

## KOMPARASI SIFAT MAMPU KERAS DAN KETANGGUHAN BAJA KARBON RENDAH ST 42 DAN AISI 1020

<sup>1</sup>Savitri Ramadhani, <sup>2</sup>Hildan Fahrizal Nur Faurizki, <sup>3</sup>Widiyanti, <sup>4</sup>Dieta Wahyu Asry Ningtias, <sup>5</sup>Chezta Ahmad Muzakky

<sup>1,2,4</sup>Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang, Semarang, Indonesia

<sup>3</sup>Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang, Malang, Indonesia

<sup>5</sup>Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

<sup>1</sup>e-mail: savitri.ramadhani@polines.ac.id

### Abstrak

Masifnya penggunaan logam baja di dunia industri menuntut adanya perbaikan sifat mekanis baja yang digunakan, salah satunya yaitu jenis baja karbon rendah. Guna mengakomodir tujuan tersebut, maka dilakukan penelitian untuk mengidentifikasi perbedaan sifat hardenability antara baja ST 42 dan baja AISI 1020 yang tergolong ke dalam jenis baja karbon rendah. Hardenability dikaitkan dengan kedalaman dan distribusi nilai kekerasan yang dapat dicapai baja. Perlakuan yang diberikan yaitu hardening dan dilanjutkan dengan quenching. Selanjutnya, pengujian kekerasan dilakukan menggunakan metode Rockwell pada empat titik uji pada penampang lingkaran, yaitu pada permukaan,  $\frac{3}{4}$  jari-jari,  $\frac{1}{2}$  jari-jari, dan bagian inti, serta uji impact metode Charpy. Berdasarkan hasil penelitian, didapat nilai rata-rata kekerasan tertinggi baja ST 42 yaitu sebesar 46.042 HRA dan paling rendah sebesar 38.032 HRA sedangkan untuk baja AISI 1020 nilai kekerasan tertinggi sebesar 55.248 HRA dan terendah sebesar 52.928 HRA. Sementara itu, hasil penelitian uji impact menunjukkan rata-rata ketangguhan baja ST 42 lebih tinggi dibanding baja AISI 1020. Berdasarkan distribusi nilai rata-rata kekerasan pada kedua jenis baja tersebut dapat disimpulkan bahwa sifat hardenability baja AISI 1020 lebih baik daripada baja ST 42, tetapi sifat ketangguhannya lebih rendah daripada baja ST 42.

**Kata kunci:** Hardenability, Ketangguhan, Baja AISI 1020, Baja ST 42

### Abstract

The massive utilization of steel in industries demanded refinement in the mechanical properties of steel, for instance, low-carbon steel. In order to achieve this purpose, research has been conducted to identify the difference in hardenability characteristics between ST 42 steel and AISI 1020 steel that classified as low carbon steel. Hardenability is associated with the depth and hardness distribution attained by the steel. The treatment given is hardening followed by quenching. The hardness test conducted by the Rockwell method, which given four test points in the circular cross section, which are on the surface,  $\frac{3}{4}$  circle radius,  $\frac{1}{2}$  circle radius, and in the core. The Charpy impact test method has also been conducted. According to the test result, the mean highest point for ST 42 steel is 46.042 HRA, and the lowest point is 38.032 HRA. AISI 1020 steel obtained the highest hardness test point for 55.248 HRA and the lowest 52.928 HRA. Hence, the test result showed that the impact test obtained a mean hardness of ST 42 steel higher than AISI 1020. According to the mean distribution point on both steels can be concluded that the hardenability of AISI 1020 steel is better than ST 42 steel. However, the toughness characteristic is lower than that of ST 42 steel.

**Keywords:** Hardenability, Toughness, AISI 1020 Steel, ST 42 Steel

### 1. PENDAHULUAN

Baja merupakan jenis logam yang banyak digunakan dalam kegiatan sektor perindustrian. Dalam paduannya, baja mengandung beberapa persen kadar karbon. Berdasarkan banyak sedikitnya karbon, jenis baja karbon dikelompokkan menjadi tiga yaitu baja karbon rendah (*low carbon steel*)

dengan kadar karbon kurang dari 0.3%, baja karbon sedang (*medium carbon steel*) dengan kadar karbon antara 0.3-0.7%, dan baja karbon tinggi (*high carbon steel*) dengan besar kadar karbon yaitu 0.7-1.7% [1]. Baja yang termasuk ke dalam jenis baja karbon rendah yaitu baja ST 42 dan baja AISI 1020. [1] menjelaskan bahwa menurut standar AISI (*American Iron and Steel Institute*), baja AISI 1020 mempunyai komposisi kimia karbon sebesar 0.2-0.3%. Baja ST 42 ini termasuk kelompok baja karbon rendah, karena bahan ini merupakan baja dengan kadar karbon di bawah 0.25%. Salah satu sifat dari baja yang memiliki keterkaitan dengan kandungan unsur karbon yaitu *hardenability* atau mampu keras.

