

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi pengelasan telah mengalami kemajuan signifikan sebagai respons terhadap permintaan industri yang meningkat terhadap sambungan struktural yang andal, khususnya dalam konstruksi baja dan sektor perkapalan. Oleh karena itu pengelasan bukan sekedar teknik penyambungan logam biasa, melainkan komponen esensial yang menentukan kekuatan, ketahanan dan keselamatan konstruksi [1]. Kualitas sambungan las merupakan aspek krusial yang dipengaruhi oleh interaksi kompleks berbagai parameter teknis, termasuk parameter pengelasan, jenis material, posisi pengelasan, desain kampuh, intensitas arus, dan kompetensi juru las, sehingga kombinasi dari faktor tersebut secara langsung berpengaruh terhadap mutu hasil las dan keberhasilan proses pengelasan secara keseluruhan [2]. Akibatnya, kegagalan dalam pengelasan dapat mengakibatkan kerusakan struktural fatal atau resiko keselamatan, terutama dalam industri maritim dimana kapal beroperasi di lingkungan laut yang ekstrem [3]. Oleh sebab itu, penelitian ini penting dilakukan untuk memastikan sambungan las khususnya posisi vertikal (3G) memenuhi standar keselamatan. Serangkaian kecelakaan *Liberty Ships* yang diteliti oleh [4] dan dilakukan peninjauan ulang [5] menunjukkan bahwa baja dengan ketangguhan notch rendah di area sambungan las dapat mengalami patah getas mendadak saat berada dibawah tegangan tarik pada suhu rendah, dimana retak berawal dari cacat las atau titik konsentrasi tegangan di struktur lambung. Serta kasus MV. Kurdistan dalam *Marine Structural Failures Database* [6] yang mengungkapkan bahwa cacat las pada *bilge keel* yang tersambung pada *side sheel* mengalami kerusakan lelah akibat kombinasi tegangan tarik tinggi dari bending, termal dan residual *stress* kemudian berkembang menjadi patah getas pada lambung, sehingga menyebabkan kapal patah. Kondisi empiris ini menegaskan perlunya penelitian untuk meningkatkan keandalan sambungan las khususnya dalam posisi vertikal (3G) dan mengurangi resiko struktural di industri perkapalan.

Salah satu metode pengelasan yang banyak digunakan dalam industri konstruksi baja dan perkapalan, adalah pengelasan *Flux Cored Arc Welding* (FCAW). Metode ini dikenal memiliki produktivitas tinggi dan mampu menghasilkan kualitas sambungan las yang baik. Berdasarkan standar *American Welding Society* (AWS) [7] *Flux Cored Arc Welding* (FCAW) merupakan proses pengelasan busur listrik yang menggunakan elektroda kawat berinti fluks secara kontinu dengan sistem perlindungan berupa gas, terak atau kombinasi keduanya. Karakteristik tersebut memungkinkan FCAW diaplikasikan pada berbagai posisi pengelasan, termasuk posisi vertikal (3G). Namun demikian, pengelasan pada posisi 3G memiliki tingkat kesulitan yang lebih tinggi dibandingkan posisi datar karena pengaruh gaya gravitasi terhadap logam cair, sehingga pengendalian penetrasi, pembentukan manik las, dan kualitas sambungan menjadi lebih kompleks [8]. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa arus pengelasan dan bentuk kampuh pada proses FCAW menghasilkan dampak bervariasi terhadap sifat mekanik dan struktur makro sambungan las, tergantung pada parameter yang diuji. [9] mengungkapkan bahwa variasi kampuh dan posisi pengelasan memengaruhi kekuatan tarik dan mikrografi sambungan las baja SS 400 secara signifikan, di mana kampuh V pada posisi 1G menghasilkan kekuatan tarik dan tekuk tertinggi. [10] menunjukkan bahwa arus pengelasan yang

