/HAZ atau menggunakan rentang arus yang berbeda dari kebutuhan aplikasi struktural umum. Peneliti

lain seperti Ubaidillah dkk. (2024) dan Deni Pamungkas dkk. (2024) lebih menyoroti variasi jenis elektroda, media pendingin, atau kecepatan pengelasan, sementara pola gerakan atau ayunan elektroda (straight, zig-zag, setengah lingkaran) belum dijadikan variabel independen yang dikombinasikan dengan variasi arus secara sistematis pada material ST-37. Dengan demikian, hingga tahun 2025 belum ditemukan penelitian yang secara khusus mengombinasikan variasi arus pengelasan (80 A, 100 A, 120 A) dan variasi pola gerakan elektroda (lurus, zig-zag, setengah lingkaran) secara simultan terhadap kekuatan tarik sambungan las SMAW pada baja ST-37 dengan elektroda E6013 dan konfigurasi kampuh V 60°. Kekosongan inilah yang menjadi dasar urgensi dan kebaruan (novelty) dari penelitian ini, mengingat kombinasi material dan elektroda tersebut merupakan yang paling banyak digunakan pada praktik pengelasan industri kecil-menengah di Indonesia, namun parameter optimalnya masih ditentukan secara empiris oleh operator tanpa dukungan data eksperimental yang terstruktur. Pada sektor industri manufaktur dan konstruksi di Indonesia, terutama pada bidang usaha kecil dan menengah, penggunaan baja ST-37 dengan metode pengelasan SMAW menggunakan elektroda E6013 telah banyak diterapkan. Namun, penentuan parameter utama seperti besar arus pengelasan dan teknik ayunan elektroda (weaving) masih sering ditentukan berdasarkan pengalaman atau perkiraan operator tanpa didukung oleh data hasil pengujian yang valid. Kurangnya standar pengelasan yang berbasis data tersebut dapat menyebabkan variasi kualitas sambungan las, yang berdampak pada penurunan sifat mekanik serta munculnya berbagai cacat pengelasan seperti undercut, porositas, dan incomplete fusion. Kondisi tersebut dapat meningkatkan risiko terjadinya kegagalan dini pada komponen struktur yang berpotensi menimbulkan dampak terhadap keselamatan kerja maupun kerugian ekonomi. Oleh karena itu, diperlukan penelitian secara sistematis untuk memperoleh kombinasi parameter pengelasan yang optimal guna meningkatkan kualitas sambungan, menjaga konsistensi hasil pengelasan, serta mengurangi kemungkinan terjadinya kegagalan struktur. Namun, penentuan parameter utama seperti besar arus pengelasan dan teknik ayunan elektroda (weaving) masih sering ditentukan berdasarkan pengalaman atau perkiraan

operator tanpa didukung oleh data hasil pengujian yang valid. Kondisi ini banyak dijumpai pada bengkel-bengkel las skala kecil dan menengah yang umumnya belum memiliki prosedur pengelasan baku (Welding Procedure Specification/WPS) yang terstandarisasi, sehingga kualitas hasil las sangat bergantung pada intuisi dan jam terbang masing-masing welder. Akibatnya, hasil pengelasan yang dihasilkan oleh operator yang berbeda, meskipun menggunakan material dan elektroda yang sama, dapat memiliki kualitas dan sifat mekanik yang jauh berbeda satu sama lain. Kurangnya standar pengelasan yang berbasis data tersebut dapat menyebabkan variasi kualitas sambungan las, yang berdampak pada penurunan sifat mekanik serta munculnya berbagai cacat pengelasan seperti undercut, porositas, dan incomplete fusion. Permasalahan ini semakin kompleks mengingat tidak semua pelaku usaha kecil dan menengah memiliki akses terhadap fasilitas pengujian tak merusak (Non-Destructive Test/NDT) maupun pengujian merusak (Destructive Test) untuk memverifikasi kualitas sambungan las yang dihasilkan, sehingga cacat las yang tersembunyi (seperti porositas internal) seringkali tidak terdeteksi hingga komponen tersebut mengalami kegagalan saat digunakan (Rahmatika et al., 2021).

