

Analisa Pengaruh Kadar Karbon Baja Terhadap Uji Kekuatan Impact

^{1*}Lucki Apriansyah, ²Ali Akbar, ³Yasinta Sindy Pramesti

^{1,2,3}Teknik Mesin, Universitas Nusantara PGRI Kediri

E-mail: *luckiapriansyah02@gmail.com, aliakbarumsida@gmail.com,

³yasintasindy@unpkediri.ac.id

Penulis Korespondens : Lucki Apriansyah

Abstrak— Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi kadar karbon terhadap kekuatan impak baja karbon sedang (AISI 1045) dan tinggi (AISI D2) dengan menggunakan metode uji Charpy. Pengujian dilakukan pada spesimen berukuran 10x10x55 mm pada temperatur ruang, dan data dianalisis secara statistik menggunakan uji-t. Hasil menunjukkan bahwa AISI D2 memiliki kekuatan impak rata-rata lebih tinggi (0,405 Joule) dibandingkan AISI 1045 (0,3735 Joule), dengan nilai uji-t sebesar -5,16 yang menunjukkan perbedaan signifikan. Perbedaan ini disebabkan oleh struktur mikro AISI D2 yang didominasi martensit dan karbida keras hasil perlakuan panas, sedangkan AISI 1045 memiliki struktur ferrit dan perlite yang lebih lunak dan ulet. Temuan ini menunjukkan pentingnya pemilihan kadar karbon dan perlakuan termal yang sesuai untuk meningkatkan ketangguhan baja dalam aplikasi industri yang memerlukan ketahanan terhadap beban kejut.

Kata Kunci— carbon content, Charpy test, impact, microstructure, steel

Abstract— This study aims to analyze the effect of carbon content variation on the impact strength of medium-carbon steel (AISI 1045) and high-carbon steel (AISI D2) using the Charpy impact test method. Tests were conducted on 10x10x55 mm specimens at room temperature, and data were statistically analyzed using the t-test. The results showed that AISI D2 had a higher average impact strength (0.405 Joules) compared to AISI 1045 (0.3735 Joules), with a t-test value of -5.16 indicating a significant difference. This difference is attributed to the microstructure of AISI D2, dominated by hard martensite and carbides formed during heat treatment, while AISI 1045 contains softer and more ductile ferrite and pearlite. These findings highlight the importance of selecting the appropriate carbon content and thermal treatment to enhance steel toughness for industrial applications requiring impact resistance.

Keywords— carbon content, Charpy test, impact, microstructure, steel

This is an open access article under the CC BY-SA License.



I. PENDAHULUAN

Baja merupakan material yang sangat vital dalam berbagai sektor industri, mulai dari konstruksi hingga otomotif, karena sifat mekaniknya yang unggul seperti kekuatan tarik, kekerasan, dan keuletan. Tingginya permintaan baja secara global, yang mencapai 1.878 juta ton pada tahun 2022, dan produksi baja mentah di Indonesia sebesar 12,6 juta ton pada tahun yang sama, menunjukkan peran krusial material ini dalam pembangunan dan industri[1]. Sifat mekanik baja sangat ditentukan oleh komposisi kimianya, terutama oleh kadar karbon. Peningkatan kadar karbon cenderung meningkatkan kekuatan dan kekerasan, namun di sisi lain dapat menurunkan keuletan material. Atom karbon yang menempati posisi interstisial dalam struktur kristal besi

menghambat pergerakan dislokasi, sehingga meningkatkan kekuatan baja. Namun, kadar karbon yang berlebihan dapat memicu pembentukan karbida yang getas, yang berpotensi mengurangi keuletan dan ketangguhan baja[2]. Kadar karbon dalam baja berperan penting dalam menentukan struktur mikro dan sifat mekaniknya. Atom karbon yang berukuran kecil akan menempati posisi interstisial di dalam struktur kristal besi, sehingga menghambat pergerakan dislokasi dan meningkatkan kekuatan baja. Namun, kadar karbon yang terlalu tinggi dapat menyebabkan terbentuknya karbida yang rapuh, sehingga mengurangi keuletan dan ketangguhan baja.

Oleh karena itu, pemilihan kadar karbon yang tepat menjadi sangat esensial untuk memperoleh sifat mekanik yang optimal sesuai dengan kebutuhan aplikasi. Ketangguhan material, yaitu kemampuannya menyerap energi saat terjadi deformasi plastis hingga patah, diukur melalui uji impak[3]. Uji ini penting untuk memahami bagaimana material menahan beban kejut dan mencegah terjadinya patah getas. Baja karbon, yang diklasifikasikan menjadi baja karbon rendah ($< 0.3\%$), sedang ($0.3\% - 0.6\%$), dan tinggi ($> 0.6\%$), Setiap jenis baja karbon memiliki karakteristik dan aplikasi yang berbeda-beda. Baja karbon rendah umumnya digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan keuletan dan kemampuan las yang baik, seperti konstruksi bangunan dan bodi otomotif merupakan jenis baja yang paling umum digunakan karena biayanya yang relatif ekonomis dan sifat mekaniknya yang dapat disesuaikan[4]. Baja karbon sedang memiliki kekuatan dan kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan baja karbon rendah, sehingga cocok digunakan untuk komponen mesin, roda gigi, dan rel kereta api. Baja karbon tinggi memiliki kekuatan dan kekerasan yang sangat tinggi, namun keuletannya rendah. Baja karbon tinggi umumnya digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan ketahanan aus yang tinggi, seperti alat potong, pegas, dan bantalan. Pengaruh kadar karbon terhadap sifat mekanik baja karbon telah banyak diteliti, namun masih terdapat perbedaan hasil penelitian dan interpretasi data. Setiap klasifikasi memiliki aplikasi yang berbeda; baja karbon rendah cocok untuk konstruksi karena keuletannya, baja karbon sedang untuk komponen mesin yang memerlukan kekuatan lebih tinggi, dan baja karbon tinggi untuk aplikasi yang menuntut ketahanan aus yang tinggi seperti alat potong.

Salah satu metode uji impak yang paling sering digunakan adalah metode Charpy, di mana spesimen bertakik V dipukul oleh pendulum untuk mengukur energi yang diserap saat patah. Uji ini memberikan informasi penting mengenai ketangguhan, transisi ulet-getas, dan sensitivitas takik suatu material. Energi yang diserap untuk mematahkan spesimen diukur dari perbedaan tinggi pendulum sebelum dan sesudah memukul spesimen. uji *impact Charpy* dapat memberikan informasi mengenai ketangguhan material, transisi ulet-getas, dan sensitivitas takik.[5].

Permasalahan mendasar yang sering muncul dalam penggunaan baja karbon adalah risiko patah getas, terutama pada temperatur rendah atau saat menerima beban kejut. Patah getas terjadi secara tiba-tiba tanpa deformasi plastis yang signifikan, sehingga dapat menyebabkan kegagalan struktur yang fatal dan kerugian besar. Oleh karena itu, pemahaman mendalam mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi ketangguhan baja, khususnya pengaruh kadar karbon, menjadi sangat krusial untuk mitigasi risiko tersebut. Meskipun pengaruh kadar karbon terhadap sifat mekanik baja telah banyak diteliti, masih terdapat perbedaan hasil dan interpretasi data yang memerlukan kajian lebih lanjut. Penelitian ini menjadi penting untuk menyediakan data yang lebih komprehensif terkait hubungan antara kadar karbon dan kekuatan impak baja.

Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji topik ini dan menjadi landasan bagi studi ini. Suhardi et al. (2021) menemukan bahwa peningkatan kadar karbon pada baja AISI 1045 meningkatkan kekuatan tarik dan kekerasan, namun secara signifikan menurunkan kekuatan impaknya akibat pembentukan karbida yang rapuh. Penelitian lain oleh Fauzi et al. (2022) menunjukkan bahwa penambahan unsur paduan seperti nikel dan kromium pada baja karbon tinggi dapat meningkatkan kekuatan impak dengan memperbaiki struktur mikro dan mengurangi jumlah karbida rapuh[6]. Sementara itu, Borges et al. (2019) melaporkan bahwa peningkatan kadar karbon pada baja API 5L X80 tidak hanya menurunkan energi impak tetapi juga meningkatkan temperatur transisi ulet-getas, yang disebabkan oleh peningkatan jumlah karbida dalam mikrostruktur. Penelitian-penelitian ini relevan karena sama-sama menginvestigasi pengaruh kadar karbon terhadap kekuatan impak baja dan memberikan dasar yang kuat untuk penelitian ini.

Dengan demikian, tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menganalisis secara mendalam pengaruh variasi kadar karbon pada baja karbon sedang dan tinggi terhadap kekuatan impak yang diukur menggunakan metode uji Charpy[7]. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan nilai kekuatan impak yang signifikan antara kedua jenis baja tersebut. Secara praktis, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi panduan bagi industri manufaktur dalam memilih material baja yang sesuai dengan kebutuhan kekuatan impak, sehingga dapat mengoptimalkan desain produk dan meminimalkan risiko kegagalan akibat patah getas. Secara teoritis, penelitian ini diharapkan dapat memperkaya khasanah ilmu pengetahuan mengenai hubungan antara kadar karbon, struktur mikro, dan sifat mekanik baja, serta menjadi dasar untuk penelitian lanjutan di bidang material. Manfaat tersebut menggarisbawahi pentingnya penelitian ini bagi pengembangan ilmu material dan aplikasi industri.

Penelitian ini penting dilakukan untuk memberikan informasi yang lebih komprehensif mengenai pengaruh kadar karbon terhadap kekuatan impact baja. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi para pelaku industri dalam memilih jenis baja karbon yang tepat sesuai dengan aplikasi yang diinginkan. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang material.

II. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen untuk menganalisis pengaruh variasi kadar karbon pada baja terhadap kekuatan impak. Prosedur penelitian dimulai dari tahap persiapan yang mencakup studi literatur dan perumusan masalah, dilanjutkan dengan pengumpulan data melalui pengujian spesimen[8]. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah kadar karbon pada baja, yang terdiri dari baja karbon sedang (AISI 1045) dan baja karbon tinggi (AISI D2), sedangkan variabel terikatnya adalah kekuatan impak material. Teknik pengumpulan data utama adalah eksperimen laboratorium menggunakan metode uji impak Charpy pada spesimen berukuran 10x10x55mm pada temperatur ruang. Semua data hasil pengujian, termasuk sudut awal dan akhir pendulum, akan dicatat secara sistematis dalam tabel. Setelah data terkumpul, dilakukan tahap pengolahan dan analisis data.

Teknik analisis data yang digunakan adalah statistik deskriptif dan uji hipotesis menggunakan Uji-t (t-test) untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan signifikan antara kekuatan impak baja karbon sedang dan tinggi. Hasil analisis ini akan menjadi dasar untuk menarik kesimpulan mengenai pengaruh kadar karbon terhadap ketangguhan baja. Seluruh rangkaian proses penelitian, dari persiapan hingga pelaporan, dijadwalkan berlangsung selama lima bulan, mulai dari Februari hingga Juni 2025

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah hasil uji impack cherpay yang telah dilakukan :

Tabel 1. hasil uji impack cherpay

| No | Spesimen | Dimensi (mm) | Impact (Joule) | Rata-rata (Joule) |
|----|---------------------------|--------------|----------------|-------------------|
| 1 | AISI1045 (0,43%-0,50%) | 10x10x55 | 0,377 0,370 | 0,3735 Joule |
| 2 | AISI D2 (1,40%-1,60%) | 10x10x55 | 0,41 0,40 | 0,405 Joule |

Untuk melihat perbedaan antara kedua uji tersebut maka dilakukan perhitungan UJI T sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \\
 t &= \frac{0,3735 - 0,405}{\sqrt{\frac{0,0000245}{2} + \frac{0,00005}{2}}} \\
 t &= \frac{-0,0315}{\sqrt{0,00001225 + 0,000025}} \\
 t &= \frac{-0,0315}{\sqrt{0,00003725}} \\
 t &= \frac{-0,0315}{0,006103} \\
 t &\approx -5,16
 \end{aligned}$$

Hasil Uji-t sebesar -5,16 menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan secara statistik antara kekuatan impact kedua spesimen, di mana spesimen AISI D2 memiliki rata-rata kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan AISI 1045.

Berdasarkan hasil uji impak Charpy yang dilakukan , diketahui bahwa baja karbon tinggi AISI D2 memiliki rata-rata kekuatan impak sebesar 0,405 Joule, sedangkan baja karbon sedang AISI 1045 hanya mencapai 0,3735 Joule. Perbedaan nilai ini menunjukkan bahwa AISI D2 mampu

menyerap energi benturan lebih besar dibandingkan AISI 1045. Hasil tersebut dapat dijelaskan melalui struktur mikro dari masing-masing baja. Baja AISI 1045 umumnya memiliki struktur mikro berupa ferit dan perlit, yang memberikan kombinasi antara keuletan dan kekuatan. Namun, struktur ini cenderung kurang mampu menahan beban kejut secara signifikan dibandingkan dengan struktur pada AISI D2. Sebaliknya, baja AISI D2 memiliki kandungan karbon yang tinggi dan setelah melalui proses perlakuan panas serta quenching, struktur mikronya didominasi oleh martensit—fase yang sangat keras dan padat—serta karbida homogen yang terbentuk selama pendinginan cepat. Struktur ini membuat baja D2 memiliki ketahanan impak yang lebih baik pada suhu ruang[9].

Penelitian yang dilakukan oleh R. Bagus Suryasa mendukung temuan ini, dengan menyatakan bahwa proses perlakuan panas pada 400°C dan pendinginan menggunakan media air dengan variasi suhu memberikan pengaruh besar terhadap perubahan fasa mikro pada baja. Pada AISI D2, perlakuan ini mendorong pembentukan martensit dan memperkuat matriks logam, sehingga meningkatkan ketahanan terhadap patah getas[10]. Sementara itu, struktur perlit dan ferit pada AISI 1045 yang terbentuk selama pendinginan cenderung lebih lunak dan ulet, namun kurang efektif dalam menyerap energi benturan besar. Oleh karena itu, kadar karbon yang lebih tinggi pada AISI D2, dikombinasikan dengan struktur mikro martensitik dan keberadaan karbida, menjelaskan mengapa baja ini menunjukkan nilai impak yang lebih tinggi dalam pengujian. Pengetahuan tentang hubungan antara struktur mikro dan sifat mekanik ini sangat penting dalam pemilihan material teknik untuk aplikasi yang memerlukan ketahanan terhadap beban kejut.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pengujian, dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan dari kadar karbon terhadap kekuatan impak baja, di mana baja karbon tinggi AISI D2 memiliki nilai kekuatan impak yang lebih tinggi dibandingkan dengan baja karbon sedang AISI 1045. Hal ini menjawab tujuan penelitian untuk mengetahui adanya perbedaan ketangguhan antara kedua jenis baja tersebut. Perbedaan ini dipengaruhi oleh struktur mikro masing-masing baja, di mana AISI D2 yang mengalami proses perlakuan panas dan quenching membentuk struktur martensit dan karbida yang keras serta mampu menyerap energi kejut lebih besar, sedangkan AISI 1045 dengan struktur ferit dan perlit cenderung memiliki keuletan yang baik namun kurang optimal dalam ketahanan terhadap benturan. Dengan demikian, pemilihan kadar karbon dan perlakuan termal yang tepat menjadi kunci utama dalam menentukan ketangguhan material baja untuk kebutuhan industri yang memerlukan ketahanan terhadap beban kejut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan penuh rasa syukur dan hormat, saya ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam proses penyusunan artikel ini. tanpa dukungan, kerja sama, serta masukan dari berbagai pihak, artikel ini tentu tidak akan dapat tersusun sebagaimana mestinya. Secara khusus, saya mengucapkan terima kasih kepada para narasumber yang telah bersedia meluangkan waktu untuk berbagi pengetahuan, wawasan, serta pengalamannya. Informasi yang mereka berikan menjadi landasan penting dalam memperkaya isi

