

Pengaruh Variasi Persentase Cangkang Kerang (CaCO_3) Dan Karbon Arang Kayu Nani Pada Proses Karburasi Terhadap Sifat Mekanis Serta Laju Korosi Baja Karbon Sedang

Graciadiana I Huka¹⁾, Josef Matheus²⁾, R.R. Lekatompessy³⁾, Nevada. J. M. Nanulaitta⁴⁾,

Mechanical Engineering Major in Ambon Polytechnic – Indonesia
Ir. M. Puttuhena Wailela Street, Rumah Tiga Village, Ambon City 97234
Maluku Province – Indonesia

graciahuka71@gmail.com,

oceplopulalan@gmail.com,

royrobert@gmail.com

rio_nevada@yahoo.co.id ,

Abstract

The effect of additives such as seashells (containing CaCO_3) and nani wood charcoal on the mechanical properties of steel during the carburizing process is significant. The addition of CaCO_3 acts as a catalyst, accelerating carbon diffusion into the steel's microstructure, thereby increasing surface hardness and flexural strength. The results showed that increasing the percentage of CaCO_3 up to a certain point can increase the hardness and strength of the steel, with the highest hardness value achieved at a variation of 50% CaCO_3 and 50% nani wood charcoal, at approximately 21.93 HRC.

Hardness testing showed that the variation of additives directly affected the final hardness, with the highest value being achieved at the optimal combination of CaCO_3 and nani wood charcoal. In addition to hardness, other mechanical properties, such as bending strength, also showed an increasing trend with increasing CaCO_3 proportions up to the optimal point, namely at a variation of 70% CaCO_3 and 30% nani wood charcoal, which resulted in a bending stress of 32.64 MPa and a bending strength of 3336.14 MPa. Therefore, the adjustment of the proportion of additives is a key factor in optimizing the mechanical properties of steel through the carburizing process enriched with these natural materials.

Keywords: seashells, nani wood charcoal, catalyst, a bending strength

Abstrak

Pengaruh bahan tambahan seperti cangkang kerang (mengandung CaCO_3) dan arang kayu nani dalam proses karburasi terhadap sifat mekanis baja sangat signifikan. Penambahan CaCO_3 berfungsi sebagai katalisator yang mempercepat difusi karbon ke dalam struktur mikro baja, sehingga meningkatkan kekerasan permukaan dan kekuatan lentur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan persentase CaCO_3 hingga titik tertentu dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan baja, dengan nilai kekerasan tertinggi tercapai pada variasi 50% CaCO_3 dan 50% arang kayu nani, yaitu sekitar 21,93 HRC).

Pengujian kekerasan menunjukkan bahwa variasi bahan tambahan secara langsung mempengaruhi hasil kekerasan akhir, dengan nilai tertinggi pada kombinasi optimal CaCO_3 dan arang kayu nani. Selain kekerasan, sifat mekanis lain seperti kekuatan bending juga menunjukkan tren peningkatan seiring dengan peningkatan proporsi CaCO_3 hingga titik optimal, yaitu pada variasi 70% CaCO_3 dan 30% arang kayu nani, yang menghasilkan tegangan bending mencapai 32,64 MPa dan kekuatan bending sebesar 3336,14 MPa. Oleh karena itu, pengaturan proporsi bahan tambahan menjadi faktor kunci dalam mengoptimalkan sifat mekanis baja melalui proses karburasi yang diperkaya bahan alami tersebut.

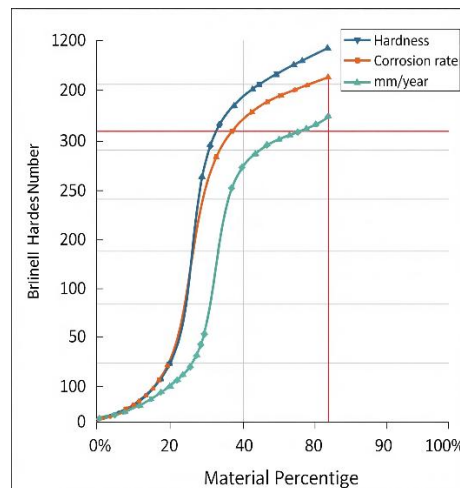
Kata kunci: Cangkang Kerang, katalisator, kayu nani, bending

Latar Belakang

Perkembangan industri baja dan perlakuan panas telah menunjukkan peningkatan signifikan dalam beberapa dekade terakhir, dengan fokus utama pada peningkatan sifat mekanis dan ketahanan

terhadap korosi baja. Salah satu metode yang banyak digunakan adalah proses karburasi, yang bertujuan meningkatkan kandungan karbon pada permukaan baja untuk memperoleh kekerasan tinggi dan ketahanan aus yang lebih baik (Fajar Al Afghani 2022). Penelitian ini berfokus pada pengaruh variasi persentase cangkang kerang dan arang kayu nani dalam proses karburasi terhadap sifat mekanis dan laju korosi baja karbon sedang.