berbeda memengaruhi kekuatan tarik, regangan, dan ketangguhan impact pada sambungan baja ST 40, di mana arus 150 A memberikan nilai terbaik pada pengujian tarik. [11] menyatakan bahwa posisi pengelasan 3G dengan kampuh V menghasilkan kualitas sambungan terbaik pada material aluminium 6061, yang ditunjukkan oleh tegangan tarik dan regangan yang lebih tinggi dibandingkan posisi lainnya. [12] menemukan bahwa pengelasan FCAW pada baja ASTM A36 dengan arus yang lebih tinggi meningkatkan kekuatan tarik dan kekerasan sambungan. Namun, penelitian lain menunjukkan bahwa masukan panas tinggi pada FCAW menyebabkan deformasi dan memperlebar zona yang dipengaruhi panas (HAZ), yang menurunkan kualitas sambungan dan ketangguhan material [13]. Hal ini menunjukkan bahwa variasi arus dan kampuh memainkan peran krusial dalam meningkatkan sifat mekanik sambungan, namun pengelasan FCAW memerlukan perhatian teliti untuk mencegah penurunan kualitas struktur sambungan akibat pemilihan parameter yang kurang tepat. Dengan demikian, meskipun penelitian sebelumnya menghasilkan temuan signifikan terkait kualitas sambungan, masih diperlukan penelitian lanjutan untuk mengidentifikasi parameter yang lebih akurat guna mengoptimalkan hasil pengelasan FCAW pada berbagai jenis material.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh variasi kampuh dan arus pengelasan FCAW posisi 3G terhadap kualitas mekanik sambungan las baja ABS Grade A. Penelitian ini menggunakan dua jenis kampuh, yaitu kampuh V dan kampuh X, serta dua variasi arus pengelasan, yaitu 120 A dan 150 A. Kualitas sambungan dianalisis melalui pengujian tarik dan pengujian impact untuk mengetahui kekuatan tarik maksimum, regangan, modulus elastisitas, energi impact, dan harga impact. Kebaruan penelitian ini terletak pada analisis kombinasi kampuh V dan kampuh X dengan variasi arus 120 A dan 150 A pada proses pengelasan FCAW posisi 3G terhadap baja ABS Grade A yang digunakan dalam konstruksi kapal. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi parameter pengelasan yang tepat untuk menghasilkan sambungan las yang kuat, tangguh, dan sesuai dengan kebutuhan struktur perkapalan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat diperoleh dari latar belakang dan judul penelitian tugas akhir diatas diantaranya sebagai berikut:

1. Bagaimana perbedaan jenis kampuh (V dan X) mempengaruhi kualitas mekanik dan struktur makro sambungan las pada pengelasan FCAW Posisi 3G?
2. Apa pengaruh variasi arus pengelasan terhadap kekuatan tarik, ketangguhan impact, dan kualitas struktur makro sambungan las pada baja ABS Grade A?
3. Apa kombinasi parameter yang optimal antara kampuh dan kuat arus pengelasan untuk meningkatkan kualitas sambungan las dan mengurangi cacat pengelasan?

1.3 Tujuan Masalah

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh perbedaan kampuh (V dan X) terhadap kekuatan tarik, ketangguhan impact, dan struktur makro sambungan las pada posisi pengelasan 3G.

2. Menentukan variasi arus pengelasan (120 A hingga 150 A) yang optimal untuk menghasilkan sambungan las dengan kekuatan dan ketangguhan terbaik pada baja ABS Grade A.
3. Mengidentifikasi parameter pengelasan yang paling efektif dalam mengurangi cacat sambungan las dan meningkatkan kualitas sambungan pada posisi 3G.

1.4 Batasan Penelitian

Batasan masalah digunakan sebagai arahan serta acuan dalam penulisan tugas akhir, maka batasan masalah tugas akhir sebagai berikut

1. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah plat baja ABS grade A dengan tebal 12mm.
2. Proses pengelasan yang digunakan adalah *Flux Cored Arc Welding* (FCAW) pada posisi 3G up.
3. Variasi jenis kampuh yang dipakai ialah kampuh *single bevel* (V) dan *double bevel* (X), dengan sudut 60° pada masing masing sampel dan gap 2mm.
4. Variasi kuat arus yang digunakan yaitu 120A dan 150A
5. Pada penelitian ini menggunakan elektroda E71T-1C dengan diameter 1mm
6. Parameter pengelasan lainnya, seperti arus, tegangan, dan kecepatan pengelasan, dijaga konstan sesuai prosedur yang ditetapkan.
7. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian tarik, pengujian impak dan pengujian makrografi sambungan las.
8. Penelitian ini tidak membahas mengenai biaya yang dikeluarkan selama penelitian berlangsung.
9. Evaluasi hasil pengujian mengacu pada standar yang berlaku, khususnya standar klasifikasi kapal Biro Klasifikasi Indonesia (BKI).

