

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi dibidang konstruksi tidak dapat dipisahkan dari proses pengelasan, karena teknik ini memiliki peran yang signifikan dalam rekayasa maupun perbaikan logam. Pengelasan adalah proses fabrikasi yang dilakukan pada logam, termoplastik, atau bahan sejenis dengan menyatukan dua komponen melalui pencairan ujung keduanya menggunakan suhu tinggi, lalu dibiarkan mendingin hingga terbentuk sambungan yang menyatu secara permanen (Hanifah et al., n.d.). Jenis pengelasan yang sering dipakai dalam sektor industri konstruksi baja dan perkapalan adalah pengelasan FCAW (*flux cored arc welding*) yaitu jenis pengelasan yang beroperasi secara otomatis atau semi-otomatis, dengan menggunakan elektroda berbentuk gulungan (*wire roll*) untuk melelehkan bahan logam (Michsan Rosidin Yuniarto et al., 2019). Logam dasar dan pengisi mengalami siklus termal selama proses pengelasan FCAW. Kondisi ini menyebabkan timbulnya tegangan sisa dan distorsi pada material. Tegangan sisa, distorsi dan struktur mikro merupakan aspek penting dalam analisis material yang mengalami pengelasan. Tegangan sisa merupakan tegangan internal yang muncul akibat ketidakseimbangan proses pemanasan dan pendinginan selama pengelasan, sehingga dapat memengaruhi kekuatan serta kestabilan struktur sambungan las (Setiyo Kuncoro Puguh et al., 2025). Distorsi terjadi karena adanya pemanasan dan pendinginan yang tidak seragam selama proses penyambungan, sehingga menyebabkan perubahan bentuk material, terutama di area sambungan. Apabila distorsi tidak dikendalikan, hal ini dapat menurunkan kekuatan sambungan, menimbulkan tegangan sisa, serta berpotensi mengakibatkan retak atau kegagalan struktural pada komponen hasil lasan sehingga dapat menurunkan sifat mekanik material (Wibowo, n.d.). Uji struktur mikro memberikan wawasan tentang perubahan yang terjadi dalam struktur internal material, yang dapat memengaruhi sifat mekaniknya. Karena itu, pengendalian distorsi dan tegangan sisa merupakan aspek krusial untuk menjamin mutu dan ketahanan struktur yang dihasilkan oleh proses pengelasan.

Salah satu metode perbaikan masalah tersebut dengan melakukan *post weld heat treatment* (PWHT) yaitu *stress relief annealing* dimana spesimen dipanaskan hingga suhu di bawah titik kritis (A_1) untuk melepaskan tegangan sisa, menata kembali distribusi butir, serta meningkatkan keseragaman struktur mikronya. Selama proses *stress relief annealing* terjadi proses difusi atom dan rekristalisasi, di mana butiran kristal baru yang lebih halus terbentuk sehingga kekerasan logam pada daerah HAZ (*heat affected zone*) maupun area lasan mengalami penurunan (Shafeek et al., 2024). Banyak penelitian yang membahas tentang pengaruh *stress relief annealing* seperti analisa pengaruh *stress relief annealing* terhadap perubahan sifat mekanik baja tahan karat (Harahap & Rahmat, 2017) mengungkapkan bahwa karakteristik mekanik dari baja tahan karat tipe SUS 304 sangat dipengaruhi oleh temperatur pada proses *stress relief annealing*. (Subeki Jufri Miskat n.d.) melakukan *heat treatment* pada suhu berbeda dilakukan pada daerah las logam dari baja API 5L X-52 menghasilkan karakteristik perambatan retak fatik yang berbeda. Penelitian dilakukan oleh (Yu et al., 2025) mengungkapkan bahwa fenomena *annealing* yang disebabkan oleh siklus panas selama proses pengelasan pada baja tahan karat memang terjadi dan harus dimasukkan ke dalam simulasi elemen hingga (FEM) untuk mendapatkan prediksi tegangan sisa yang tepat. Penelitian terdahulu telah memberikan berbagai analisis terkait pengaruh PWHT

khususnya *stress relief annealing*. Sebagian besar penelitian hanya berfokus pada pengujian sifat mekanik material setelah perlakuan *stress relief annealing*, padahal tegangan sisa dan distorsi adalah salah satu komponen yang mempengaruhi kualitas struktur hasil sebuah pengelasan. Berdasarkan uraian tersebut penelitian sebelumnya cenderung kurang memanfaatkan simulasi numerik dengan metode elemen hingga. Penerapan simulasi *finite element method* (FEM) menawarkan pendekatan yang efisien dan tepat dalam mengkaji dampak perubahan akibat variasi suhu *stress relief annealing* pada tegangan sisa dan distorsi hasil pengelasan.