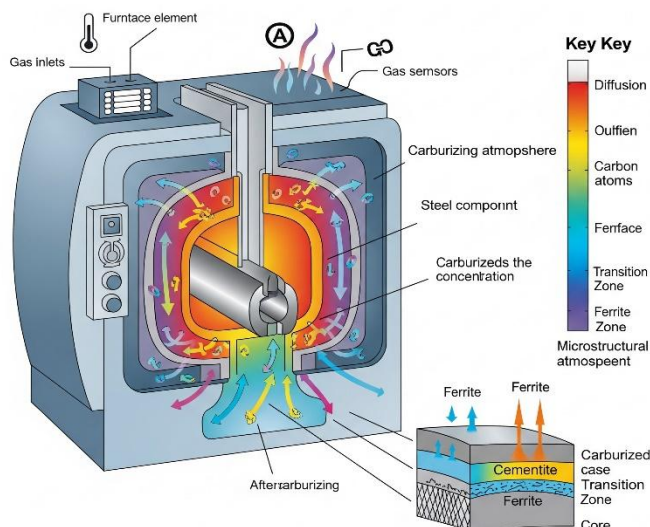
Cangkang kerang, yang mengandung kalsium karbonat (CaCO_3), berperan sebagai katalisator dalam proses pengarbonan, sedangkan arang kayu nani sebagai sumber karbon utama (Purba 2020). Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana variasi proporsi bahan tersebut mempengaruhi kekerasan, kekuatan mekanis, serta ketahanan korosi baja, sehingga dapat dioptimalkan untuk aplikasi industri yang membutuhkan material dengan sifat mekanis unggul dan ketahanan terhadap lingkungan korosif.



Gambar 1. Pengaruh Persentase Bahan Terhadap Kekerasan Dan Laju Korosi

Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk memberikan kontribusi terhadap pengembangan proses karburasi yang lebih efisien dan ramah lingkungan dengan memanfaatkan limbah alami seperti cangkang kerang dan arang kayu nani (Andi Prayoga 2023). Visual yang disarankan: Diagram proses karburasi dengan variasi bahan cangkang kerang dan arang kayu nani, serta grafik pengaruh persentase bahan terhadap kekerasan dan laju korosi.

Carburizing Process



Gambar 2. Proses Karburasi

Metode Penelitian

Penggunaan bahan tambahan seperti cangkang kerang (CaCO_3) dan arang kayu nani dalam proses karburasi memiliki pengaruh signifikan terhadap sifat mekanis dan laju korosi baja. Cangkang kerang, yang kaya akan kalsium karbonat (CaCO_3), berperan sebagai katalisator dalam proses difusi karbon, meningkatkan kedalaman difusi dan mikrostruktur permukaan baja (Fajar Al Afghani 2022). Penambahan CaCO_3 dapat mempercepat reaksi kimia selama proses karburasi, menghasilkan lapisan permukaan yang lebih keras dan tahan aus, serta mengurangi laju korosi akibat pembentukan lapisan pelindung yang lebih stabil (B. Setiawan 2021). Sementara itu, arang kayu nani sebagai sumber karbon utama memberikan kontribusi langsung terhadap peningkatan kadar karbon di permukaan baja, yang berdampak pada peningkatan kekerasan dan ketahanan terhadap deformasi plastis (Nitha 2021).

Variasi persentase bahan tambahan ini mempengaruhi kedalaman difusi karbon serta struktur mikro, dimana peningkatan CaCO_3 cenderung memperbesar lapisan karburasi dan memperbaiki sifat mekanis secara keseluruhan (Yusuf Yusuf 2022). Selain itu, kombinasi CaCO_3 dan arang kayu nani dapat mengurangi laju korosi dengan membentuk lapisan oksida pelindung yang lebih tahan terhadap lingkungan korosif (Tianshu Li 2021). Oleh karena itu, pengaturan proporsi bahan tambahan ini menjadi faktor kunci dalam mengoptimalkan proses karburasi untuk mendapatkan sifat mekanis yang unggul dan ketahanan korosi yang tinggi pada baja (Pramuka Ilmu Purboputro 2025).

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh variasi persentase cangkang kerang (CaCO_3) dan arang kayu nani dalam proses karburasi terhadap sifat mekanis dan laju korosi baja karbon sedang. Untuk mencapai tujuan tersebut, dirancang sebuah eksperimen yang sistematis dengan variabel-variabel yang terkontrol dan variabel-variabel yang diukur secara langsung.

Variasi bahan utama yang digunakan dalam proses karburasi adalah campuran arang kayu nani dan cangkang kerang (CaCO_3) dengan persentase berbeda, yaitu 50%, 50%, 70%, 30%, dan 100%. Persentase ini dipilih berdasarkan studi sebelumnya yang menunjukkan bahwa peningkatan CaCO_3 dapat mempercepat difusi karbon dan membentuk lapisan pelindung yang lebih baik, sehingga mempengaruhi sifat mekanik dan korosi baja. Pengujian sifat mekanis dilakukan melalui dua metode utama: pengujian kekerasan menggunakan metode Rockwell C dan pengujian kekuatan lentur (bending).

Pengujian kekerasan dilakukan sebelum dan setelah proses karburasi untuk mengetahui perubahan kekerasan permukaan akibat variasi bahan tambahan. Pengujian bending dilakukan untuk menilai ketahanan baja terhadap deformasi plastis dan beban lentur. Pengambilan sampel dilakukan dengan mempersiapkan spesimen baja karbon sedang berbentuk plat berukuran 110 x 30 mm. Sebelum proses karburasi, setiap spesimen diuji kekerasannya sebagai data awal.

Setelah proses karburasi selama 15 menit pada suhu 850°C dengan variasi bahan, spesimen didinginkan dengan metode pendinginan tunggal (single quenching) dalam oli. Prosedur perlakuan dilakukan secara konsisten untuk semua sampel agar hasilnya dapat dibandingkan secara valid. Data kekerasan dan kekuatan lentur yang diperoleh dianalisis secara statistik untuk menentukan pengaruh persentase CaCO_3 dan arang kayu nani terhadap sifat mekanis baja.

Dalam penelitian ini, pengujian kekerasan dilakukan menggunakan metode Rockwell dengan skala HRC untuk menilai ketahanan permukaan baja terhadap deformasi plastis setelah proses karburasi. Pengujian ini dilakukan sebelum dan sesudah perlakuan untuk memperoleh data perbandingan yang akurat. Sampel baja diukur kekerasannya sebanyak 20 titik pada setiap kondisi, dan hasilnya dicatat dalam tabel data awal dan pasca perlakuan.

Pengujian kekerasan dilakukan dengan menempatkan spesimen pada mesin uji kekerasan Mitutoyo AR-20, kemudian diindentasi menggunakan indenter berlian berbentuk kerucut dengan sudut puncak 120°, dan beban sebesar 150 kg diterapkan. Nilai kekerasan diukur langsung dari layar mesin berdasarkan kedalaman penetrasi, sehingga hasilnya dapat langsung dibaca dalam skala HRC. Data kekerasan dari setiap titik pengujian dianalisis secara statistik untuk menentukan pengaruh variasi persentase cangkang kerang (CaCO_3) dan arang kayu nani terhadap kekerasan permukaan baja.

Selain pengujian kekerasan, pengujian bending dilakukan untuk menilai kekuatan lentur baja setelah perlakuan karburasi. Pengujian ini dilakukan dengan metode tiga titik bending, di mana spesimen diberi beban secara bertahap hingga mencapai batas deformasi tertentu. Data tegangan lentur, modulus

elastisitas, dan kekuatan maksimum dicatat dan dianalisis untuk melihat pengaruh variasi bahan tambahan.

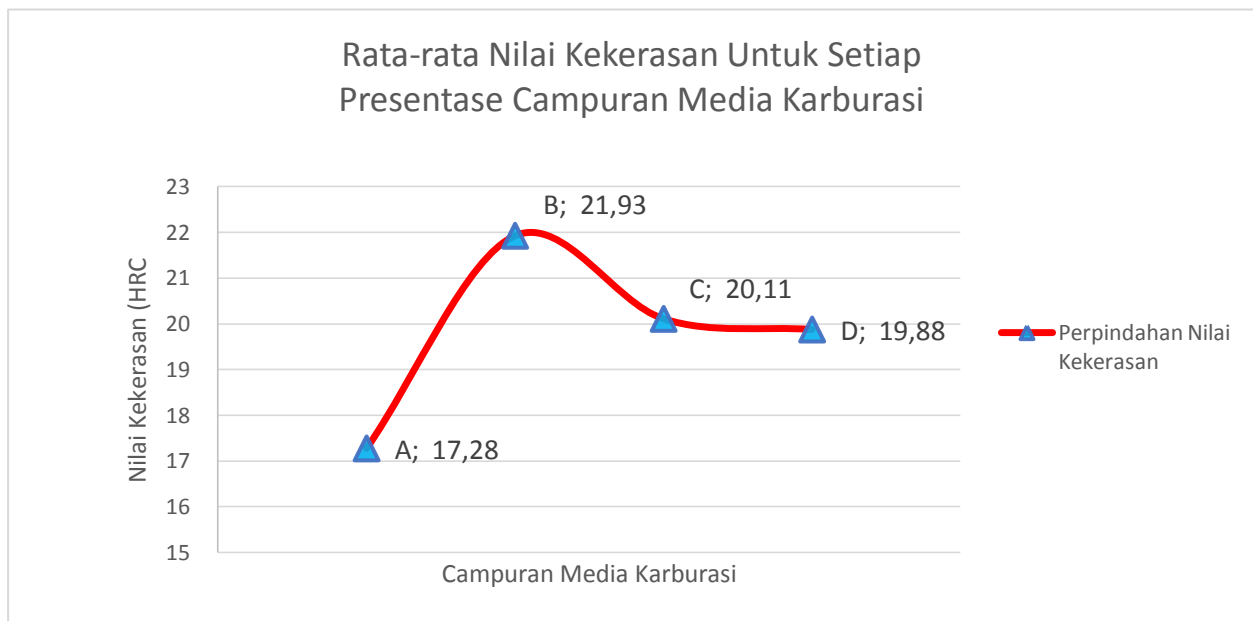
Hasil dan Pembahasan

Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan merupakan salah satu parameter penting dalam menilai sifat mekanis baja yang telah mengalami proses karburasi, khususnya dalam kaitannya dengan variasi persentase cangkang kerang (CaCO_3) dan arang kayu nani. Tujuan utama dari pengujian ini adalah untuk mengetahui tingkat kekerasan permukaan baja setelah proses perlakuan panas, serta mengidentifikasi pengaruh variasi bahan tambahan terhadap kedalaman difusi karbon dan kekerasan akhir.

Hasil pengujian kekerasan menggunakan metode Rockwell C menunjukkan adanya peningkatan signifikan pada nilai kekerasan setelah proses karburasi dibandingkan dengan kondisi awal. Nilai kekerasan tertinggi tercatat pada variasi 70% arang kayu nani dan 30% cangkang kerang (70:30), dengan rata-rata nilai kekerasan mencapai 21,93 HRC. Sebaliknya, nilai kekerasan terendah ditemukan pada variasi 100% arang kayu nani tanpa penambahan cangkang kerang, dengan rata-rata sekitar 19 HRC.

Data ini menunjukkan bahwa penambahan cangkang kerang sebagai katalisator dalam proses karburasi mampu meningkatkan kekerasan permukaan baja secara optimal pada persentase tertentu. Pengaruh bahan tambahan terhadap kedalaman difusi karbon terlihat dari tren peningkatan nilai kekerasan yang sejalan dengan meningkatnya persentase cangkang kerang hingga mencapai titik optimal pada variasi 70:30. Di luar titik ini, peningkatan persentase cangkang kerang tidak lagi memberikan peningkatan kekerasan yang signifikan, bahkan cenderung menurun.



Gambar 3. Hasil Pengujian Kekerasan

Grafik hasil pengujian kekerasan dari ketiga pengulangan menunjukkan konsistensi data dan reliabilitas pengukuran. Rata-rata nilai kekerasan dari tiga pengujian untuk setiap variasi bahan tambahan tercantum dalam Gambar 3, yang memperlihatkan bahwa variasi 50:50 memiliki nilai kekerasan tertinggi secara statistik. Hal ini mengindikasikan bahwa kombinasi bahan tersebut paling efektif dalam meningkatkan sifat mekanis baja melalui proses karburasi.