*Hardenability* mengacu kepada kemampuan baja untuk mendapatkan kekerasan sesuai keinginan serta kedalaman pengerasan yang diinginkan ketika didinginkan dibawah kondisi yang ditentukan. *Hardenability* atau mampu keras dapat didefinisikan sebagai kerentanan baja untuk mengeras ketika mengalami *quenching* atau didinginkan secara cepat dan berkaitan dengan kedalaman serta distribusi dari kekerasan di sepanjang penampang baja [2]. Pada dasarnya sifat *hardenability* dipengaruhi tiga faktor yaitu pertumbuhan butir austenit, kadar karbon, dan unsur paduan pada baja. Parameter *hardenability* pada baja dapat ditinjau dari banyak martensit yang terbentuk [2]. Tambahkan teori ketangguhan. Selanjutnya, Ketangguhan atau *toughness* adalah kemampuan baja untuk berubah secara plastis dan menyerap energi pada prosesnya sebelum terjadi *fracture* atau patah [3]. Ketangguhan merupakan sebuah kombinasi antara kekuatan (*strength*) dan keuletan (*ductility*) yang pengujiannya dinamakan uji impak.

Berdasarkan hasil penelusuran, ditemukan beberapa penelitian yang berkaitan dengan topik baja, kekerasan, dan sifat kemampukerasannya. Penelitian oleh [4] tentang analisis pengujian kemampukerasan baja tahan karat 420 dengan alat jomini. Penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nilai kemampukerasan baja tahan karat 420 setelah mengalami pendinginan ketika pengujian jomini. Penelitian berikutnya oleh [5] mengenai pengaruh variasi media karburasi terhadap kekerasan dan kedalaman difusi karbon pada baja ST 42. Hasil dari penelitian tersebut yaitu terdapat perbedaan nilai kekerasan baja ST 42 setelah mengalami proses *pack carburizing* pada temperatur 950°C diikuti dengan *quenching*. Nilai kekerasan tertinggi menggunakan media *pack carburizing* arang tempurung kelapa sebesar 815.39 HV. Penelitian [6] mengenai pengaruh variasi *holding time* terhadap sifat kemampukerasan baja menggunakan alat uji jomini menunjukkan adanya perbedaan nilai kekerasan baja ST 42 tanpa perlakuan dengan pemberian perlakuan. Selanjutnya yaitu penelitian oleh [7] mengenai kemampukerasan baja tahan karat AISI 304. Hasil penelitian tersebut menunjukkan terjadinya perbedaan nilai kekerasan baja setelah mengalami proses *normalizing* dibanding tanpa *treatment*. [8] meneliti mengenai pengaruh variasi temperatur *heat treatment* terhadap kemampukerasan baja komersil dengan metode *jominy test*. Kesimpulan yang diperoleh menyatakan bahwa semakin tinggi temperatur akhir pemanasan pada spesimen maka nilai kekerasan yang dihasilkan akan relatif lebih tinggi.

[9] menginvestigasi pengaruh karburasi arang (*pack carburizing*) terhadap *hardenability* baja ST 42 menggunakan metode Jominy. [10] turut menggunakan metode Jominy untuk dalam studi melibatkan variasi temperatur *hardening* pada baja AISI 4340. [11] mengembankan dan melakukan uji Jominy pada jenis baja AISI 1045. Lebih lanjut, [12] turut menggunakan perlakuan *pack carburizing* pada jenis baja AISI 1020 dengan variasi temperatur *hardening* dan *holding time*. Pada baja ST 42 juga dilakukan variasi temperatur austenit dengan *holding time* 2 jam untuk menginvestigasi perubahan sifat kekerasan dan ketangguhan oleh [13]. Investigasi media *quenching* dilakukan oleh [14] terhadap baja AISI 1020 untuk mengetahui distribusi struktur ferrit dan nilai ketangguhan baja. Terbaru, [15] menganalisis pengaruh unsur paduan dalam baja AISI 4340 terhadap nilai kekerasan dan ketangguhannya. Berdasarkan studi literatur diatas, diketahui bahwa pengujian *hardenability* pada penampang lingkaran yang dilakukan pada dua jenis baja karbon rendah AISI 1020 dan ST 42 belum pernah dilakukan, begitu pula dengan pengujian ketangguhan. Sehingga hal tersebut menjadikan kebaruan dalam penelitian ini, yaitu komparasi sifat mampu keras dan ketangguhan baja karbon rendah ST 42 dan AISI 1020, dimana uji sifat mampu keras dilakukan pada penampang lingkaran spesimen uji.