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat teoritis:

1. Memberikan penjelasan ilmiah mengenai pengaruh variasi jenis kampuh pada pengelasan *Flux Cored Arc Welding* (FCAW) posisi 3G terhadap sifat mekanik sambungan las, sehingga menjawab rumusan masalah terkait pengaruh variasi kampuh terhadap sifat mekanik
2. Menyediakan pemahaman teoritis mengenai perubahan kekuatan tarik dan ketangguhan (impak)sambungan las akibat perbedaan jenis kampuh, sebagai jawaban atas rumusan masalah yang membahas mengenai karakteristik sifat mekanik sambungan las
3. Menjelaskan hubungan antara variasi jenis kampuh dan karakteristik struktur makro sambungan las, termasuk penetrasi, lebar *Heat Affected Zone* (HAZ), dan potensi cacat las, sehingga mengunci rumusan masalah mengenai struktur makro sambungan las
4. Penelitian ini dapat menjadi dasar ilmiah bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan optimasi desain kampuh pengelasan FCAW posisi 3G pada baja struktural kapal.

Manfaat Praktis:

1. Memberikan informasi teknis mengenai pengaruh variasi jenis kampuh terhadap kualitas sambungan las FCAW posisi 3G ditinjau dari sifat mekanik, yang dapat dimanfaatkan sebagai dasar evaluasi hasil pengelasan dilapangan

2. Menjadi acuan praktis dalam menilai kekuatan tarik dan ketangguhan sambungan las hasil variasi kampuh, sehingga membantu praktisi dalam memilih parameter dan desain kampuh yang tepat
3. Sesuai dengan tujuan penelitian dalam mengidentifikasi karakteristik struktur makro sambungan las, hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai acuan dalam mengevaluasi kualitas sambungan las berdasarkan hasil pengujian makrografi.
4. Menyediakan dasar pertimbangan teknis dalam menentukan jenis kampuh yang menghasilkan kualitas sambungan las paling optimal, sesuai dengan persyaratan standar klasifikasi kapal dan kebutuhan konstruksi perkapalan

1.6 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kajian teoritis dan tinjauan pustaka yang telah diuraikan, penelitian ini mengajukan hipotesis bahwa jenis kampuh dan kuat arus pengelasan secara bersama-sama berpengaruh terhadap kualitas mekanik dan struktur makro sambungan las FCAW posisi 3G pada baja ABS Grade A, namun dengan bobot pengaruh yang berbeda. Kampuh X (*double bevel*) diduga menghasilkan kekuatan tarik maksimum dan ketangguhan impact yang lebih tinggi secara signifikan dibandingkan kampuh V (*single bevel*), karena konfigurasi pengelasan dari dua sisi memungkinkan penetrasi yang lebih merata, distribusi panas yang lebih seimbang, serta terbentuknya HAZ yang lebih simetris pada kedua sisi sambungan. Sebaliknya, variasi kuat arus dalam rentang 120 A hingga 150 A diduga hanya memberikan pengaruh yang kecil dan tidak konsisten terhadap sifat mekanik maupun karakteristik struktur makro, mengingat perbedaan masukan panas (*heat input*) antara kedua level arus tersebut tidak cukup besar untuk mengubah perilaku metalurgi sambungan secara signifikan pada posisi 3G. Dengan demikian, jenis kampuh dihipotesiskan sebagai parameter yang lebih dominan dibandingkan kuat arus dalam menentukan kualitas keseluruhan sambungan las FCAW posisi 3G, sementara seluruh kombinasi parameter yang diuji diharapkan tetap memenuhi batas minimum tegangan luluh yang ditetapkan oleh Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) sebesar 235 MPa sebagai syarat kelayakan struktural konstruksi kapal.

1.7 Luaran Penelitian

Luaran yang direncanakan dalam penelitian ini adalah:

1. Publikasi *International Conference on Marine Technology* (MARTEC 2026), dengan judul “*Effect of Groove Type and Welding Current on Mechanical Properties and Macro Structure of FCAW 3G Joints in ABS Grade A Steel*”
2. Modul (Eksperimen Pengaruh Variasi Kampuh dan Arus *Pengelasan Flux Cored Arc Welding* (FCAW) Posisi 3G, terhadap Kekuatan Tarik, Impact dan Makro) dengan nomor surat; EC002026082788