

## Analisa Karakterisasi Baja Paduan As-Cast-Fe-Cr-Mn-Mo Dengan Komposisi Nikel Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Hasil Uji Balistik

Daryl Deskianto Harna<sup>1)</sup>, Iman Saefuloh<sup>2)</sup>, Bintang Adjiantoro<sup>3)</sup>, Miftahul Jannah<sup>4)</sup>

<sup>1),2),4)</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Banten.

<sup>3)</sup> Pusat Penelitian Metalurgi dan Material, Pusat Penelitian Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (PUSPIPTEK), Tangerang Selatan, Banten

E-mail: <sup>1)</sup>daryldeskianto9@gmail.com.

### Abstrak

Baja laterit merupakan baja dengan kandungan nikel rendah sebesar 1-4,5%. kandungan nikel pada baja menghasilkan sifat unggul seperti: kekuatan tinggi, ketahanan korosi, dan sifat mampu las yang baik. Bahan ini banyak digunakan untuk peralatan *crusher* atau penggerus. Selain itu juga material ini bisa digunakan untuk material *armor*. Untuk mengetahui kemampuan baja laterit menjadi material armor, maka dilakukanlah penelitian berupa pengujian karakteristik (uji impak dan uji kekerasan) dan struktur mikro (metalografi) pada baja laterit untuk dijadikan material armor. Semua sampel harus dilakukan preparasi sesuai dengan standarisasi ASTM. Uji impak dilakukan menggunakan 9 sampel dari 3 spesimen, dilakukan dengan meletakkan sampel pada anvil kemudian ditumbuk oleh pendulum sehingga didapatkan nilai rata-rata sampel A,B dan D secara berurutan adalah 11 J, 9 J, dan 12 J. Patahan yang terbentuk adalah granular yang berarti sampel sangatlah getas. Kemudian uji kekerasan menggunakan metode *vickers* dengan pembebanan 5 kgf. Sampel yang sudah dipoles langsung ditempatkan pada ragam kemudian ditempelkan indenter dengan bentuk berlian, dari ukuran jejak indenter tersebut kita dapat mengetahui nilai uji kekerasannya dengan nilai rata-rata sampel A,B dan D secara berurutan adalah 292,63 HVN, 310,47 HVN, dan 464,87 HVN. Hasil pengamatan struktur mikro pada sampel A terbentuk fasa ferite perlit, kemudian pada sampel B terbentuk fasa *lower bainite*, kemudian sampel D terbentuk fasa martensite.

Kata Kunci: Kekerasan; Material armor; Struktur mikro.

### Abstract

*Lateritic steel is a low-nickel steel with a nickel content of 1-4.5 percent. Steel with a high nickel percentage has better qualities like high strength, corrosion resistance, and weldability. This material is commonly used in crushers and grinding machines. This material can also be utilized as an armor material. A study was undertaken to investigate the ability of laterite steel to be employed as armor material by characteristic testing (impact test and hardness test) and microstructure (metallography) of laterite steel. ASTM standards must be followed in the preparation of all samples. The impact test was performed on 9 samples from 3 specimens, with each sample being placed on an anvil and pounded with a pendulum that the average*

*values of samples A, B, and D were 11 J, 9 J, and 12 J, respectively. The fractures were granular, indicating that the material is extremely fragile. The hardness test was then performed using the Vickers method with a 5 Kgf load. The polished sampel is placed immediately on a vise, and then a diamond-shaped indenter is attached; the hardness test value is determined by the size of the trace of the indenter, with the average values of sample A, B, and D being 292.63 HVN, 310.47 HVN, and 464.87 HVN, respectively. Microstructure measurements revealed that sample A formed ferrite perlite, sample B formed lower bainite, and sample D formed martensite phase.*

