

ANALISIS PENGARUH KATALISATOR PADA PROSES PACK CARBURIZING TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO BAJA ST37

Zainal Abidin, Priyagung Hartono, Unung Lesmanah
E-mail: z60012528@gmail.com, privagung@unisma.ac.id,
ununglesmanah@unisma.ac.id

ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi persentase katalisator (10%, 20%, dan 30%) dan jenis media pendingin (udara dan air) pada proses pack carburizing terhadap kekerasan dan struktur mikro baja ST37. Baja ST37 yang tergolong baja karbon rendah (0,16% C) dikarburisasi menggunakan media arang sekam padi dengan variasi persentase katalisator (BaCO_3 , CaCO_3 , atau Na_2CO_3). Spesimen kemudian didinginkan dengan dua media berbeda, yaitu udara dan air. Kekerasan material diuji, dan struktur mikronya dianalisis untuk mengamati fasa yang terbentuk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan katalisator dan pemilihan media pendingin berpengaruh signifikan. Media pendingin air menghasilkan nilai kekerasan yang jauh lebih tinggi (hingga >700 HV) dibandingkan pendinginan udara (sekitar 450-500 HV) pada semua variasi katalisator, yang dikarenakan terbentuknya struktur martensit yang keras. Sementara itu, pendinginan udara menghasilkan struktur dominan perlit. Persentase katalisator yang lebih tinggi juga cenderung meningkatkan nilai kekerasan pada kedua media pendingin, dengan pendinginan air menunjukkan tren peningkatan yang lebih curam. Dapat disimpulkan bahwa kombinasi penggunaan media pendingin air dan penambahan katalisator dalam proses pack carburizing secara efektif dapat meningkatkan kekerasan permukaan baja karbon rendah ST37. Pembentukan struktur martensit akibat quenching air merupakan faktor kunci yang menghasilkan peningkatan kekerasan tertinggi.

Kata kunci: Pack Carburizing, Katalis Cangkang Kerrang, Media Pendingin.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di Indonesia, khususnya pada sektor konstruksi dan desain, menuntut ketersediaan material dengan kualitas unggul. Material tersebut diharapkan memiliki karakteristik seperti kekuatan tarik, tingkat kekerasan, dan ketahanan lelah yang tinggi agar produk logam yang dihasilkan menjadi lebih awet, tahan lama, serta resistan terhadap korosi dan keausan.

Logam memegang peran yang sangat vital dalam memenuhi berbagai kebutuhan manusia, mengingat hampir seluruh peralatan yang digunakan terbuat dari unsur ini. Di antara berbagai jenis logam, baja merupakan salah satu yang paling banyak dimanfaatkan berkat sifatnya yang ulet, mudah dibentuk, kuat, dan keras. Sifat mekanik baja, yang komponen utamanya adalah Besi (Fe) dan Karbon (C), dapat ditingkatkan dengan cara memadukannya dengan unsur lain seperti Kromium (Cr), Nikel (Ni), dan Titanium (Ti). Karbon sendiri merupakan unsur kunci yang berperan penting dalam meningkatkan

kekerasan dan kekuatan baja (Sundari et al., 2018).

Sifat mampu keras suatu baja sangat dipengaruhi oleh kandungan karbon di dalam strukturnya, yang biasanya ditingkatkan melalui proses perlakuan panas. Metode ini umum diterapkan pada baja karbon menengah dan tinggi, namun tidak efektif untuk baja berkarbon di bawah 0,30% yang memerlukan proses penambahan karbon atau karburisasi. Karburisasi sangat diperlukan untuk aplikasi yang memikul beban berat, di mana permukaan yang keras dibutuhkan sementara bagian dalamnya tetap harus ulet. Proses ini bertujuan meningkatkan kekerasan permukaan baja karbon rendah dengan menaikkan kadar karbonnya (Mazuli et al., 2020). Salah satu media karburisasi padat adalah arang sekam padi, yang untuk penelitian pada baja berkarbon <0,3% ini diubah menjadi bentuk butiran agar lebih mudah terkonversi menjadi gas karbon saat dipanaskan, sehingga dapat berdifusi ke dalam struktur baja. Untuk mempercepat reaksi difusi ini, ditambahkan katalisator seperti Barium Karbonat, Kalsium Karbonat, atau Natrium Karbonat, yang