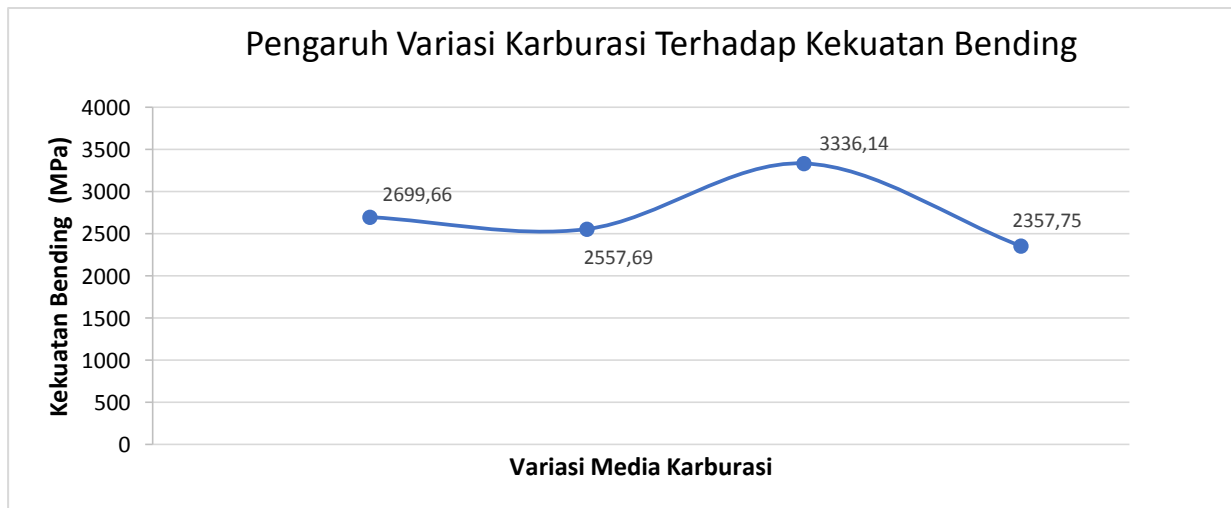
Secara umum, hasil ini mendukung hipotesis bahwa penambahan bahan alami seperti cangkang kerang yang mengandung CaCO_3 dapat mempercepat difusi karbon ke dalam struktur baja, sehingga meningkatkan kekerasan permukaan. Peningkatan kekerasan ini berkontribusi terhadap peningkatan ketahanan aus dan umur pakai baja dalam aplikasi industri, terutama pada komponen yang mengalami gesekan tinggi.

Visualisasi grafik kekerasan dari masing-masing pengujian memperlihatkan tren kenaikan nilai kekerasan seiring dengan peningkatan persentase cangkang kerang hingga titik optimal, kemudian menurun saat melewati titik tersebut. Data ini menjadi dasar untuk menentukan formulasi bahan tambahan yang paling efektif dalam proses karburasi baja karbon sedang.

Dengan demikian, pengujian kekerasan ini memberikan gambaran kuantitatif mengenai pengaruh variasi bahan tambahan terhadap sifat mekanis baja, sekaligus menjadi acuan dalam proses optimasi perlakuan panas untuk aplikasi industri yang membutuhkan material dengan kekerasan tinggi dan ketahanan terhadap aus.