*Keywords: microstructure ; Nickel; armour materials; Hardness.*

## 1. PENDAHULUAN

Kehadiran bijih laterit dengan cadangan miliaran ton diharapkan dapat mengatasi kendala dan tantangan tersebut. Baja laterit adalah baja dengan kandungan nikel rendah 1-4,5%. Secara umum kandungan nikel pada baja laterit yang sedang dikembangkan LIPI adalah sekitar 1,5-4,5%.. Kandungan nikel pada baja menghasilkan sifat unggul seperti: kekuatan tinggi, ketahanan korosi atau ketahanan cuaca, dan sifat mampu las yang baik. Kandungan nikel dalam baja juga menyebabkan karakteristik ketahanan suhu yang sangat rendah. Material ini sering digunakan untuk *crushing ball* dan material *hard liner* untuk *crusher* dan *mill*. [1][2][3] Selain itu juga material ini bisa digunakan untuk material armor. Pengembangan material tahan peluru (*armor, armour*) telah banyak dilakukan melalui penemuan material baru, pemaduan komposisi, perlakuan panas, pelapisan permukaan dan pembuatan komposit baik dari bahan logam maupun non-logam [4].

Secara spesifik tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui nilai sifat mekanik pada baja paduan As-Cast menggunakan uji kekerasan, uji impact, dan metalografi; membandingkan dan menganalisa perbedaan nilai setiap pengujian diantara ketiga spesimen; dan menunjukkan spesimen yang memiliki nilai terbaik untuk digunakan pada penelitian lanjutan.

Baja laterit merupakan baja dengan kandungan nikel rendah sebesar 1-4,5%. Kandungan besi bijih besi laterit relatif rendah yaitu 35-45% dan kandungan nikel antara 0,8-1,5%. Ketika dilebur menjadi baja, kandungan nikel menjadi 23%, menjadikannya paduan utama yang mencapai sifat yang sangat baik seperti kekuatan tinggi, ketahanan korosi, dan ketahanan las [1].

Berikut ini adalah unsur-unsur utama yang terdapat pada baja laterit :

a. Nikel (Ni)

Nikel memiliki kekuatan yang sangat baik, ketahanan korosi, tahan cuaca, dan mampu las yang baik [5].

b. *Crom* (Cr)

Kromium berperan dalam pembentukan karbida. Senyawa karbida ini sangat keras dan dengan sendirinya kekerasan baja akan meningkat. Adanya senyawa karbida ini menyebabkan besi juga tahan aus [6].

c. *Carbon* (C)

Kekerasan baja akan meningkat dengan penambahan lebih banyak karbon, sampai sekitar 0,65 %. Ketahanan aus dapat ditingkatkan sampai sekitar 1,5 %. Di luar jumlah ini, kenaikan karbon mengurangi ketangguhan dan meningkatkan kerapuhan[6].

d. *Wolfram* (W)

Unsur wolfram sendiri memiliki pengaruh untuk meningkatkan ketahanan pada korosi, meningkatkan titik leleh, meningkatkan kekuatan, meningkatkan kekerasan dan ketangguhan, serta menjaga kekerasan pada suhu tinggi [7].

e. Tembaga (Cu)

Tembaga memiliki pengaruh untuk sebagai residu pada baja, meningkatkan ketahanan pada korosi, dan meningkatkan sifat mampu bentuk[8].

Material tahan peluru atau armor adalah material yang mampu menahan laju balistik yang dikeluarkan dari sebuah senapan. Material ini digunakan untuk melindungi dari serangan balistik yang biasanya diaplikasikan khususnya untuk militer [4][9]. Syarat untuk dapat dikategorikan baja tahan peluru yang baik adalah mempunyai kekerasan sebesar 400-600 HVN [10].

Untuk mengetahui kemampuan baja laterit menjadi material armour, maka dilakukanlah penelitian dan pengembangan baja laterit untuk tujuan menjadikan baja laterit sebagai material armour. Dalam penelitian ini akan dilakukan pengujian karakteristik berupa uji impak dan uji kekerasan serta uji struktur mikro yaitu metalografi dengan variasi kandungan Ni dan C untuk digunakan menjadi material armor. Variasi kandungan unsur dapat dilihat pada Tabel 1.