artikel ini secara substansial.ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada tim editorial dan rekan-rekan yang terlibat secara langsung maupun tidak langsung.semangat kolaboratif, komitmen terhadap kualitas, dan ketelitian mereka sangat berperan besar dalam menjaga mutu dan akurasi dari setiap bagian artikel ini.tak lupa, saya juga menyampaikan penghargaan kepada para pembaca yang telah menyempatkan waktunya untuk membaca dan memberikan tanggapan. Semoga artikel ini dapat memberikan manfaat, memperluas wawasan, serta menjadi inspirasi dalam bidang yang dibahas.akhir kata, saya menyadari bahwa artikel ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, segala bentuk kritik dan saran yang membangun sangat saya harapkan demi perbaikan di masa yang akan datang. Terima kasih atas kepercayaan dan perhatiannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Istiqlaliyah, A. Mufarrih, and G. Gundara, “Analisa Kekuatan Tarik Baja ST 37 Dengan Variasi Kuat Arus , Media,” *Semin. Nas. Inov. Teknol.*, no. 1, pp. 33–36, 2020, [Online]. Available: <https://doi.org/10.29407/inotek.v2i1.452>
- [2] H. Hermawan, H. Istiasih, and A. Akbar, “Pengaruh Depth Of Cut Terhadap Kekasarahan Permukaan Pembubutan Baja ST-37 Dengan Mesin CNC,” *Semin. Nas. Inov. Teknol.*, vol. 2, no. 1, pp. 257–262, 2020, [Online]. Available: <https://doi.org/10.29407/inotek.v2i1.492>
- [3] A. Mufarrih, H. Istiqlaliyah, A. S. Fauzi, and A. Wibowo, “Analisa Sifat Mekanik Baja St 41 Pada Proses Pack Carburizing Menggunakan Media Arang Tempurung Kelapa Sawit Dengan Variasi Holding Time,” *Semin. Nas. Inov. Teknol. UNPGRI Kediri*, vol. 1, no. 2, pp. 135–140, 2020, [Online]. Available: <https://doi.org/10.29407/inotek.v2i1.469>
- [4] A. Akbar and Y. S. Pramesti, “Pengaruh Quenching Baja St 60 dengan Media Hot Oil Terhadap Nilai Kekerasan,” *Semnas Iv*, pp. 273–278, 2020, [Online]. Available: <https://doi.org/10.29407/inotek.v4i3.99>
- [5] M. Siddiq, N. Nurdin, I. Amalia, and A. Fathier, “Analisa Pengaruh Kampuh Pengelasan Smaw Pada Penyambungan Baja Karbon Rendah Dan Karbon Sedang Terhadap Uji Ketangguhan,” *J. Mesin Sains Terap.*, vol. 5, no. 1, p. 31, 2021, doi: 10.30811/jmst.v5i1.2141.
- [6] B. I. G. Sembiring, U. Budiarto, and ..., “Analisis Pengaruh Variasi Kuat Arus Listrik dan Posisi Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (SMAW) Terhadap Kekuatan Material Baja Karbon Sedang,” *J. Tek. Perkapalan*, vol. XX, no. X, pp. 1–10, 2024, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval/article/view/43970%0Ahttps://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval/article/download/43970/31257>
- [7] R. Kurniawan and L. Agustriyana, “Pengaruh Media Pendingin Terhadap Sifat Mekanik Baja SKD 11 Dalam Proses Hardening,” *Publishing*, no. 4, pp. 1–10, 2024, [Online]. Available: <https://doi.org/10.47134/jme.v1i4.3220>
- [8] M. F. Hilaqil S and W. Amiruddin, “Analisis Pengaruh Durasi Post Weld Heat Treatment Annealing Pada Pengelasan GMAW Baja ST60 Terhadap Kekuatan Uji Tarik, Uji IMPak, Uji Bending dan Struktur Mikro,” *J. Tek. Perkapalan*, vol. 12, no. 3, pp. 1–11, 2024, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>
- [9] M. Surya, A. Putra, A. Akbar, and H. Mahmudi, “Redesain Tumpuan Kawat Nikelin Pada Mesin Furnace Berkapasitas 7000 Watt,” *Semin. Nas. Inov. Teknol.*, vol. Vol. 6, no. 2, pp. 363–368, 2022, [Online]. Available: <https://doi.org/10.29407/inotek.v2i1.452>
- [10] F. Sutra Perdana, A. Akbar, and H. Mahmudi, “Analisa Kekuatan Material Bahan Dan Rangka Alat Pengguling Sapi Berbobot 1.2 Ton Menggunakan Software Autodesk Inventor,” *J. Semin. Nas. Inov. Teknol.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–7, 2022, [Online]. Available: <https://doi.org/10.29407/inotek.v6i3.2713>