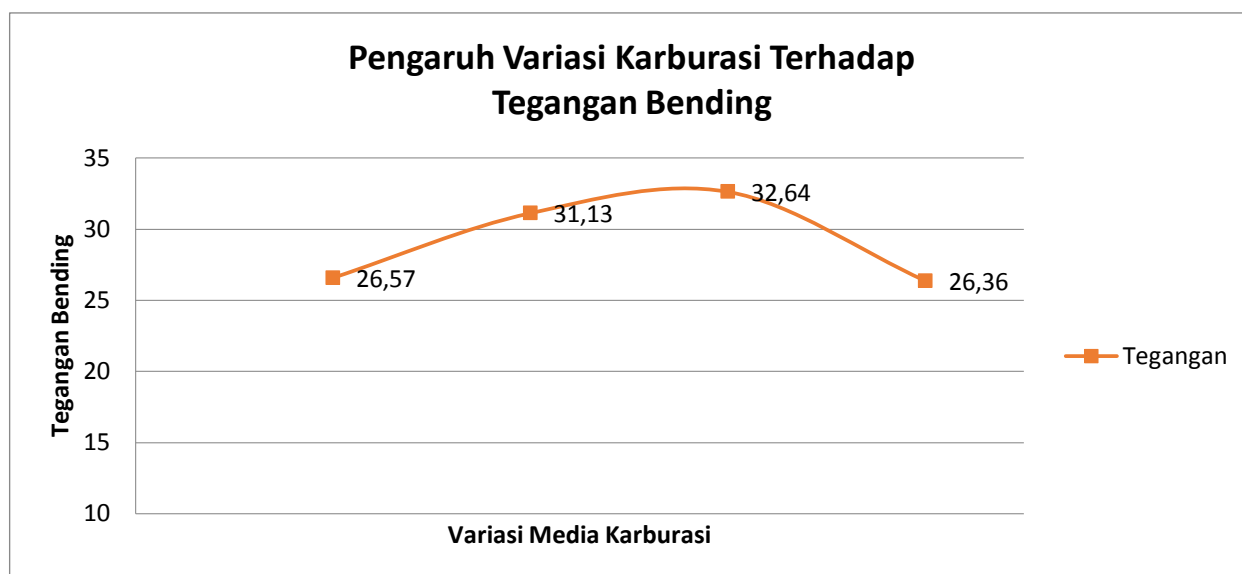
Pengujian Bending

Hasil pengujian kekuatan bending menunjukkan bahwa variasi proporsi bahan cangkang kerang (CaCO_3) dan arang kayu nani dalam proses karburasi memiliki pengaruh signifikan terhadap sifat mekanik baja karbon sedang. Data dari pengujian menunjukkan bahwa nilai tegangan bending tertinggi tercapai pada variasi 50% arang kayu nani dan 50% cangkang kerang (CaCO_3), dengan nilai sebesar 32,64 MPa, sementara nilai terendah terjadi pada variasi 100% arang kayu nani, yaitu 26,36 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan persentase CaCO_3 dalam campuran bahan karburasi dapat meningkatkan kekuatan lentur baja, kemungkinan karena peran CaCO_3 sebagai katalisator yang mempercepat difusi karbon ke dalam struktur mikro baja.



Gambar 4. Kekuatan Bending

Tegangan bending tertinggi pada variasi 70% arang kayu nani dan 30% CaCO_3 dapat dikaitkan dengan optimalisasi difusi karbon dan pembentukan lapisan sementit yang lebih homogen dan padat, yang memperkuat struktur mikro dan meningkatkan sifat mekanik. Sebaliknya, pada variasi 100% arang kayu nani, kurangnya katalis CaCO_3 mengakibatkan difusi karbon yang kurang optimal, sehingga kekuatan lentur menurun.



Gambar 5. Tegangan Bending.

Penutup

Berdasarkan analisis terhadap pengaruh variasi bahan cangkang kerang (mengandung CaCO_3) dan arang kayu nani dalam proses karburasi terhadap sifat mekanis dan laju korosi baja, dapat disimpulkan bahwa variasi komposisi bahan sangat berpengaruh terhadap hasil akhir perlakuan. Variasi 50:50 menunjukkan hasil terbaik pada kedua parameter, yaitu kekerasan permukaan dan kekuatan bending, yang masing-masing mencapai nilai tertinggi sekitar 21,93 HRC dan 32,64 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa proporsi bahan tersebut mampu meningkatkan difusi karbon ke dalam struktur mikro baja secara optimal, membentuk lapisan sementit yang homogen dan padat, serta memperkuat struktur mikro secara signifikan.

Pengaruh positif dari penambahan CaCO_3 sebagai katalisator dalam bahan campuran terbukti mempercepat difusi karbon, meningkatkan ketebalan lapisan karburasi, dan membentuk lapisan oksida pelindung yang mampu mengurangi laju korosi. Sebaliknya, tanpa penambahan CaCO_3 , hasil perlakuan menunjukkan nilai kekerasan dan kekuatan mekanis yang lebih rendah, serta potensi peningkatan laju korosi akibat mikrostruktur yang kurang optimal.