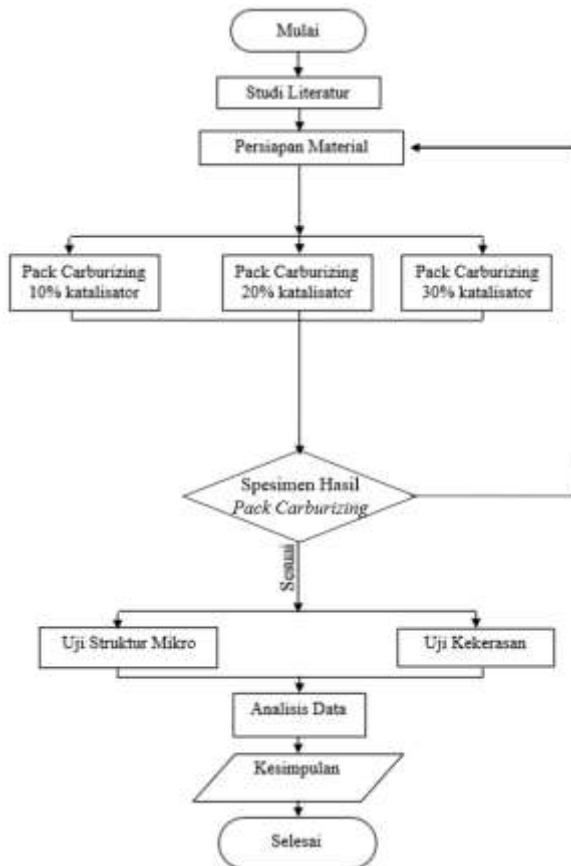
berfungsi memicu reaksi kimia tanpa mengalami perubahan permanen. Secara umum, karburisasi terbagi menjadi tiga jenis: menggunakan perantara cair (*Liquid Carburizing*), gas (*Gas Carburizing*), dan padat (*Pack Carburizing*).

Berdasarkan uraian tersebut, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang “Analisis Pengaruh Katalisator pada Proses Pack carburizing terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Baja ST37”.

BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini akan menggunakan baja ST 37. Baja ST 37 memiliki kandungan karbon 0,16% tergolong sebagai baja karbon rendah (Low-Carbon Steel) dan lazim digunakan untuk komponen mesin yang mengalami gesekan seperti roda gigi dan poros. Namun, kekerasan permukaannya yang relatif rendah mengharuskannya melalui modifikasi atau perlakuan khusus sebelum digunakan. Karena tidak dapat dikeraskan secara konvensional, peningkatan kekerasan permukaan pada baja ini dilakukan dengan menambah unsur karbon melalui proses pack carburizing (Mazuli, S., 2020).

Alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil kekerasan pada penambahan katalis 10, 20, dan 30% katalis dengan media pendingin Udara terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh penambahan katalis 10, 20, 30% dan media pendingin udara pada hasil kekerasan.

Peningkatan kekerasan yang terjadi pada proses ini dapat diperkuat dengan penambahan katalis. Pertama, katalis berperan sebagai agen pemercepat dalam reaksi kimia antara karbon dan baja. Dengan adanya katalis, laju reaksi karburisasi padat dapat ditingkatkan, sehingga karbon lebih efisien diserap oleh permukaan baja, menghasilkan lapisan karburasi yang lebih tebal. Selanjutnya, penambahan katalis dapat meningkatkan difusi karbon ke dalam struktur kristal baja. Katalis membantu mengurangi hambatan difusi, yang pada gilirannya memfasilitasi penetrasi karbon ke dalam lapisan permukaan. Dengan demikian, katalis membantu mencapai distribusi karbon yang lebih baik, menghasilkan sifat mekanis yang lebih unggul. Tetapi peningkatan kekerasan yang dihasilkan cenderung tidak terlalu signifikan. Hal ini terkait dengan mekanisme pendinginan udara yang relatif lambat dibandingkan dengan metode pendinginan lainnya seperti pendinginan dengan oli atau air. Proses pendinginan udara dapat menyebabkan tingkat pendinginan yang rendah, sehingga laju pembentukan struktur kristal yang diinginkan dalam lapisan karburasi juga menjadi lebih lambat. Sebagai akibatnya, nilai kekerasan yang dapat dicapai pada permukaan baja tidak mencapai tingkat optimal yang mungkin dicapai dengan pendinginan yang lebih cepat. Nilai R^2 (R-squared) sebesar 0,9739 menunjukkan bahwa model regresi yang digunakan

sangat baik dalam menjelaskan variasi dalam data. Artinya:

- 97,39% variasi dalam variabel dependen dapat dijelaskan oleh variabel independen.
- Hanya 2,61% variasi yang tidak dapat dijelaskan oleh model.

Nilai R^2 yang tinggi seperti ini menunjukkan bahwa model regresi sangat akurat dan dapat diandalkan untuk membuat prediksi. Ini juga menunjukkan bahwa hubungan antara variabel independen dan dependen sangat kuat.

Dalam banyak kasus, nilai R^2 sebesar 0,9739 dianggap sangat baik dan menunjukkan bahwa model regresi dapat digunakan untuk membuat prediksi yang akurat.



Gambar 3. Pengaruh penambahan katalis 10, 20, 30% dan media pendingin Air pada hasil kekerasan. Proses karburisasi padat dengan pendinginan air meningkatkan nilai kekerasan yang dihasilkan karena pendinginan air memiliki kemampuan pendinginan yang lebih cepat dibandingkan dengan udara. Ketika benda kerja yang telah mengalami karburisasi padat dicelupkan ke dalam air, laju perpindahan panas yang tinggi memungkinkan struktur kristal pada lapisan karburasi untuk mengalami quenching atau penguapan cepat, membentuk struktur yang lebih padat dan keras. Pendinginan cepat ini dapat menciptakan martensit, sebuah fasa kristal yang memberikan kontribusi signifikan pada peningkatan kekerasan baja. Selain itu, pendinginan air memberikan kontrol suhu yang lebih baik dibandingkan dengan pendinginan udara. Ketersediaan pendinginan air yang konstan dan efisien membantu meminimalkan fluktuasi suhu selama proses pendinginan, sehingga struktur mikro pada lapisan karburasi dapat dijaga dengan lebih baik. Hal ini penting karena struktur mikro yang optimal, seperti martensit yang homogen, berkontribusi pada

peningkatan kekerasan permukaan baja secara keseluruhan. Nilai R^2 (R-squared) sebesar 0,9445 menunjukkan bahwa model regresi yang digunakan sangat baik dalam menjelaskan variasi dalam data. Artinya:

- 94,45% variasi dalam variabel dependen dapat dijelaskan oleh variabel independen.
- Hanya 5,55% variasi yang tidak dapat dijelaskan oleh model. Nilai R^2 yang tinggi seperti ini menunjukkan bahwa model regresi sangat akurat dan dapat diandalkan untuk membuat prediksi. Ini juga menunjukkan bahwa hubungan antara variabel independen dan dependen sangat kuat.

Dalam banyak kasus, nilai R^2 sebesar 0,9445 dianggap sangat baik dan menunjukkan bahwa model regresi dapat digunakan untuk membuat prediksi yang akurat.

Tabel 1. Pengaruh

Variasi Katalis	Hasil Uji Foto Mikro	
	Pendingin Udara	Pendingin Air
10%		
20%		
30%		

Berdasarkan data pengujian foto mikro yang ditunjukkan pada Tabel 1 diketahui bahwa dari hasil dua jenis pendinginan struktur mikro yang terbentuk terjadi perbedaan, pada spesimen yang mengalami perlakuan terlihat bahwa struktur ferit, perlit, dan martensit, material dengan pendinginan udara struktur yang terbentuk lebih dominan oleh struktur perlit, dan untuk pendinginan air struktur yang terbentuk lebih dominan struktur martensit, pembentukan perlit pada pendinginan udara semakin banyak dengan semakin

banyak katalis yang ditambahkan, begitu juga dengan pembentukan martensit pada pendinginan air terjadi peningkatan seiring dengan penambahan katalis, seperti pada penambahan katalis 10%, 20%, dan 30% katalis.

