



Effect Of Buffalo Bone Charcoal And BaCO_3 Composition On The Tensile Strength Of Pack-Carburized Low-Carbon Steel

Yafet Bontong¹, Ariyen Duri², Fikran³

^{1,3}Program Studi Teknik Mesin, Universitas Kristen Indonesia Toraja

² Program Studi Teknik Elektro, Universitas Kristen Indonesia Toraja

*Penulis Korespondensi: yafetbontong@ukitoraja.ac.id

Received: 01/07/2026 | Accepted: 04/08/2026 | Publication: 12/08/2026

Abstract: Low-carbon steel has good ductility and formability; however, its relatively low surface hardness and strength limit its application in components requiring improved mechanical performance. One method that can be used to enhance these properties is pack carburizing. This study aims to analyze the effect of varying compositions of buffalo bone charcoal (BBC) and BaCO_3 on the tensile characteristics of low-carbon steel subjected to pack carburizing. The experiment was conducted using three carburizing media compositions: 60% BBC + 40% BaCO_3 , 70% BBC + 30% BaCO_3 , and 80% BBC + 20% BaCO_3 , with a particle size of mesh 20 at temperatures of 850°C and 950°C. The pack carburizing process was carried out with a holding time of 2 hours, followed by normalizing cooling in air. The mechanical characteristics were evaluated based on ultimate tensile strength, elongation, and reduction in cross-sectional area. The results showed that at 850°C, the highest tensile strength was obtained with the composition of 70% BBC + 30% BaCO_3 , reaching 1.566,08 MPa. At 950°C, the highest tensile strength was obtained with 80% BBC + 20% BaCO_3 , reaching 1.858,93 MPa. Increasing the carburizing temperature from 850°C to 950°C increased the tensile strength for all compositions, with the greatest increase of 62.22% occurring in the 80% BBC + 20% BaCO_3 composition. This condition also exhibited greater deformation based on the elongation and reduction in cross-sectional area. The results indicate that the combination of carburizing media composition and process temperature plays an important role in determining the tensile characteristics of low-carbon steel. Among the investigated conditions, the composition of 80% BBC + 20% BaCO_3 at 950°C produced the best tensile response.

Keywords: Low-Carbon Steel; Pack Carburizing; Buffalo Bone Charcoal; BaCO_3 ; Tensile Strength.



Copyright © 2026, The Author(s).

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

How to Cite: Bontong, Y., Duri, A., & Fikran. (2026). Effect of buffalo bone charcoal and BaCO_3 composition on the tensile strength of pack-carburized low-carbon steel. *Journal of Innovation Research and Knowledge*, 6(3), 1843–1848. <https://doi.org/10.53625/jirk.v6i3.13204>

PENDAHULUAN

Baja karbon rendah merupakan material yang banyak digunakan dalam berbagai komponen teknik karena memiliki kemampuan pembentukan dan pengelasan yang baik, relatif ulet, mudah diperoleh, serta ekonomis (Dera et al., 2025). Meskipun demikian, rendahnya kandungan karbon menyebabkan kekerasan permukaan dan ketahanan aus baja karbon rendah relatif terbatas. Kondisi tersebut menjadi kendala ketika material digunakan pada komponen yang membutuhkan kombinasi antara permukaan yang keras dan bagian inti yang tetap ulet. Salah satu perlakuan yang dapat diterapkan untuk memperbaiki karakteristik tersebut adalah proses *carburizing*, yaitu proses pengayaan karbon pada

lapisan permukaan baja melalui mekanisme difusi pada temperatur tinggi (Adawiyah et al., 2024) (Adedipe et al., 2023). Kajian terbaru menunjukkan bahwa proses *carburizing* tetap relevan untuk pengembangan baja karbon rendah, termasuk melalui pemanfaatan material organik sebagai sumber karbon yang lebih mudah diperoleh dan berpotensi lebih berkelanjutan.

Salah satu metode *carburizing* yang relatif sederhana adalah *pack carburizing* (Karim & Supriyono, 2024). Pada proses ini, material baja ditempatkan di dalam kotak bersama media padat yang mengandung sumber karbon dan bahan pengaktif (*energizer*), kemudian dipanaskan pada temperatur tertentu. Karbon yang tersedia pada lingkungan *carburizing* selanjutnya berdifusi ke permukaan baja sehingga menghasilkan perubahan komposisi dan sifat mekanis pada lapisan permukaannya. Keberhasilan proses *pack carburizing* tidak hanya ditentukan oleh jenis sumber karbon, tetapi juga dipengaruhi oleh temperatur, waktu penahanan, ukuran partikel, komposisi media *carburizing*, serta jenis *energizer* yang digunakan (Adedipe et al., 2023). Oleh karena itu, perubahan parameter proses dapat memberikan respons mekanis yang berbeda pada baja yang dihasilkan.

Barium karbonat (BaCO_3) merupakan salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai *energizer* pada proses *pack carburizing*. Penggunaan BaCO_3 bersama sumber karbon membantu mendukung berlangsungnya proses transfer karbon menuju permukaan baja. Penggunaan BaCO_3 sebanyak 20% bersama arang tulang kambing dan arang bambu pada baja karbon rendah (Negara & Widiyarta, 2019). Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa *pack carburizing* dapat meningkatkan kekerasan, yield strength, dan tensile strength, tetapi pada saat yang sama dapat menyebabkan perubahan elongasi material. Hal ini memperlihatkan bahwa evaluasi keberhasilan *carburizing* tidak cukup hanya berdasarkan peningkatan kekerasan, tetapi perlu memperhatikan keseimbangan antara kekuatan dan kemampuan material mengalami deformasi.

