

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Baja karbon rendah merupakan salah satu material logam yang paling banyak digunakan dalam berbagai bidang teknik karena memiliki keseimbangan yang baik antara kekuatan, keuletan, kemudahan pembentukan, kemampuan pengelasan, dan biaya produksi yang relatif rendah. Material ini diaplikasikan secara luas pada konstruksi bangunan, industri otomotif, perkapalan, perpipaan, manufaktur, serta berbagai komponen mesin yang bekerja di bawah pembebanan statis maupun dinamis. Kandungan karbon yang relatif rendah, yaitu kurang dari 0,30%, menghasilkan struktur mikro yang didominasi oleh ferit dan perlit sehingga baja karbon rendah memiliki sifat ulet dan mampu mengalami deformasi plastis sebelum mengalami kegagalan. Karakteristik tersebut menjadikan baja karbon rendah sebagai salah satu material yang banyak dipilih dalam berbagai aplikasi rekayasa.

Salah satu sifat mekanik penting yang harus diperhatikan adalah ketangguhan *impact* (*impact toughness*), yaitu kemampuan material menyerap energi sebelum mengalami patah akibat pembebanan kejut. Pengujian yang paling banyak digunakan untuk mengevaluasi sifat ini adalah *Charpy V-notch* sebagaimana diatur dalam standar ASTM E23. Pengujian tersebut memberikan informasi mengenai energi yang diserap material selama proses patah sehingga dapat digunakan untuk mengevaluasi perilaku material pada berbagai temperatur.

Pada komponen teknik, kegagalan material tidak hanya disebabkan oleh pembebanan statis, tetapi juga oleh pembebanan dinamis berupa benturan atau beban kejut (*impact loading*). Oleh karena itu, kemampuan material dalam menyerap energi benturan menjadi salah satu parameter penting yang harus diperhatikan. Parameter tersebut dikenal sebagai ketangguhan *impact* (*impact toughness*), yaitu kemampuan material menyerap energi sebelum mengalami patah. Semakin tinggi nilai ketangguhan *impact*, semakin besar kemampuan material menahan inisiasi dan propagasi retak sehingga risiko kegagalan mendadak dapat

diminimalkan. Evaluasi ketangguhan impact menjadi sangat penting terutama pada komponen yang beroperasi pada kondisi temperatur yang bervariasi.

Temperatur merupakan salah satu faktor yang sangat memengaruhi perilaku mekanik baja karbon. Pada temperatur rendah, mobilitas dislokasi dalam struktur kristal menurun sehingga deformasi plastis menjadi terbatas dan material cenderung mengalami patah getas (*brittle fracture*). Sebaliknya, peningkatan temperatur meningkatkan mobilitas dislokasi sehingga deformasi plastis berlangsung lebih besar sebelum terjadi patah. Kondisi ini menyebabkan energi benturan yang mampu diserap material meningkat seiring bertambahnya temperatur. Perubahan perilaku tersebut dikenal sebagai fenomena *ductile-to-brittle transition*, yaitu perubahan sifat material dari kondisi getas menuju kondisi yang lebih ulet akibat perubahan temperatur.

Penelitian lain menunjukkan bahwa energi *impact* hasil pengujian *Charpy* meningkat seiring kenaikan temperatur pengujian. Sebaliknya, pada temperatur rendah terjadi penurunan kemampuan deformasi plastis sehingga energi *impact* berkurang secara signifikan. Fenomena tersebut sesuai dengan perilaku khas baja berstruktur BCC yang mengalami transisi dari patah ulet menjadi patah getas ketika temperatur menurun. Capula-Colindres dkk. (2024) juga melaporkan bahwa temperatur berpengaruh terhadap nilai energi serap dan temperatur transisi pada baja pipa API 5L X52. Temuan serupa juga dilaporkan oleh Xiong et al. (2025) pada berbagai jenis baja struktural, di mana peningkatan temperatur secara konsisten meningkatkan energi *impact*. Meskipun material yang diteliti berbeda, mekanisme peningkatan ketangguhan akibat kenaikan temperatur menunjukkan kecenderungan yang serupa.

Pengujian *Charpy* merupakan metode yang paling banyak digunakan untuk mengevaluasi ketangguhan *impact* suatu material karena mampu memberikan informasi mengenai energi yang diserap spesimen selama proses pembebanan kejut hingga terjadi patah. Selain menghasilkan nilai energi *impact*, pengujian *Charpy* juga dapat digunakan untuk menganalisis kecenderungan temperatur transisi ulet–getas berdasarkan perubahan energi serapan dan karakteristik permukaan patahan. Oleh karena itu, metode ini banyak diterapkan dalam penelitian maupun

pengendalian kualitas material di berbagai industri. Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa temperatur memiliki pengaruh yang signifikan terhadap ketangguhan *impact* berbagai jenis baja. Secara umum, peningkatan temperatur menyebabkan kenaikan energi *impact* akibat meningkatnya deformasi plastis, sedangkan penurunan temperatur mengakibatkan penurunan energi serapan dan meningkatkan kecenderungan terjadinya patah getas. Namun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu lebih banyak membahas baja paduan atau baja yang telah mengalami perlakuan panas. Penelitian mengenai pengaruh variasi temperatur terhadap ketangguhan *impact* baja karbon rendah tanpa perlakuan panas masih relatif terbatas, khususnya pada rentang temperatur yang mendekati kondisi operasi aktual. Struktur mikro baja karbon rendah didominasi oleh ferit dan perlit. Ferit memberikan sifat lunak dan ulet, sedangkan perlit meningkatkan kekuatan dan kekerasan. Proporsi kedua fase tersebut sangat menentukan ketangguhan *impact* material. Penambahan unsur paduan tertentu maupun perubahan temperatur transformasi juga dapat mengubah ukuran butir ferit dan jarak lamela perlit sehingga memengaruhi ketangguhan material.