Dalam penelitian ini material yang digunakan adalah baja ABS Grade A sebagai salah satu jenis baja yang dirancang khusus untuk aplikasi perkapalan serta lingkungan kelautan. Material ini dikenal memiliki kekuatan dan ketahanan yang baik, termasuk ketahanan terhadap kondisi lingkungan yang korosif. Oleh karena itu, fokus penelitian ini adalah untuk menganalisis secara mendalam pengaruh perbedaan suhu *stress relief annealing* terhadap perubahan struktur mikro, distribusi tegangan sisa, dan tingkat distorsi pada hasil pengelasan FCAW pada plat ABS Grade A. Analisis dilakukan melalui kombinasi pendekatan simulasi FEM dan pengujian eksperimental. Diharapkan, hasil penelitian ini dapat memberikan pengetahuan yang lebih komprehensif dan menjadi acuan dalam optimasi perlakuan panas pasca-pengelasan untuk meningkatkan mutu dan keandalan struktur

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana perubahan struktur mikro hasil pengelasan FCAW dengan membandingkan dua spesimen yaitu tanpa *stress relief annealing* dan dengan perlakuan *stress relief annealing*?
2. Bagaimana pengaruh variasi suhu 600 °C dan 700 °C *stress relief annealing* terhadap distorsi dan tegangan sisa pada pengelasan FCAW plat ABS grade A melalui simulasi FEM?
3. Bagaimana keterkaitan antara perubahan struktur mikro (hasil eksperimen) dengan hasil simulasi tegangan sisa dan distorsi?

1.3 Tujuan Masalah

1. Mengetahui pengaruh *stress relief annealing* dengan suhu 700 °C dan tanpa perlakuan *stress relief annealing* terhadap struktur mikro hasil pengelasan FCAW menggunakan plat ABS Grade A.
2. Mengetahui pengaruh variasi suhu *stress relief annealing* 600 °C dan 700 °C terhadap distorsi dan tegangan sisa pada pengelasan FCAW plat ABS grade A melalui simulasi FEM.
3. Menganalisis keterkaitan antara perubahan struktur mikro hasil eksperimen dengan distribusi tegangan sisa serta distorsi yang diperoleh melalui simulasi FEM.

1.4 Batasan Penelitian

1. Material pada penelitian ini adalah plat baja ABS Grade A dengan tebal 12 mm.
2. Proses pengelasan yang digunakan adalah FCAW (*flux cored arc welding*) pada posisi 1G dan elektroda ESAB 70S-6 dengan diameter 1 mm.
3. Variasi jenis kampuh yang dipakai ialah kampuh single bevel (V) dengan sudut 30° pada masing masing sisi dan root gap 2mm.
4. Parameter pengelasan lainnya, seperti arus, tegangan, dan kecepatan pengelasan.
5. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian mikrofografi

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat akademik:

1. Penelitian ini menyediakan pemahaman baru mengenai hubungan antara suhu annealing, distorsi, dan tegangan sisa pada pengelasan FCAW, khususnya pada material ABS Grade A. Studi ini menjawab kekurangan penelitian sebelumnya yang hanya berfokus pada pengujian sifat mekanik atau satu aspek pengelasan saja tanpa menggabungkannya dengan simulasi numerik berbasis metode elemen hingga (FEM). Mengadopsi pendekatan menyeluruh dengan mengintegrasikan metode eksperimen dan simulasi FEM untuk secara bersamaan menganalisis dampak perlakuan panas terhadap perubahan struktur mikro, distorsi, dan tegangan sisa.

Manfaat Praktis:

1. Penelitian ini menyediakan pedoman praktis bagi industri pengelasan, terutama pada proses pengelasan menggunakan metode FCAW. Pemahaman mengenai pengaruh suhu annealing terhadap distorsi dan tegangan sisa membantu teknisi dalam mengatur parameter pengelasan dan perlakuan panas secara optimal, sehingga menghasilkan sambungan las yang lebih kuat dan stabil.

1.6 Luaran Penelitian

Luaran yang direncanakan dalam penelitian ini adalah:

1. Jurnal Mekanika: Majalah Ilmiah Mekanika (Mechanical Engineering, Universitas Sebelas Maret), Status Submit.
2. HaKi Modul (Pengaruh Temperatur Stress Relief Annealing Terhadap Struktur Mikro, Tegangan Sisa, dan Distorsi Las FCAW Grade A Berbasis FEM), Nomor Sertifikat: EC00202608401

1.7 Hipotesis Penelitian

Perlakuan *Stress Relief Annealing* (SRA) pada suhu 600°C dan 700°C diduga mampu mereduksi tegangan sisa pada sambungan las FCAW plat baja ABS Grade A secara signifikan dibandingkan kondisi *as-welded*. SRA pada suhu 700°C diprediksi menghasilkan nilai tegangan sisa akhir yang lebih rendah dibandingkan suhu 600°C karena laju relaksasi termal dan penurunan batas luluh (*yield strength*) material yang lebih besar seiring dengan meningkatnya temperatur perlakuan.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan