BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri manufaktur, konstruksi, perkapalan, energi, dan otomotif di Indonesia meningkatkan kebutuhan terhadap sambungan las yang memiliki kualitas tinggi. Pengelasan merupakan metode penyambungan logam yang paling banyak digunakan karena mampu menghasilkan sambungan yang kuat, ekonomis, dan efisien. Namun demikian, kualitas sambungan las sangat menentukan keandalan suatu komponen karena sebagian besar kegagalan struktur logam diawali dari daerah sambungan las. Oleh sebab itu, pengendalian kualitas hasil pengelasan menjadi aspek yang sangat penting dalam proses fabrikasi (Ramadhoni & Aini, 2025).

Selama proses pengelasan terjadi siklus pemanasan dan pendinginan yang sangat cepat sehingga menghasilkan distribusi temperatur yang tidak merata pada material. Kondisi tersebut menyebabkan terbentuknya tegangan sisa (*residual stress*) dan perubahan struktur mikro pada daerah *Fusion Zone* (FZ), *Fusion Line* (FL), *Heat Affected Zone* (HAZ), serta *Base Metal* (BM). Residual stress yang tinggi dapat menyebabkan distorsi dimensi, retak las (*weld cracking*), penurunan kekuatan lelah (*fatigue strength*), serta mempercepat kegagalan komponen selama operasi. Berbagai penelitian melaporkan bahwa sebagian besar kegagalan sambungan las dipengaruhi oleh kombinasi tegangan sisa, cacat pengelasan, dan perubahan mikrostruktur yang terjadi selama proses pengelasan. Oleh karena itu, pengendalian residual stress merupakan salah satu faktor penting dalam meningkatkan umur layan sambungan las.

Baja karbon rendah AISI 1020 merupakan salah satu material yang banyak digunakan pada industri manufaktur karena memiliki kandungan karbon sekitar 0,20%, sehingga mempunyai kemampuan las (*weldability*) yang baik, mudah dibentuk, memiliki keuletan tinggi, serta biaya produksi yang relatif rendah. Dibandingkan baja ST37 maupun ASTM A36, baja AISI 1020 memiliki komposisi kimia yang lebih terstandarisasi sehingga perubahan sifat mekanik akibat perlakuan panas dapat diamati secara lebih konsisten.

Proses penyambungan dalam penelitian ini menggunakan metode *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW). Metode GTAW dipilih karena menghasilkan kualitas sambungan yang lebih baik dibandingkan SMAW maupun GMAW. GTAW menggunakan elektroda tungsten tidak habis pakai dan gas pelindung inert sehingga mampu menghasilkan logam las yang lebih bersih, penetrasi yang stabil, percikan yang sangat sedikit, serta meminimalkan kontaminasi selama proses pengelasan. Karakteristik tersebut menjadikan GTAW lebih sesuai digunakan pada penelitian yang berfokus pada analisis struktur mikro dan distribusi kekerasan.

Salah satu metode untuk mengurangi *residual stress* setelah proses pengelasan adalah *Post Weld Heat Treatment* (PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN). Perlakuan panas ini bertujuan untuk mereduksi tegangan sisa, meningkatkan homogenitas struktur mikro, serta memperbaiki distribusi sifat mekanik sambungan las.

Pada penelitian ini digunakan temperatur 300°C dan 500°C. Temperatur 300°C dipilih karena termasuk rentang *low temperature stress relieving*, yaitu temperatur yang mampu menurunkan sebagian tegangan sisa tanpa menyebabkan perubahan mikrostruktur yang signifikan. Sementara itu, temperatur 500°C dipilih karena berada pada rentang *medium stress relieving*, yang memungkinkan terjadinya difusi atom lebih besar sehingga perubahan struktur mikro dan distribusi kekerasan diperkirakan lebih nyata. Perbandingan kedua temperatur tersebut diharapkan dapat menunjukkan hubungan antara tingkat perlakuan panas dengan perubahan sifat mekanik dan mikrostruktur sambungan las.

Penelitian mengenai pengaruh PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN terhadap baja karbon rendah telah banyak dilakukan. Hazazi et al. (2025) melaporkan bahwa perlakuan *Post Weld Heat Treatment* (PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN) memengaruhi struktur mikro dan nilai kekerasan pada baja karbon rendah SS400. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa peningkatan temperatur PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN dapat mengubah karakteristik mikrostruktur serta distribusi kekerasan material. Meskipun menggunakan material SS400, penelitian tersebut dapat dijadikan sebagai pembanding umum untuk menjelaskan mekanisme pengaruh PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN pada baja karbon rendah. Namun

demikian, karena AISI 1020 dan SS400 memiliki komposisi kimia serta spesifikasi material yang berbeda, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengkaji pengaruh PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN secara khusus pada baja AISI 1020. Aninda et al. (2023) menunjukkan bahwa perlakuan panas pasca pengelasan mampu meningkatkan karakteristik mekanik sambungan las baja karbon. Namun demikian, penelitian-penelitian tersebut masih memiliki beberapa keterbatasan.

Pertama, sebagian besar penelitian menggunakan variasi temperatur dan waktu penahanan yang berbeda sehingga hasil penelitian sulit dibandingkan secara langsung. Kedua, sebagian penelitian hanya mengevaluasi perubahan kekerasan atau struktur mikro secara terpisah tanpa menghubungkan keduanya. Ketiga, penelitian yang secara khusus membahas distribusi kekerasan *Vickers* pada setiap zona sambungan las GTAW baja AISI 1020 setelah PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN pada temperatur 300°C dan 500°C masih sangat terbatas. Kondisi tersebut menunjukkan masih terdapat celah penelitian yang perlu dikaji lebih lanjut.

Perkembangan penelitian mengenai PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN menunjukkan bahwa perlakuan panas pasca pengelasan berperan penting dalam mengurangi residual stress dan memperbaiki karakteristik sambungan las. Penelitian terdahulu umumnya berfokus pada pengaruh temperatur PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN terhadap perubahan kekerasan, struktur mikro, atau sifat tarik secara terpisah. Sebagian penelitian menggunakan metode pengelasan SMAW atau GMAW, sedangkan penelitian yang menggunakan metode GTAW pada baja AISI 1020 dengan evaluasi menyeluruh terhadap hubungan struktur mikro dan distribusi kekerasan masih relatif sedikit. Dengan demikian, penelitian ini berada pada pengembangan terkini (*state of the art*) yang mengintegrasikan analisis mikrostruktur dan kekerasan pada seluruh zona sambungan las hasil GTAW setelah PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN.

Kebaruan (*novelty*) penelitian ini terletak pada analisis keterkaitan perubahan struktur mikro dengan distribusi nilai kekerasan Vickers pada setiap zona sambungan las, yaitu *Base Metal* (BM), *Heat Affected Zone* (HAZ), dan Fusion Line (FL), pada baja AISI 1020 hasil pengelasan *Gas Tungsten Arc Welding*

(GTAW) setelah diberikan perlakuan *Post Weld Heat Treatment* (PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN) pada temperatur 300°C dan 500°C dengan waktu penahanan yang sama. Penelitian ini tidak hanya mengevaluasi perubahan nilai kekerasan, tetapi juga menjelaskan hubungan antara perubahan struktur mikro dan distribusi kekerasan pada ketiga zona tersebut sebagai dasar untuk memahami pengaruh temperatur PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN terhadap kualitas sambungan las.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh *Post Weld Heat Treatment* (PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN) terhadap nilai kekerasan *Vickers* dan struktur mikro pada sambungan las GTAW baja AISI 1020. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi dalam menentukan parameter PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN yang optimal guna meningkatkan kualitas sambungan las pada aplikasi manufaktur dan konstruksi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah dipaparkan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh variasi temperature PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN terhadap distribusi kekerasan Vickers pada daerah *Fusion Line* (FL), *Heat Affected Zone* (HAZ), dan *Base Metal*?
2. Bagaimana perubahan struktur mikro pada daerah *Fusion Line* (FL), *Heat Affected Zone* (HAZ), dan *Base Metal* setelah diberikan perlakuan *Post Weld Heat Treatment* (PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN)?
3. Bagaimana hubungan antara perubahan struktur mikro dengan distribusi nilai kekerasan Vickers pada sambungan las GTAW baja AISI 1020 setelah dilakukan *Post Weld Heat Treatment* (PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN)?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan fokus, maka ruang lingkup penelitian dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Penelitian menggunakan material baja karbon rendah AISI 1020 yang disambung menggunakan proses Gas *Tungsten Arc Welding* (GTAW) dan

diberikan perlakuan *Post Weld Heat Treatment* (PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN) dengan parameter penelitian yang telah ditentukan.

2. Pengujian yang dilakukan hanya meliputi uji kekerasan Vickers dan pengamatan struktur mikro pada daerah *Fusion Line* (FL), *Heat Affected Zone* (HAZ), dan *Base Metal*.
3. Penelitian ini tidak membahas sifat mekanik lainnya seperti kekuatan tarik, uji impak, uji bending, maupun pengujian korosi.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disusun, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menganalisis dan membandingkan distribusi kekerasan Vickers pada daerah *Fusion Line* (FL), *Heat Affected Zone* (HAZ), dan *Base Metal* (BM) pada kondisi tanpa PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN, PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN 300°C, dan PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN 500°C
2. Menganalisis perubahan struktur mikro pada daerah *Fusion Line* (FL), *Heat Affected Zone* (HAZ), dan *Base Metal* setelah dilakukan *Post Weld Heat Treatment* (PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN).
3. Menganalisis hubungan antara perubahan struktur mikro dengan distribusi nilai kekerasan Vickers pada sambungan las GTAW baja AISI 1020 setelah proses *Post Weld Heat Treatment* (PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN).

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik secara akademis maupun praktis sebagai berikut.

1. Manfaat Akademis
   a. Memberikan kontribusi ilmiah mengenai pengaruh *Post Weld Heat Treatment* (PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN) terhadap

perubahan nilai kekerasan Vickers dan struktur mikro pada sambungan las *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) baja karbon rendah AISI 1020.

b. Menambah referensi ilmiah mengenai hubungan antara temperatur PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN, perubahan struktur mikro, dan distribusi kekerasan pada daerah *Base Metal* (BM), *Heat Affected Zone* (HAZ), *Fusion Line* (FL), dan *Fusion Zone* (FZ)**.**

c. Menjadi dasar bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan optimasi parameter PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN, pengembangan teknologi pengelasan, maupun evaluasi sifat mekanik baja karbon rendah hasil pengelasan.

2. Manfaat Praktis

a. Bagi industri manufaktur, hasil penelitian dapat menjadi acuan dalam menentukan parameter PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN yang sesuai untuk meningkatkan kualitas sambungan las, mengurangi tegangan sisa (*residual stress*), serta meningkatkan keandalan komponen mesin dan produk fabrikasi berbahan baja AISI 1020.

b. Bagi industri konstruksi, penelitian ini memberikan informasi mengenai pengaruh PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN terhadap homogenitas sifat mekanik sambungan las sehingga dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam meningkatkan keamanan, kekuatan, dan umur layan struktur baja yang menggunakan sambungan las.

c. Bagi industri *pressure vessel*, perpipaan, dan peralatan proses, hasil penelitian dapat menjadi referensi dalam pemilihan parameter PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN untuk meminimalkan risiko retak akibat tegangan sisa, meningkatkan integritas sambungan las, serta mendukung pemenuhan persyaratan standar keselamatan pada komponen yang bekerja pada tekanan dan temperatur tertentu.

d. Bagi pengembangan proses PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN, penelitian ini memberikan informasi mengenai pengaruh variasi temperatur 300°C dan 500°C terhadap perubahan struktur mikro dan distribusi kekerasan, sehingga dapat menjadi dasar

dalam pengembangan prosedur PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN yang lebih efektif, efisien, dan sesuai dengan karakteristik baja karbon rendah AISI 1020.

e. Bagi praktisi pengelasan dan *quality control*, hasil penelitian dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam evaluasi kualitas sambungan las, penyusunan *Welding Procedure Specification* (WPS), serta penentuan perlakuan panas pasca pengelasan yang sesuai untuk memperoleh sifat mekanik yang lebih seragam dan andal.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dibuat untuk mempermudah dalam penyusunan skripsi ini maka perlu ditentukan sistematika penulisan yang baik. Sistematika penulisannya adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pendahuluan mendeskripsikan mengenailatar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang teori-teori yang digunakan dalam penelitian yang dapat digunakan sebagai acuan.

BAB III METODE PENELITIAN

Dalam bab ini penulis mengemukakan metode penelitian yang dilakukan untuk memperoleh data.

BAB IV DATA DAN HASIL PENELITIAN

Merupakan uraian dari data yang berkaitan dengan hasil penelitian dan dibahas berdasarkan fakta dari hasil penelitian yang dilakukan.

BAB V KESIMPULAN

Hasil ringkasan dari penelitian yang telah dilakukan dan saran.

DAFTAR PUSTAKA

Berisi tentang sumber baik itu buku, jurnal dari internet yang digunakan untuk mempermudah dalam melakukan proses penelitian.

LAMPIRAN

Berisi tentang dokumen tambahan yang dilampirkan pada bagian akhir naskah skripsi.