## 2. METODE PENELITIAN

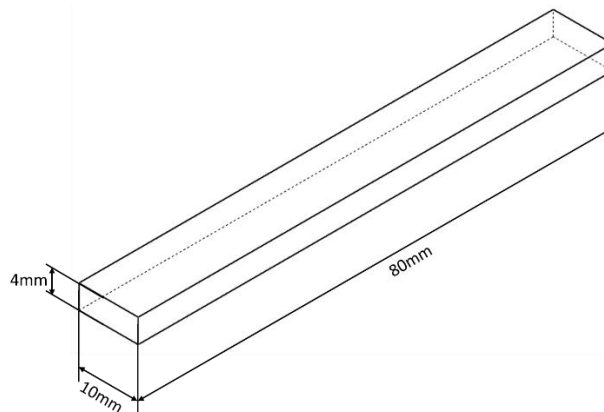
Pada studi eksperimen ini digunakan jenis baja karbon rendah yaitu baja ST 42 dan AISI 1020 yang masing-masing memiliki kadar karbon 0.14% dan 0.2%. Unsur lain pada jenis baja tersebut

mengacu pada komposisi kimianya mengandung mangan (0.37%), silikon (0.23%), fosfor (0.012%), dan sulfur (0.019%) untuk baja ST 42, sementara itu, mangan (1.067%), silikon (0.24%), fosfor (0.025%), dan sulfur (0.024%) untuk baja AISI 1020 seperti pada Tabel 1. Spesimen uji kekerasan dari kedua baja berbentuk silinder dengan diameter 40 mm dan tinggi 70 mm, untuk spesimen uji ketangguhan menyesuaikan standar ISO-031 yaitu berbentuk balok dengan panjang 80mm, lebar 10mm, dan tebal 4mm seperti pada Gambar 1.

**Tabel 1. Komposisi kimia kedua baja**

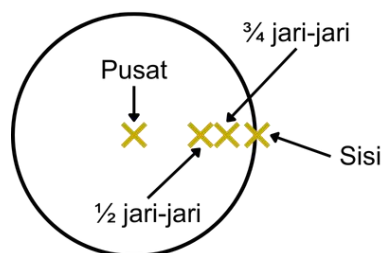
Jenis Baja	Unsur Paduan				
	C (%)	Mn (%)	Si (%)	P (%)	S (%)
ST 42	0.14	0.37	0.23	0.012	0.019
AISI 1020	0.2	1.067	0.24	0.025	0.024

Sumber: Sertifikat komposisi kimia



**Gambar 1. Spesimen uji ketangguhan charpy**

Eksperimen melibatkan *electric furnace* model Warmebau Hofmann Linz-Austria, gagang untuk menjepit spesimen uji ketika *quenching*, ember, alat uji kekerasan *rockwell* dan ketangguhan *charpy*, dan *thermo gun* untuk mengukur temperatur di dalam *electric furnace*. Pengujian kekerasan dilakukan pada penampang lingkaran hasil pemotongan pada *midspan* spesimen uji, dengan empat titik uji yaitu sisi,  $\frac{3}{4}$  jari-jari,  $\frac{1}{2}$  jari-jari, dan pusat. Skema pengujian kekerasan ini ditampilkan pada Gambar 2. Lebih lanjut, seluruh spesimen uji kekerasan dan ketangguhan akan menerima perlakuan panas berupa *hardening* hingga temperatur 950°C, holding time selama 1 jam, dan pendinginan cepat atau *quenching* menggunakan media air. Uji kekerasan dilakukan pada *midspan* dari tinggi spesimen uji menggunakan uji kekerasan *Rockwell* (HRA), sehingga spesimen akan dipotong menjadi dua bagian sama besar. Uji ketangguhan dilakukan dengan menggunakan metode *Charpy*.