Krauss (2015) menjelaskan bahwa ukuran butir yang lebih halus meningkatkan ketahanan terhadap propagasi retak sehingga energi *impact* cenderung meningkat. Lee et al. (2016) juga menegaskan bahwa penambahan unsur tertentu dan pengendalian temperatur transformasi dapat mengubah jarak lamela perlit dan ukuran butir ferit, yang secara langsung memengaruhi ketangguhan *impact* baja karbon rendah. Dengan demikian, hubungan antara temperatur dan struktur mikro menjadi faktor utama dalam menentukan ketangguhan baja karbon rendah.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh variasi temperatur terhadap energi *impact* dan ketangguhan *impact* baja karbon rendah menggunakan metode pengujian *Charpy*. Kebaruan penelitian ini terletak pada analisis hubungan antara variasi temperatur, energi *impact*, ketangguhan *impact*, serta karakteristik patahan baja karbon rendah tanpa perlakuan panas dalam satu pembahasan yang terintegrasi. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai perilaku mekanik baja karbon rendah pada

berbagai kondisi temperatur serta menjadi referensi dalam pemilihan material untuk aplikasi teknik.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana perubahan temperatur pengujian memengaruhi nilai ketangguhan *impact* baja karbon rendah?
2. Pada temperatur berapa material mulai mengalami perubahan sifat dari ulet menjadi getas?
3. Apakah perubahan temperatur memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai *impact* baja karbon rendah?

1.3 Tujuan dan Manfaat

1.3.1 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui pengaruh perubahan temperatur pengujian terhadap nilai ketangguhan *impact* baja karbon rendah
2. Mengetahui batas temperatur transisi dari ulet ke getas.
3. Mengetahui bagaimana perubahan temperatur itu memberikan pengaruh nyata pada nilai ketangguhan *impact* baja karbon rendah.

1.3.2 Manfaat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai bahan pertimbangan dalam pemilihan dan perancangan penggunaan baja karbon rendah pada kondisi lingkungan yang mengalami perubahan temperatur. Sehingga hasil yang diperoleh dapat membantu meningkatkan aspek keselamatan, keandalan, dan daya tahan komponen yang menerima beban *impact*. Selain itu, penelitian ini juga dapat digunakan sebagai sumber referensi dan bahan pembelajaran bagi mahasiswa, akademis, maupun praktisi di bidang teknik dan material.

1.4 Batasan Masalah

1. Perubahan temperatur yang dilakukan pada penelitian ini adalah -50°C, -30°C, -10°C, 0°C, 10°C, 30°C dan 50°C.
2. Objek material yang diteliti adalah baja karbon rendah sesuai dengan spesifikasi material yang digunakan dalam penelitian.

3. Jenis pengujian yang dilakukan hanya mencakup pengujian *impact* sebagai dasar penentuan ketangguhan *impact* material.
4. Pengujian ini tidak dilakukan perlakuan panas.

1.5 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Menjelaskan latar belakang penelitian mengenai pengaruh perubahan temperatur terhadap ketangguhan *impact* baja karbon, mencakup rumusan masalah, batasan penelitian, tujuan untuk menganalisis hubungan temperatur dengan energi *impact* serta menentukan temperatur transisi, dan manfaat penelitian bagi ilmu material maupun industri..

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Memuat dasar teori tentang baja karbon, struktur mikro dan sifat mekaniknya, konsep uji *impact* metode *Charpy*, serta fenomena transisi ulet-getas yang didukung oleh penelitian terdahulu sebagai landasan analisis.

BAB III METODOLOGI

Menguraikan metode penelitian eksperimental yang meliputi variabel penelitian, prosedur pengujian pada berbagai variasi temperatur, serta teknik analisis data untuk mengetahui hubungan temperatur dengan ketangguhan dan menentukan batas transisi ulet-getas.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

berisi hasil penelitian dan pembahasan mengenai pengaruh perubahan temperatur terhadap ketangguhan *impact* baja karbon rendah. Pada bab ini disajikan hasil pengujian, perhitungan energi dan ketangguhan *impact*, analisis grafik hubungan temperatur dengan ketangguhan *impact*, serta pembahasan mengenai temperatur transisi ulet–getas berdasarkan hasil pengujian.

BAB V KESIMPULAN

berisi kesimpulan dan saran yang disusun berdasarkan hasil penelitian. Kesimpulan menjawab tujuan penelitian mengenai pengaruh perubahan temperatur terhadap ketangguhan *impact* baja karbon rendah dan temperatur transisi ulet–getas, sedangkan saran diberikan sebagai masukan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.