Pada baja yang telah mengalami proses carburizing dan didinginkan dengan udara, struktur ferit masih dapat terbentuk karena distribusi kandungan karbon yang tidak merata di seluruh permukaan baja. Meskipun proses carburizing meningkatkan kandungan karbon pada lapisan permukaan baja, karbon tidak selalu terdifusi secara merata ke seluruh bagian baja. Akibatnya beberapa area mungkin tetap memiliki kandungan karbon yang lebih rendah, terutama di bagian inti baja yang tidak terpapar langsung dengan atmosfer karburisasi. Pada bagian-bagian ini, ketika baja didinginkan dengan udara, austenit akan mengalami transformasi menjadi ferit, terutama pada daerah dengan kandungan karbon rendah, karena ferit adalah struktur yang stabil pada kandungan karbon yang rendah. Pendinginan udara yang relatif lambat juga memberikan waktu yang cukup bagi karbon untuk berdifusi keluar dari area yang awalnya kaya karbon menuju area yang lebih miskin karbon. Hal ini menyebabkan variasi dalam konsentrasi karbon, sehingga memungkinkan terbentuknya ferit di daerah-daerah yang karbonnya relatif rendah. Selain itu, karena ferit memiliki stabilitas pada suhu rendah dan pada baja dengan kandungan karbon rendah, struktur ini tetap ada setelah pendinginan selesai.

Pembentukan perlit diakibatkan karena pendinginan dilakukan secara lambat dengan udara, ini memberikan waktu yang cukup bagi transformasi austenit menjadi struktur perlit. Transformasi austenit menjadi perlit terjadi ketika baja didinginkan melalui kisaran suhu di mana austenit tidak lagi stabil, biasanya di bawah suhu sekitar 727°C. Pada suhu ini, atom-atom karbon dan besi dalam austenit mulai berpisah, membentuk lapisan-lapisan alternasi dari ferrit dan sementit yang dikenal sebagai perlit. Proses pendinginan yang lambat memungkinkan atom-atom ini memiliki cukup waktu untuk berdifusi dan membentuk struktur lamelar yang khas pada perlit. Perlit terbentuk karena keseimbangan antara difusi karbon dan transformasi fasa yang terjadi selama pendinginan yang tidak terlalu cepat.

Martensit terbentuk ketika baja yang telah dikarburisasi ini didinginkan dengan cepat melalui dengan cepat (*quenching*), laju pendinginan yang

tinggi mencegah difusi karbon yang cukup, sehingga austenit tidak sempat bertransformasi menjadi struktur perlit atau bainit yang lebih stabil. Akibatnya, austenit mengalami transformasi langsung menjadi martensit, yang merupakan struktur yang sangat keras namun rapuh. Martensit terbentuk karena atom-atom besi dalam austenit tidak dapat beradaptasi dengan perubahan kristalografi yang terjadi selama pendinginan cepat, sehingga membentuk struktur kristal tetragonal yang terdistorsi. Distorsi ini disebabkan oleh karbon yang terjebak di dalam kisi-kisi kristal besi, menghasilkan ketegangan internal yang tinggi dan, pada gilirannya, menghasilkan kekerasan yang signifikan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis perbandingan kekerasan dan struktur mikro hasil proses carburizing dengan variasi media pendingin dan penambahan katalis terhadap baja karbon rendah ST.37, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Variasi yang diberikan sangat berpengaruh terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro hasil proses carburizing.
2. Nilai kekerasan dengan media pendingin air jauh lebih tinggi dari pendinginan menggunakan udara.
3. Pembentukan struktur martensit lebih banyak terbentuk dengan menggunakan media pendingin air, sedangkan untuk pendingin udara lebih banyak terbentuk perlit..

DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi, A., Widodo, T. D., & Irawan, Y. S. (2025). Influence of Lorjuk Mussel Shells and Peanut Shells As Carburizer Media in the Pack Carburizing Process of Aisi 1020. *International Journal of Mechanical Engineering Technologies and Applications*, 6(1), 34–47. <https://doi.org/10.21776/mechta.2025.006.01.4>
- Adedipe, O., Sunday, V., Agbese, N., Lawal, A., Wahab, O., Oyeladun, A., & Baba, J. (2023). Explicit microstructural and electrochemical study of value-added carburized mild steel with coconut shell ash and CaCO₃ nanoparticles derived from periwinkle shell. *Chemical Data Collections*, 45(March), 101028.