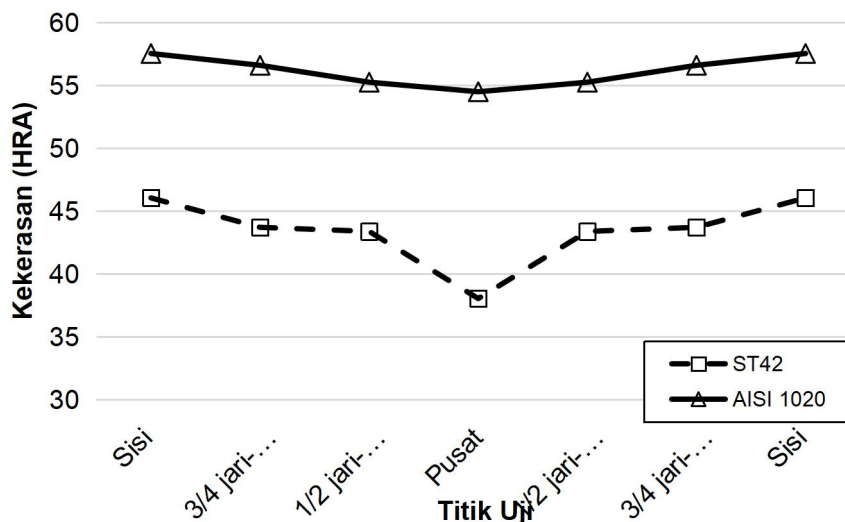
**Gambar 2. Skema titik uji kekerasan rockwell**

### 3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian kekerasan pada baja ST 42 dan AISI 1020 ditunjukkan pada Gambar 3. Kandungan karbon yang lebih tinggi pada baja AISI 1020 menyebabkan nilai kekerasannya lebih

besar dibandingkan dengan baja ST 42. Pada setiap titik pengujian, baja AISI 1020 secara konsisten menunjukkan nilai kekerasan yang lebih tinggi daripada baja ST 42. Selain itu, nilai kekerasan pada kedua jenis baja memperlihatkan kecenderungan menurun dari titik uji di bagian sisi penampang menuju titik uji di pusat penampang. Laju pendinginan yang tinggi menyebabkan struktur austenit yang terbentuk setelah proses perlakuan panas berupa hardening bertransformasi menjadi struktur martensit [2]. Pembentukan martensit pada kedua jenis baja karbon rendah ini mengakibatkan peningkatan nilai kekerasan material [3]. Nilai kekerasan baja AISI 1020 yang lebih tinggi dibandingkan baja ST 42 tidak hanya dipengaruhi oleh kadar karbon, tetapi juga oleh keberadaan unsur paduan seperti mangan, silikon, dan fosfor [16]. Unsur mangan diketahui mampu meningkatkan hardenability baja secara signifikan, khususnya pada kandungan di atas 0.8%. Selain itu, unsur silikon (Si) juga berperan dalam meningkatkan hardenability, dimana pada kadar paduan yang rendah, silikon lebih efektif dibandingkan mangan, meskipun efektivitasnya menurun ketika kandungannya mencapai sekitar 1%. Kombinasi unsur silikon dan mangan merupakan paduan yang penting karena keduanya dapat memberikan efek sinergis dalam meningkatkan sifat hardenability pada baja [17].

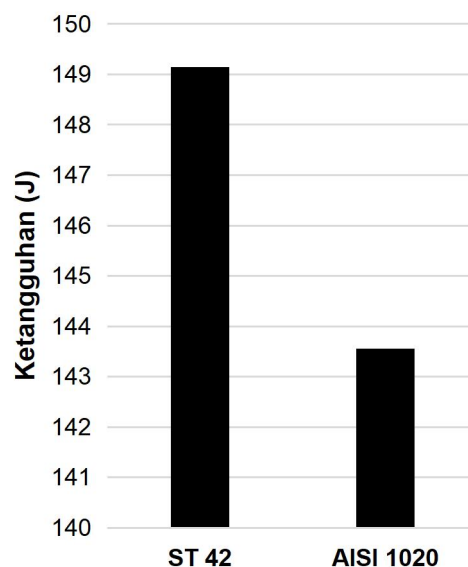
Perbedaan komposisi unsur paduan pada kedua jenis baja memengaruhi waktu serta kondisi terbentuknya struktur martensit. Struktur martensit terbentuk melalui proses pendinginan cepat pada baja yang sebelumnya telah dipanaskan hingga mencapai temperatur austenit. Berdasarkan perhitungan menggunakan formula tertentu, diketahui bahwa baja ST 42 mulai membentuk struktur martensit pada temperatur sekitar 482.43°C, sedangkan baja AISI 1020 mulai mengalaminya pada temperatur yang lebih rendah yaitu sekitar 430.99°C. Perbedaan temperatur pembentukan ini dipengaruhi oleh variasi kandungan unsur paduan yang terdapat pada masing-masing baja. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan unsur paduan dalam suatu baja, maka proses pembentukan martensit memerlukan waktu yang lebih lama atau terjadi pada temperatur yang lebih rendah.



Gambar 3. Hasil uji kekerasan pada penampang lingkaran spesimen uji

Perbedaan nilai rata-rata ketangguhan baja ST 42 ditunjukkan pada Gambar 4, yaitu sebesar 149.14 J dan nilai rata-rata ketangguhan baja AISI 1020 yang sebesar 143.558 J. Perbedaan tersebut menurut [3] karena keberadaan kadar karbon yang lebih tinggi akan membuat baja mengalami penurunan sifat ketangguhan atau toughness, seperti yang ditampilkan pada Tabel 5.1 bahwa nilai karbon baja ST 42 lebih rendah dari baja AISI 1020. [3] menjelaskan bahwa pendinginan yang berlangsung sangat cepat menghambat proses difusi karbon sehingga struktur austenit dipaksa bertransformasi menjadi martensit. Struktur martensit ini sangat keras namun ketangguhannya kurang sehingga membutuhkan perlakuan tempering untuk meningkatkan ketangguhan tersebut. Oleh karena itu, baja dengan kandungan karbon yang lebih tinggi cenderung memiliki struktur martensit lebih banyak, sehingga menjadi lebih keras dan kuat, tetapi memiliki tingkat ketangguhan yang lebih rendah.

Keberadaan unsur paduan juga memengaruhi perbedaan nilai ketangguhan pada kedua jenis baja tersebut. Menurut [16], unsur paduan seperti fosfor dan sulfur dapat berkontribusi terhadap penurunan sifat ketangguhan baja. Selain itu, unsur mangan memang mampu meningkatkan hardenability secara signifikan, namun pada saat yang sama juga dapat menyebabkan penurunan nilai toughness baja. Unsur silikon juga diketahui menjadi salah satu faktor yang berperan dalam menurunkan ketangguhan material [17]. Pada Tabel 1 terlihat bahwa kandungan unsur mangan (Mn), silikon (Si), fosfor (P), dan sulfur (S) pada baja AISI 1020 lebih tinggi dibandingkan dengan baja ST 42. Kondisi tersebut turut memengaruhi perbedaan nilai ketangguhan antara kedua jenis baja tersebut.



Gambar 4. Nilai ketangguhan hasil uji impact charpy

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang meliputi identifikasi perbedaan *hardenability* antara baja ST 42 dan AISI 1020, serta pengujian kekerasan menggunakan metode *Rockwell* dan uji impak metode *Charpy*, dengan perlakuan berupa pemanasan pada temperatur 950 °C, *holding time* selama 1 jam, dan proses *quenching* menggunakan media air, dapat diperoleh beberapa kesimpulan. Distribusi nilai rata-rata kekerasan pada baja AISI 1020 tidak seluas distribusi pada baja ST 42, yang menunjukkan bahwa baja AISI 1020 memiliki sifat *hardenability* yang lebih baik dibandingkan baja ST 42. Selain itu, hasil pengujian ketangguhan juga menunjukkan adanya perbedaan antara kedua jenis baja tersebut. Baja AISI 1020 yang memiliki *hardenability* lebih baik dibandingkan baja ST 42 justru menunjukkan nilai ketangguhan yang lebih rendah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata ketangguhan baja AISI 1020 sebesar 143.558 J, lebih kecil dibandingkan dengan nilai rata-rata ketangguhan baja ST 42 yang mencapai 149.14 J.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Muslih Nasution dan Rini Halila Nasution. "Analisa Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja Aisi 1020 Terhadap Perlakuan Carburizing Dengan Arang Batok Kelapa". Buletin Utama Teknik. 2020: Vol. 15, no. 2, 165–173.
- [2] TV Rajan, CP Sharma, A Sharma. Heat Treatment Principles and Techniques. 2<sup>nd</sup> edition. New Delhi: PHI Learning Private Limited. 2011.
- [3] SK Mandal. Heat Treatment of Steels. New Delhi: McGraw Hill Education (India) Private Limited. 2016.
- [4] Muhammad Muqorrobin, Sri Mulyo Bondan Respati, dan Imam Syafa'at. "Analisis Pengujian Kemampukerasan Baja Tahan Karat Dengan Alat Jominy". 2015: Vol. 11, no. 1, 46–48.
- [5] Hesti Istiqlaliyah, Kustriwi Ratnaning H, dan Mohammad Baihaqi, "Pengaruh Variasi Media