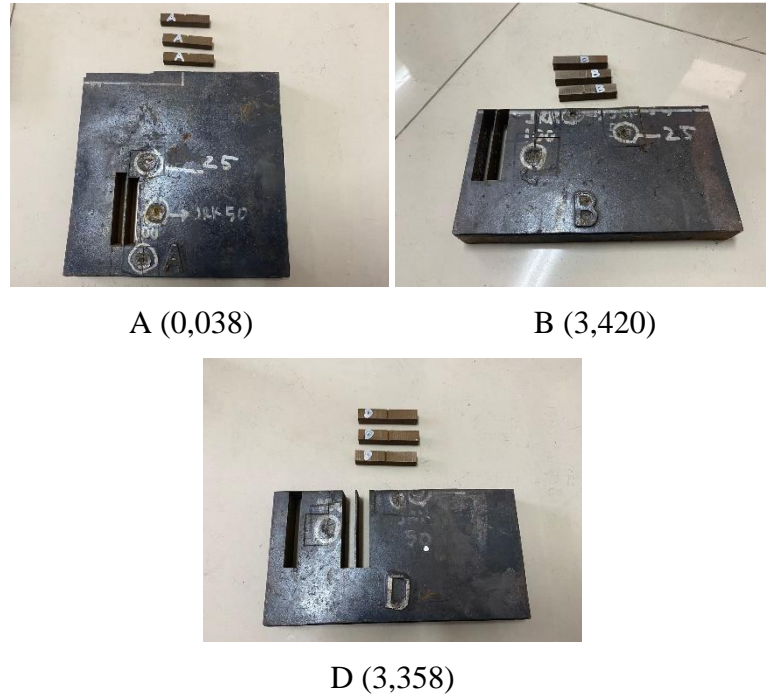
**Tabel 1.** Komposisi Ni dan C pada tiap spesimen

Unsur	ALLOY (%)		
	A	B	D
Ni	0,038	3,42	3,358
C	0,425	1,321	0,365

Metode uji impak yang digunakan adalah metode impact *Charpy*. Pengujian impak *Charpy* (juga dikenal sebagai tes *Charpy v-notch*) untuk menentukan jumlah energi yang diserap oleh bahan selama terjadi patahan. Energi yang diserap adalah ukuran ketangguhan bahan tertentu dan bertindak sebagai alat untuk belajar bergantung pada suhu transisi ulet getas[11][12]. Uji kekerasan yang akan dilakukan adalah uji kekerasan vickers. Uji Kekerasan *Vickers* dilakukan dengan menekan indenter geometri tertentu ke permukaan uji. *Vickers* hanya berlaku untuk satu uji kekuatan. Nilai penekanan diukur dengan menggunakan mikroskop bertenaga tinggi secara otomatis dengan perangkat lunak atau *software* melalui analisa gambar material yang diuji [13][14]. Pengujian metalografi dilakukan bertujuan untuk dapat mengobservasi struktur mikro tersebut [15].

## 2. METODE PENELITIAN

Hal pertama yang dilakukan adalah preparasi material. Pada penelitian kali ini preparasi material dilakukan menggunakan mesin *wire cut* yang ada di pusat penelitian metalurgi dan material, PUSPIPTEK, Tangerang Selatan. Untuk sampel uji impak dilakukan pemotongan sesuai dengan standarisasi ASTM E23 dengan dimensi 10mm x 10mm x 55mm dengan V notch 45°. Untuk uji kekerasan, sampel dipotong pada bagian yang terkena jejak peluru. Kemudian uji kekerasan dan uji struktur mikro metalografi, preparasi yang dilakukan adalah memoles permukaan sampel agar dapat dilakukan pengamatan jejak indenter dan pengamatan struktur mikro. Sampel yang digunakan merupakan sampel bekas patahan dari uji impak. Hasil preparasi material dapat dilihat pada gambar 1.



**Gambar 1.** Sampel yang sudah di preparasi

Setelah dilakukan preparasi, material akan dilakukan pengujian dengan 3 jenis pengujian yaitu uji impak, uji kekerasan dan metalografi. Uji impak dan uji kekerasan dilakukan di laboratorium PT. Krakatau Pipe Industries, lalu metalografi dilakukan di pusat penelitian metalurgi dan material (P2MM) PUSPIPTEK.

a. Uji Impak

Jenis uji impak yang digunakan adalah uji impak Charpy. ukuran material dibuat sesuai ASTM E23 yaitu dimensi luas penampang 10 mm x 10mm x 55mm dengan V notch 45°. Pendulum yang digunakan memiliki panjang 0.748 m dan berat 21.89 kg.

b. Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan dengan metode Vickers dan beban yang digunakan adalah sebesar 5 kgf dengan indenter berbentuk berlian. Terdapat 3 titik pada pengujian kekerasan dengan sistem acak.

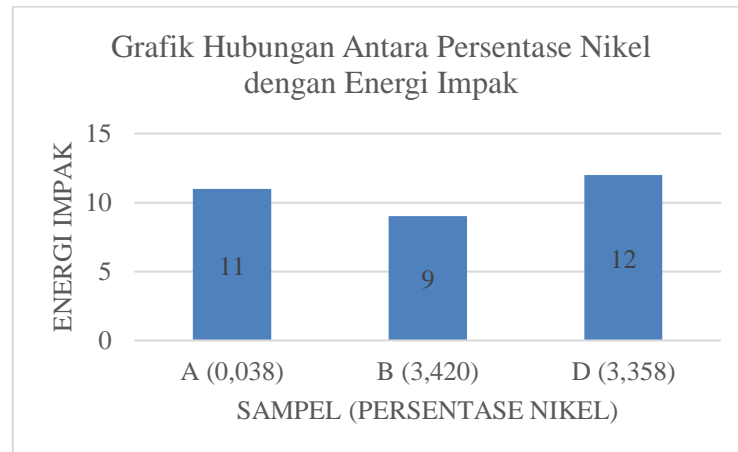
c. Metalografi

Pengamatan ini dilakukan dengan menggunakan mikroskop digital yang dilengkapi dengan komputer untuk mengamati struktur mikro dari benda uji. Dibantu dengan nital 3% (HNO<sub>3</sub> 3% + Alkohol 97%) sebagai etsa. Pengujian dilakukan dengan 3x perbesaran yaitu 100x, 200x dan 500x.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### a. Analisa Hasil Uji Impak

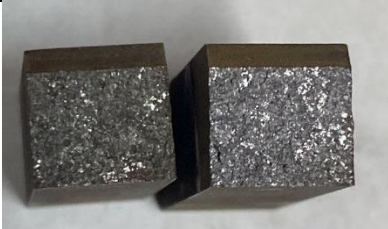
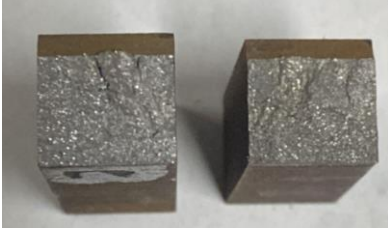
Berikut ini adalah hasil dari pengujian impak tiap sampel dapat dilihat pada gambar 2.




**Gambar 2.** Hasil Uji Impak

Gambar 2. Hasil Uji Impak Nilai uji impak terbesar didapatkan oleh sampel D yaitu sebesar 12 Joule dan nilai terkecil didapatkan oleh sampel B yaitu sebesar 9 Joule. Nilai ini menunjukkan bahwa baja laterit ini memiliki sifat yang sangat getas, sehingga ketika pendulum menumbuk sampel langsung terjadi patahan. Selain dari data berupa angka, bentuk patahan dari masing-masing sampel dapat dijadikan data pendukung untuk melihat karakter dari baja laterit ini. bentuk patahan dapat dilihat pada tabel 2 Berikut ini.

**Tabel 2.** Tampak patahan uji impak

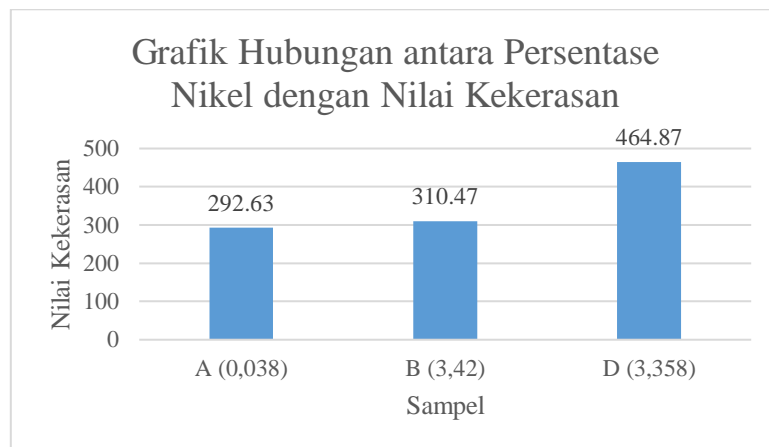
No	Kode Sampel	Tampak Patahan	Jenis Patahan
1.	A (0,038)		Patah Getas
2.	B (3,420)		Patah Getas

3.	D (3,358)		Patah Getas
----	--------------	---	-------------

Dari setiap patahan yang terbentuk semuanya berjenis patahan getas. Dapat dilihat bahwa patah yang terbentuk berbentuk granular, kemudian tempo terjadinya patah sangatlah cepat, dan yang paling terlihat adalah tidak adanya reduksi luas penampang patahan, akibat adanya tegangan multiaksial.

**b. Analisa Hasil Uji Kekerasan**

Pengujian ini dilakukan dengan metode vickers dengan pembebanan 5 kgf. Pengujian dilakukan dengan menggunakan sampel yang terdapat jejak tembak. Sampel di uji pada alat dengan menentukan 3 titik secara acak. Berikut ini adalah hasil dari pengujian kekerasan tiap sampel yang dapat dilihat pada gambar 3.



**Gambar 3.** Hasil Uji Kekerasan

Pada gambar 3 data hasil pengujian dan diagram yang telah didapatkan, setiap sampel memiliki nilai kekerasan yang berbeda-beda di setiap titiknya. Yang pertama, sampel A memiliki nilai rata-rata sebesar 292,69 HVN, kemudian sampel B memiliki nilai rata-rata sebesar 310,47 HVN, pada sampel D memiliki nilai rata-rata sebesar 464,87 HVN. Beberapa faktor yang menjadikan nilai kekerasan

memiliki perbedaan adalah titik acuan yang ditentukan adalah acak kemudian fasa yang terbentuk pada struktur permukaan sampel juga berbeda-beda.

### c. Analisa Hasil Uji Metalografi

Analisa struktur mikro menggunakan metode pengujian metalografi dilakukan untuk mengetahui fasa yang terbentuk pada masing-masing sampel. Terdapat 3 sampel yang diamati, yaitu sampel A, B dan D. Adapun hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



**Gambar 4.** Sampel A (0,038)

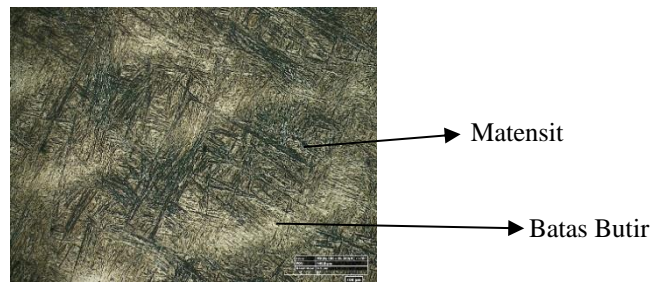
Fasa yang terbentuk fasa ferlite Perlite. Fasa ferite sendiri terbentuk karena kandungan karbonnya yang rendah kemudian ferite ini sifatnya lembut dan sangat magnetik. Fasa perlite terbentuk akibat dari kandungan karbon yang rendah juga, sebenarnya fasa perlite ini memiliki sifat keras, kuat dan ulet namun karena terjadi percampuran dengan fasa ferite maka struktur mikro yang terbentuk terbilang cukup lunak.



**Gambar 5.** Sampel B (3,420)

Fasa yang terbentuk adalah fasa lower bainite. Bentuk lower bainite ini terdiri dari ferit lancip (seperti jarum) dengan partikel sementit yang tersebar diseluruh ferit. Hal ini didukung dengan adanya karbida pada penampakan foto struktur mikronya. Fasa ini sifatnya lebih keras daripada ferit, austenit, dan perlit. Sifat mekanik dari bainite sendiri dapat meningkatkan kekerasan bahan.





**Gambar 6.** Sampel D (3,358)

Struktur mikro yang terbentuk adalah martensite sebagai matriks. Kemudian terdapat batas butir hasil dari austenit sisa (reduksi austenit). Martensit bersifat keras, kuat, tetapi rapuh dan merupakan fasa metastabil karena dengan pemanasan yang cukup lama dapat berubah menjadi ferit dan sementit karena terjadi proses difusi karbon. Karena kekerasan martensit meningkat dengan bertambahnya karbon. Hal inilah yang membuat sampel D memiliki nilai kekerasan yang sangat tinggi.

#### **4. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil uji impak didapatkan nilai rata-rata sampel A, B dan D adalah 11, 9, dan 12. Masing-masing sampel memiliki patahan berbentuk granular yang artinya sampel tersebut sangatlah getas/keras. Kemudian uji kekerasan didapati yang memenuhi syarat untuk dijadikan baja tahan peluru hanya sampel D yang memiliki nilai rata-rata HVN sebesar 464,87. Meskipun sampel A dan B tidak memenuhi syarat, tetapi sampel tersebut tetap tidak tembus peluru pada jarak 25 m, 50 m, sampai 100 m. Hasil metalografi sampel A terbentuk fasa ferite perlite, kemudian sampel B terbentuk fasa lower bainit yang terdiri dari ferit lancip (seperti jarum) dengan partikel sementit yang tersebar diseluruh ferit. Untuk sampel D struktur mikro yang terbentuk adalah martensite. Dari ketiga spesimen yang diujikan, yang memenuhi persyaratan hanya sampel D. Meskipun semua sampel yang diujikan tidak ada yang tembus peluru, tetapi yang memenuhi nilai persyaratan hanya sampel D.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Herbirowo and B. Adjiantoro, "Pengaruh Sifat Mekanik Dan Morfologi Pada Baja Laterit Hasil Tempa Dengan Variasi Perlakuan Panas," *J. Teknol. Bahan dan Barang Tek.*, vol. 7, no. 1, p. 17, 2017, doi: 10.37209/jtbtt.v7i1.90.
- [2] S. Herbirowo and B. Adjiantoro, "the Influence of Heat Treatment on Microstructure and Mechanical Strength of Lateritic Nickel Steel," *Widyariset*, vol. 2, no. 2, p. 153, 2016, doi: 10.14203/widyariset.2.2.2016.153-160.
- [3] M. Y. Hasbi, D. P. Malau, and B. Adjiantoro, "PENGARUH VARIASI REDUKSI TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO BAJA LATERIT MELALUI Pengerolan Panas" no. November, pp. 1–8, 2016.
- [4] H. Purwanto, R. Soenoko, A. Purnowidodo, and A. Suprpto, "Pengembangan Material Tahan Balistik Sebagai Bahan Kendaraan Tempur di Indonesia : Review," *Semin. Nas. Inov. Dan Apl. Teknol. Di Ind.*, vol. ISSN : 208, p. A.127-132, 2016.
- [5] Pramono, Andika W., "PENGEMBANGAN BAJA LATERIT," Pusat Penelitian Metalurgi Dan Material Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. 2014.
- [6] R. Binudi and B. Adjiantoro, "PENGARUH UNSUR Ni, Cr DAN Mn TERHADAP SIFAT MEKANIK BAJA KEKUATAN TINGGI BERBASIS LATERIT," *Metalurgi*, vol. 29, no. 1, p. 33, 2018, doi: 10.14203/metalurgi.v29i1.269.
- [7] U. Tarik and U. Mikrografi, "Pengaruh Normalizing Dengan Variasi Waktu Penahanan Panas (Holding Time) Baja St 46 Terhadap Uji Kekerasan, Uji Tarik, Dan Uji Mikrografi," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 6, no. 1, pp. 142–149, 2018.
- [8] P. Prasetyo, "Sumber Daya Mineral Di Indonesia Khususnya Bijih Nikel Laterit Dan Masalah Pengolahannya Sehubungan Dengan UU Minerba 2009," *Semin. Nas. Sains dan Teknol. 2016*, vol. 8, no. November, pp. 1–10, 2016.