- <https://doi.org/10.1016/j.cdc.2023.101028>
- Asrofi, M., Hidayatulloh, M. A. V., Jatisukamto, G., Sutjahjono, H., & Sakura, R. R. (2020). The effect of temperature and volume fraction of mahoni (*Swietenia mahogani*) wood charcoal on SS400 steel using pack carburizing method: Study of hardness and microstructure characteristics. *AIMS Materials Science*, 7(3), 354–363. <https://doi.org/10.3934/matrs.2020.3.354>
- Hidayat, T., Hartono, P., & Sujatmiko. (2016). Analisa Pengaruh Suhu Pada Media Pendingin Terhadap Sifat Mekanis (Kekerasan) Baja S45C Pada Proses Hardening. *Jurnal Sains Dan Teknologi Teknik Mesin Unisma*, 6(2), 31–35.
- Pradani, Y. F., Sulaiman, M., & Hardiyanto, S. (2020). Analisis Tingkat Kekerasan Aluminium 6061 Berdasarkan Variasi Media Pendingin Pada Proses Pack Carburizing. *Steam Engineering*, 2(1), 1–10. <https://doi.org/10.37304/jptm.v2i1.1663>
- Sigit Kristiadi, Unung Lesmanah, & Artono Raharjo. (2023). Pengaruh Variasi Media Pendingin Terhadap Kekerasan dan Mikrostruktur Pada Pengecoran Aluminium 6061. *Ring Mechanical Engineering*, 2(2), 101–112. <https://doi.org/10.33474/rm.v2i2.19906>
- Asrofi, M., Hidayatulloh, M. A. V., Jatisukamto, G., Sutjahjono, H., & Sakura, R. R. (2020). The effect of temperature and volume fraction of mahoni (*Swietenia mahogani*) wood charcoal on SS400 steel using pack carburizing method: Study of hardness and microstructure characteristics. *AIMS Materials Science*, 7(3), 354–363. <https://doi.org/10.3934/matrs.2020.3.354>
- Callister Jr, W. D., & Rethwisch, D. G. (2018). Characteristics, Application, and Processing of Polymers. In *Materials Science and Engineering - An Introduction*.
- George E. Totten. (2007). Steel Heat Treatment : Metallurgy and Technologies. In *Steel Heat Treatment : Metallurgy and Technologies* (pp. 695–735).
- Kimia, P., & Muzakir, A. (n.d.). *Karakterisasi Material ; Rifan Hardian*.
- Lesmanah, U., Marsyahyo, E., & Vitasari, P. (2013). *OPTIMASI SIFAT MEKANIS KEKUATAN TARIK BAJA ST 50 DENGAN PERLAKUAN GAS CARBURIZING VARIASI HOLDING TIME UNTUK PENINGKATAN MUTU BAJA*. 4(2), 366–375.
- Mazuli, S., & Haripriadi, B. D. (2020). Analisa Pengaruh Arang Kayu Bakau, Arang Tempurung Kelapa Dan Arang Kayu Leban Pada Proses Pack carburizing Terhadap Kekerasan Baja Karbon St 37. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 3(2), 128–137. <https://doi.org/10.30596/rmme.v3i2.5275>
- Parrish, G. (1999). Carburizing: Microstructures and Properties. In *ASTM International*. <http://link.springer.com/10.1007/BF02646170>
- Srivastava, A., Kumar, H., Khan Yusufzai, M. Z., & Vashista, M. (2019). Microstructural characterization of pack carburized is-2062 low carbon steel using magnetic barkhausen noise. *Materials Today: Proceedings*, 16, 439–443. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.05.112>
- Sundari, E., Taufikurrahman, & Fahlevi, R. (2018). Analisa Pengaruh Pack carburizing Terhadap Sifat Mekanis Sprocket Imitasi Sepeda Motor Menggunakan Arang Kayu Gelam Dan Serbuk Cangkang Remis Sebagai Katalisator. *Jurnal Austenit*, 10(2), 72–77.
- Umurani, K., Fathi, S., & Tanjung, I. (2021). Pengaruh Penambahan Serbuk Arang Cangkang Kemiri – Barium Karbonat Terhadap Permukaan Pahat Bubut Dengan Menggunakan Metode Pack carburizing. *VOCATECH: Vocational Education and Technology Journal*, 2(2), 114–121. <https://doi.org/10.38038/vocatech.v2i2.61>
- Wijaya, H., & Junaedi, L. (2013). Karakterisasi dan Uji Efektivitas Arang Kulit kacang sebagai Filter Asap Rokok. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 24(2), 74–81. <https://www.neliti.com/publications/79074/karakterisasi-dan-uji-efektivitas-arang-kulit-kacang-sebagai-filter-asap-rokok>.
- Adedipe, O., Aigbodion, V. S., Agbo, N. A., Lawal, S. A., Oyeladun, O. W. A., Mokwa, J. B., & Dauda, E. T. (2023). Unveiling high-performance carburized mild steel using coconut shell ash and CaCO₃ nanoparticles derived from periwinkle shell. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 126(9–10), 4711–4721. <https://doi.org/10.1007/s00170-023-11399-w>
- Adedipe, O., Sunday, V., Agbese, N., Lawal, A., Wahab, O., Oyeladun, A., & Baba, J. (2023). Explicit microstructural and electrochemical study of value-added carburized mild steel with coconut shell ash and CaCO₃ nanoparticles derived from periwinkle