Berdasarkan hasil kajian literatur, penelitian sebelumnya lebih banyak membahas pengaruh parameter pengelasan secara terpisah. Chairul & Nurdin (2022) melakukan penelitian mengenai hubungan variasi arus pengelasan terhadap nilai kekuatan tarik dengan penggunaan elektroda E7018, sementara Badia et al. (2021) meneliti pengaruh variasi pola weaving elektroda terhadap karakteristik sifat mekanik hasil pengelasan. Namun, penelitian yang menggabungkan kedua faktor tersebut, yaitu variasi arus pengelasan dan teknik pergerakan elektroda dalam suatu rancangan eksperimen yang terstruktur, masih relatif terbatas. Terutama penelitian yang berfokus pada material baja ST-37 dengan elektroda E6013, padahal kombinasi tersebut banyak digunakan dalam aplikasi pengelasan pada industri domestik. Padahal dalam praktik pengelasan di lapangan, arus pengelasan dan teknik ayunan elektroda tidak dapat dipandang sebagai variabel yang berdiri sendiri, melainkan saling berinteraksi dan saling memengaruhi satu sama lain. Sebagai contoh,

penerapan arus tinggi yang dikombinasikan dengan pola ayunan yang kurang tepat berpotensi menghasilkan heat input berlebih pada titik-titik tertentu, sedangkan arus rendah dengan pola ayunan yang terlalu cepat dapat menyebabkan penetrasi yang tidak merata. Oleh karena itu, pendekatan penelitian yang hanya menguji satu parameter tanpa mempertimbangkan interaksinya dengan parameter lain berisiko menghasilkan rekomendasi yang kurang representatif terhadap kondisi pengelasan yang sesungguhnya di lapangan. Namun, penelitian yang menggabungkan kedua faktor tersebut, yaitu variasi arus pengelasan dan teknik pergerakan elektroda dalam suatu rancangan eksperimen yang terstruktur, masih relatif terbatas. Sebagian besar penelitian terdahulu juga cenderung menggunakan rancangan penelitian satu faktor (one-factor-at-a-time), sehingga belum mampu menangkap efek interaksi (interaction effect) antar variabel yang justru seringkali memberikan pengaruh signifikan terhadap respon yang diamati, seperti kekuatan tarik maupun struktur mikro sambungan las (Variasi et al., 2021).

Motivasi dilakukannya penelitian ini juga didasari oleh masih terbatasnya referensi mengenai parameter pengelasan yang tepat untuk proses fabrikasi komponen struktural, seperti gerbang, kanopi, serta berbagai elemen konstruksi berbahan logam lainnya. Kombinasi baja ST-37 dengan SMAW elektroda E6013 merepresentasikan pilihan rasional untuk aplikasi struktural general-purpose yang mengutamakan kekuatan mekanis dan efektivitas biaya. Penguasaan parameter pengelasan yang presisi diharapkan dapat menghasilkan sambungan las yang memenuhi kriteria teknis terkait fungsionalitas, integritas struktural, durabilitas, serta keandalan operasional jangka panjang. Kombinasi baja ST-37 dengan SMAW elektroda E6013 merepresentasikan pilihan rasional untuk aplikasi struktural general-purpose yang mengutamakan kekuatan mekanis dan efektivitas biaya. Rasionalitas pemilihan kombinasi ini didasarkan pada beberapa pertimbangan praktis, di antaranya ketersediaan material dan elektroda yang mudah diperoleh di pasaran dengan harga yang kompetitif, proses pengerjaan yang tidak memerlukan peralatan khusus atau keahlian tingkat lanjut, serta tingkat keberhasilan pengelasan yang relatif tinggi meskipun dikerjakan pada kondisi lapangan yang tidak sepenuhnya terkendali,