- [9] A. Basyir, R. O. Bura, D. Lesmana, “ANALISIS PENGARUH DENSITAS DARI INTI PROYEKTIL BAJA DAN TUNGSTEN CARBIDE – COBALT (WC – 8Co) TERHADAP PENETRASI PROYEKTIL PADA TARGET SILICON CARBIDE (SiC)” P. Studi, T. Persenjataan, and U. Pertahanan, “1 , 2 , 3,” pp. 133–150. 2019.
- [10] Noor Rohman, Didiek and Dr. Kusmono,S.T., M.T., “Pengaruh Proses Pengerolan Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanis pada Baja Bainitik untuk Aplikasi Baja Tahan Peluru”. Universitas Gadjah Mada. 2015.
- [11] Handoyo, Yopi, “PERANCANGAN ALAT UJI IMPAK METODE CHARPY KAPASITAS 100 JOULE,” *Program Studi Teknik Mesin, Universitas Islam 45 Bekasi*, vol. 1, no. 1, pp. 17–25, 2013.
- [12] M. Wahyu and A. Irwan, “Analisa Uji Impak Baja Carbon Steel 1045 Dengan Menggunakan Metode Charpy,” *Program Studi Teknik Mesin Universitas Harapan Medan*, vol. 5035, pp. 82–86, 2020.
- [13] F. A. Rauf, F. P. Sappu, A. M. A. Lakat, J. Teknik, M. Universitas, and S. Ratulangi, “Uji Kekerasan dengan Menggunakan Alat Microhardness Vickers pada Berbagai Jenis Material Teknik,” *J. Tekno Mesin*, vol. 5, no. 1, pp. 21–24, 2018.
- [14] P. Yanuar, I. Mujiarto, and Y. Janto, “PENINGKATAN NILAI KEKERASAN BAJA C-Mn DENGAN METODE QUENCHING DAN TEMPERING,” *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 9, no. 1, pp. 61–66, 2018, doi: 10.24176/simet.v9i1.1706.
- [15] M. I. Almadani and R. Siswanto, “Proses Manufaktur Mesin Poles Dan Ampelas Untuk Proses Metalografi,” *Jtam Rotary*, vol. 2, no. 1, p. 15, 2020, doi: 10.20527/jtam\_rotary.v2i1.2001.