- shell. *Chemical Data Collections*, 45(March), 101028. <https://doi.org/10.1016/j.cdc.2023.101028>
- Callister Jr, W. D., & Rethwisch, D. G. (2018). Characteristics, Application, and Processing of Polymers. In *Materials Science and Engineering - An Introduction*.
- Darmo, S., Soenoko, R., Siswanto, E., & Widodo, T. D. (2018). Study on mechanical properties of *pack carburizing* SS400 steel with energizer pomacea canalikulata lamarek shell powder. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 9(5), 14–23. <https://doi.org/10.30574/gjeta.2022.11.2.0087>
- Dwi Susanto, T., Rekto Prabowo, N., & Darmawan, B. (2020). *Intuisi Teknik dan Seni Efektifitas Katalis Proses Pack carburizing Terhadap Kekerasan Permukaan dan Struktur Mikro Baja ST 42 The Effectiveness of Pack carburizing Catalyst Against Surface Hardness and Microstructure of ST 42*. 12(2), 29–39.
- Hafni, H., Hadi, S., & Edison, E. (2017). The Influence of Calcium Carbonate Composition and Activated Carbon in *Pack carburizing* Low Carbon Steel Process in the Review of Hardness and Micro Structure. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 97(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/97/1/012037>
- Hassan, K. S. (2015). Comparative of wear resistance of low carbon steel *pack carburizing* using different media. *International Journal of Engineering & Technology*, 4(1), 71. <https://doi.org/10.14419/ijet.v4i1.3866>
- Karim, A., Azmy, I., Khoiriah, S. Q., & Bintoro, C. (2022). Microstructure and Mechanical Properties of Pack Carburized AISI 1020 Steel Using Na₂CO₃ and CaCO₃ Catalysts. *Journal of Renewable Energy and Mechanics*, 5(02), 52–59. [https://doi.org/10.25299/rem.2022.vol5\(02\).9965](https://doi.org/10.25299/rem.2022.vol5(02).9965)
- Mazuli, S., & Haripriadi, B. D. (2020). Analisa Pengaruh Arang Kayu Bakau, Arang Tempurung Kelapa Dan Arang Kayu Leban Pada Proses *Pack carburizing* Terhadap Kekerasan Baja Karbon St 37. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 3(2), 128–137. <https://doi.org/10.30596/rmme.v3i2.5275>
- Oreko, B. U., Otanocha, O. B., & Idi, S. (2020). Experimental investigation of the effect of pack carburization on impact strength and hardness property of ASTM A516/516M-05 steel plate weldment. *International Journal of Integrated Engineering*, 12(1), 115–121.
- Shell, N., Powders, W., & Duration, C. (2022). *Effective Case Depth and Wear Resistance of Pack Carburized*.
- Umunakwe, R., Okoye, O. C., Madueke, C. I., & Komolafe, D. O. (2017). Effects of Carburization with Palm Kernel Shell/Coconut Shell Mixture on the Tensile Properties and Case Hardness of Low Carbon Steel. *FUOYE Journal of Engineering and Technology*, 2(1). <https://doi.org/10.46792/fuoyejet.v2i>