seperti pengelasan di luar ruangan dengan paparan angin dan kelembaban yang bervariasi. Selain pertimbangan teknis dan ekonomis tersebut, pemilihan kombinasi material dan elektroda ini juga sejalan dengan praktik umum yang berkembang di kalangan bengkel las dan fabrikator skala kecil hingga menengah di Indonesia, sehingga hasil penelitian ini diharapkan memiliki relevansi dan tingkat keterterapan (applicability) yang tinggi terhadap kondisi riil di lapangan, bukan sekadar kajian yang bersifat teoritis dan sulit diadopsi dalam praktik sehari-hari. Penguasaan parameter pengelasan yang presisi diharapkan dapat menghasilkan sambungan las yang memenuhi kriteria teknis terkait fungsionalitas, integritas struktural, durabilitas, serta keandalan operasional jangka panjang. Fungsionalitas sambungan las berkaitan dengan kemampuan komponen dalam menjalankan perannya sesuai peruntukan, misalnya menahan beban statis maupun dinamis tanpa mengalami deformasi berlebih. Integritas struktural mengacu pada kemampuan sambungan untuk mempertahankan kesatuan dan kekuatan material tanpa munculnya cacat yang dapat memicu kegagalan dini, sementara durabilitas berkaitan dengan ketahanan sambungan las terhadap pengaruh lingkungan, seperti korosi, fluktuasi suhu, maupun beban siklik yang berulang dalam jangka waktu lama. Adapun keandalan operasional jangka panjang menjadi aspek krusial yang sering kali terabaikan dalam praktik pengelasan konvensional di lapangan, padahal aspek ini menentukan seberapa besar tingkat kepercayaan yang dapat diberikan terhadap suatu komponen struktural untuk tetap berfungsi secara aman sepanjang masa pakainya (service life), tanpa memerlukan perbaikan atau penggantian dalam waktu yang terlalu singkat. Dengan demikian, penelitian mengenai parameter pengelasan yang presisi pada kombinasi baja ST-37 dan elektroda E6013 ini diharapkan tidak hanya memberikan kontribusi teoritis dalam ranah akademik, tetapi juga menghadirkan solusi praktis yang dapat langsung diterapkan untuk meningkatkan kualitas fabrikasi komponen struktural berbahan logam di lingkungan industri kecil dan menengah, sehingga tercipta produk konstruksi yang lebih aman, tahan lama, dan efisien dari segi biaya produksi maupun perawatan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka rumusan masalah yang menjadi fokus pembahasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi arus pengelasan terhadap kekuatan tarik sambungan las SMAW pada material baja ST-37?
2. Bagaimana pengaruh variasi pola gerakan elektroda terhadap kekuatan tarik sambungan las SMAW pada material baja ST-37?
3. Bagaimana pengaruh kombinasi parameter arus pengelasan dan pola gerakan elektroda manakah yang menghasilkan nilai kekuatan tarik optimum?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi arus pengelasan terhadap kekuatan tarik sambungan las SMAW pada baja ST-37.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi pola gerakan elektroda terhadap kekuatan tarik sambungan las SMAW pada baja ST-37.
3. Untuk mengetahui kombinasi parameter optimal antara arus pengelasan dan pola gerakan elektroda untuk memperoleh kekuatan tarik maksimum.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi sebagai berikut:

1. Menyediakan data referensi mengenai pengaturan parameter arus pengelasan dan pola gerakan elektroda yang optimal dalam proses pengelasan SMAW untuk aplikasi praktis di industri.
2. Memberikan kontribusi terhadap peningkatan kualitas sambungan las pada material baja karbon rendah, khususnya baja ST-37, melalui pemahaman yang lebih baik tentang interaksi parameter proses pengelasan.

3. Menyediakan landasan ilmiah dan data empiris yang dapat dijadikan rujukan bagi pengembangan penelitian lanjutan dalam bidang teknologi pengelasan.

1.5 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan ruang lingkup penelitian, maka ditetapkan batasan masalah sebagai berikut:

1. Metode pengelasan yang diaplikasikan dalam penelitian ini adalah Shielded Metal Arc Welding (SMAW) menggunakan elektroda terbungkus (coated electrode) tipe E6013.
2. Material yang digunakan sebagai spesimen uji adalah baja karbon rendah ST-37 dalam bentuk pelat dengan ketebalan 5 mm.
3. Parameter arus pengelasan divariasikan pada tiga tingkat, yaitu 80 A, 100 A, dan 120 A.
4. Pola pergerakan elektroda yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari tiga variasi teknik, yaitu gerakan lurus (straight), gerakan zig-zag (zigzag weave), dan gerakan setengah lingkaran (semi-circular weave).
5. Penelitian ini menggunakan konfigurasi single V-groove butt joint (60°) untuk mendukung penerapan teknik weaving elektroda, seperti pola zig-zag dan setengah lingkaran, yang memerlukan area pergerakan elektroda lebih luas selama proses pengelasan. dibandingkan sambungan tanpa preparasi kampuh.