References

- Andi Prayoga. (2023). Pengaruh Limbah Serbuk Karbon Batu Baterai (Single Use) Dan Arang Kayu Jati Pada Proses Pack Carburizing. *Gorontalo Journal of Infrastructure and Science Engineering*.
- B. Setiawan, Helanianto Helanianto, Hairian Rahmadi. (2021). PENGGUNAAN KARBON ARANG KAYU BELIAN DAN ARANG KAYU AKASIA PADA PROSES KARBURASI PADAT BAJA KARBON RENDAH. *Injection: Indonesian Journal of Vocational Mechanical Engineering*.
- Fajar Al Afghani, Erwan Hermawan, Siti Shaleha. (2022). EFEK NITROCARBURIZING PADA MATERIAL LOW CARBON STEEL TERHADAP KETAHANAN KOROSI DAN KEKERASAN. *Urania*.
- Husam Elkaseh. (2023). Optimizing the Gas Carburization Process: Strategies for Reducing Total Cycle Time. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*.

- J. Sultan, Emad Toma Bane Karash, Mohammad Takey Elias Kassim, Adel M. Ali, Hssein A. Ibrhim. (2022). The Effect of Carburization and Repeated Heat Treatment with Different Solutions on the Fatigue Resistance of Medium Carbon Steel. *International Journal of Heat and Technology*.
- Kutsova V, K. V, Knapinskij M, Projdak S, Varitsev A. (2019). Pure steel milling technology and specific features. *Theory and practice of metallurgy*.
- Lifeng Fan, Tiannan Zhu, Gao Jun, Xiao Lijun, Yue Erbin, Hongbin Li, Liansheng Chen. (2024). *Coordinate regulation mechanism of primary recrystallization texture and microstructure of grain-oriented silicon steel. Metallurgical Research & Technology*.
- Nevada. J.M Nanulaitta, Lilipaly. Eka.R.M. A.P (2011). Analisa Perbandingan Komposisi Karbon Dan Bubuk Tulang Sapi (Katalis) Dalam Proses Karburasi Padat Untuk Mendapatkan Nilai Kekerasan Tertinggi Pada Baja Karbon S-35 C. *Arika No.5 (2) Hal 177-190*
- Nevada. J.M Nanulaitta, Eka. R.M.A.P Lilipaly (2012). Analisa Sifat Kekerasan Baja St-42 Dengan Pengaruh Besarnya Butiran Media Katalisator (Tulang Sapi (CaCO₃)) Melalui Proses Pengarbonan Padat Pack Carburizing. *Teknologi, No.9(1). Hal 985-994*
- Nevada. JM. Nanulaitta Clara Sekeroney, Frederick Demmatacco, Mohammad Anas Fikri, Ike Dayi Febriana (2023) Pengaruh Temperature Tempering Terhadap Kekerasan Pada Baja Karbon Sedang Hasil Pengelasan FCAW (Flux-Cored Arc Welding). *Journal Mechanical Engineering. No.1 (3) Hal 169-172*
- Nevada JM Nanulaitta Rey Joy Toding Padang, Cley Talakua, Faizatur Rohmah (2023). Analisa Pengaruh Waktu Penahanan (Holding Time) Pada Proses Tempering Terhadap Sifat Mekanis Baja Karbon Menengah Hasil Pengelasan Fcaw (Flux Core Arc Welding). *Journal Mechanical Engineering, No. 1 (3). Hal 173-180.*
- Pramuka Ilmu Purboputro. (2025). *Analisis Sifat Mekanis Baja ST60 Setelah Mengalami Pack Carburizing Karbon Variasi Temperatur 700⁰, 800⁰, 850⁰, 900⁰*. *Creative Research in Engineering*.
- S. Afolalu, O. P. Abioye, E. Salawu, I. Okokpujie, A. Abioye, O. Omotosho, O. Ajayi. (2018). *Impact of Heat Treatment on HSS Cutting Tool (ASTM A600) and Its Behaviour during Machining Of Mild Steel(ASTM A36)*.
- Tianshu Li, Szu-Chia Chien, Zhe Ren, W. Windl, F. Ernst, G. Frankel. (2021). *Understanding the Efficacy of Concentrated Interstitial Carbon in Enhancing the Pitting Corrosion Resistance of Stainless Steel*. *Acta Materialia*.
- Yusuf Yusuf, Asep Ruchiyat, Helanianto Helanianto. (2022). PENGARUH KARBURASI ARANG TERHADAP KEMAMPUKARESAN BAJA ST 42 DENGAN METODE JOMINY. *Injection: Indonesian Journal of Vocational Mechanical Engineering*.
- Wonho Kim, Changwook Ji. (2022). *Trend of Resistance Spot Welding Technology of Al-Si Coated*