- Karburasi Terhadap Kekerasan Dan Kedalaman Difusi Karbon Pada Baja ST 42". Seminar Nasional Inovasi Dan Aplikasi Teknologi Di Industri (SENIATI) 2016. Kota Malang. 2016.
- [6] Yusuf dan Yudi Chandra. "Pengaruh Variasi Holding Time Terhadap Kemampukerasan Baja Menggunakan Alat Uji Jominy". Jurnal Inovtek Polbeng. 2018. Vol. 8, no. 2, 2–7.
- [7] Herdi Susanto, Pribadyo, dan Rahmad Novizar. "Kemampukerasan Baja Tahan Karat AISI 304". Jurnal Mekanova. 2019. Vol. 5, no. 2, 66–82.
- [8] Irwan Susilo, Yusuf, Asep Ruchiyat. "Pengaruh Variasi Temperatur Heat Treatment Terhadap Kemampukerasan Baja". Indonesian Journal of Mechanical Engineering Vocational. 2021. Vol. 1, no. 1, 1–10.
- [9] Yusuf, Asep Ruchiyat, dan Helanianto. "Pengaruh Karburasi Arang Terhadap Kemampukerasan Baja ST 42 Dengan Metode Jominy". Indonesian Journal of Mechanical Engineering Vocational. 2022. Vol. 2, no. 2, pp. 107–112.
- [10] Kaleb Priyanto, Martinus Heru Palmiyanto, Bambang Hari Priyambodo, dan Edi Cahyono. "Studi Variasi Temperatur Hardening Terhadap Kekerasan Baja Aisi 4340 Melalui Jominy Test". Jurnal Teknika. 2023. Vol. 8, no. 1, 1–10.
- [11] Rahman, Zainal Arif, Suheri, dan Samsul Bahri Widodo. "Innovative Jominy Test Equipment For Evaluating The Hardening Behavior Of Aisi 1045 Steel". Jurutera. 2024. Vol. 11, no. 2, 100–107.
- [12] Edi Santoso, Fatkhurrohman, Addie Restu Firmansyah, dan Septian Chandra Putra. "Hardness and Microstructural Characterization of Pack Carburizing AISI 1020 Low-Carbon Steel by Temperature and Holding Time Variations". Advance Sustainable Science, Engineering and Technology. 2024. Vol. 6, no. 1, 1–8.
- [13] Nitha, Yafet Bontong, Petrus Sampelawang, Lantana Dioren Rumpa, Nofrianto Pasae, Fikran. "Pengaruh Temperatur Austenit dengan Holding Time 2 Jam Terhadap Kekerasan dan Ketangguhan Baja ST 42 Effect of Austenite Temperature on Holding Time 2 Hours on ST 42 Steel Hardness and Toughness". Journal of Electrical and System Control Engineering (JESCE). 2024. Vol. 7, no. 2, 103–108.
- [14] A. D. Halimi, M. W. A. Sektiono, D. Setiawan, dan M. A. Fahmi, "Distribusi Ferrite dan Sifat Ketangguhan pada Pengaruh Media Quenching". Jurnal Perancangan, Manufaktur, Material, Dan Energi (Jurnal PERMADI). 2024. Vol. 6, no. 1, 1–9.
- [15] Cleeford El-Charis Hontong, Johannes Munintja Mawa, Winda Sanni Slat. "Analisis Pengaruh Unsur Paduan Terhadap Kekerasan dan Ketangguhan Baja AISI 4340". Jurnal Mesin Wawasan Nusantara (MESANTRA). 2025. Vol. 1, no. 1, 130–134.
- [16] S Kalpakjian dan SR Schmid. Manufacturing Engineering and Technology. 7<sup>th</sup> Edition. London: Pearson Educational Limited. 2014.
- [17] ASM. Vol 1. Properties and Selection: Irons, Steels, and High Performance Alloys Metals. Ohio. ASM International. 2005.