Pemanfaatan sumber karbon yang berasal dari biomassa maupun limbah organik juga semakin berkembang. Penggunaan campuran arang tempurung kelapa dan cangkang inti sawit sebagai media *carburizing* baja karbon rendah dan menemukan bahwa komposisi media memberikan pengaruh terhadap kekuatan tarik, elongasi, beban patah, serta kekerasan permukaan (Umunakwe et al., 2017). Hasil tersebut menunjukkan bahwa jenis dan komposisi sumber karbon berperan penting dalam menentukan respons mekanis baja setelah *carburizing*. Material organik dan limbah biomassa mempunyai potensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber karbon alternatif dalam proses *carburizing* baja karbon rendah (Adedipe et al., 2023).

Dalam konteks pemanfaatan material lokal, arang tulang kerbau memiliki potensi khusus untuk dikembangkan sebagai media *pack carburizing*. Sebelumnya telah menggunakan arang tulang kerbau bersama BaCO_3 untuk meningkatkan sifat mekanis baja karbon rendah (Bontong et al., 2018). Penelitian tersebut menggunakan variasi komposisi arang tulang kerbau sebesar 65%, 75%, dan 80% yang dikombinasikan dengan BaCO_3 . Hasilnya menunjukkan bahwa peningkatan persentase arang tulang kerbau cenderung meningkatkan kekerasan dan kekuatan tarik baja karbon rendah. Nilai kekuatan tarik tertinggi dilaporkan pada komposisi dengan kandungan arang tulang kerbau terbesar yang diuji. Penelitian tersebut menjadi dasar penting bahwa arang tulang kerbau dapat digunakan sebagai sumber

karbon pada proses *pack carburizing* dan mampu memberikan perubahan pada karakteristik mekanis baja karbon rendah.

Penelitian lanjutan (Bontong & Nitha, 2018) juga menggunakan variasi arang tulang kerbau dan BaCO_3 pada baja karbon rendah dengan komposisi 60% ATK + 40% BaCO_3 , 70% ATK + 30% BaCO_3 , serta 80% ATK + 20% BaCO_3 pada temperatur 850°C dan 950°C. Penelitian tersebut lebih menekankan pada perubahan kekerasan dan menunjukkan bahwa proses *pack carburizing* dengan media arang tulang kerbau mampu meningkatkan kekerasan baja karbon rendah. Dengan demikian, penelitian ini memperkuat indikasi bahwa komposisi media maupun kondisi temperatur merupakan faktor penting dalam proses *carburizing* menggunakan arang tulang kerbau.

Penelitian ini diarahkan untuk menganalisis pengaruh variasi komposisi arang tulang kerbau dan BaCO_3 terhadap karakteristik tarik baja karbon rendah hasil *pack carburizing* pada temperatur 850°C dan 950°C. Karakteristik tarik tidak hanya ditinjau berdasarkan kekuatan tarik maksimum, tetapi juga berdasarkan perubahan deformasi atau elongasi material sehingga dapat diperoleh gambaran yang lebih lengkap mengenai hubungan antara peningkatan kekuatan dan keuletan baja setelah proses *carburizing*. Pendekatan ini diharapkan dapat memperluas hasil penelitian terdahulu serta memberikan dasar dalam menentukan kombinasi komposisi media dan temperatur *pack carburizing* yang menghasilkan karakteristik mekanis baja karbon rendah yang lebih sesuai untuk aplikasi teknik.

METODE PENELITIAN

1. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental kuantitatif yang bertujuan menganalisis pengaruh komposisi arang tulang kerbau (ATK) dan barium karbonat (BaCO_3) terhadap karakteristik tarik baja karbon rendah setelah proses *pack carburizing*. Penelitian difokuskan pada baja karbon rendah dengan ukuran arang tulang kerbau mesh 20. Variabel perlakuan terdiri atas tiga komposisi media *pack carburizing*, yaitu 60% ATK + 40% BaCO_3 , 70% ATK + 30% BaCO_3 , dan 80% ATK + 20% BaCO_3 . Masing-masing komposisi diberikan perlakuan pada temperatur 850°C dan 950°C. Baja karbon rendah tanpa perlakuan digunakan sebagai material pembanding (raw material).

2. Bahan Penelitian

Material utama yang digunakan adalah baja karbon rendah. Media *pack carburizing* terdiri atas arang tulang kerbau sebagai sumber karbon dan BaCO_3 sebagai *energizer*. Arang tulang kerbau terlebih dahulu dihaluskan dan diayak hingga diperoleh ukuran partikel mesh 20.

Media *carburizing* kemudian dibuat berdasarkan persentase berat dengan tiga perbandingan, yaitu:

- 60% arang tulang kerbau + 40% BaCO_3 ;
- 70% arang tulang kerbau + 30% BaCO_3 ; dan
- 80% arang tulang kerbau + 20% BaCO_3 .

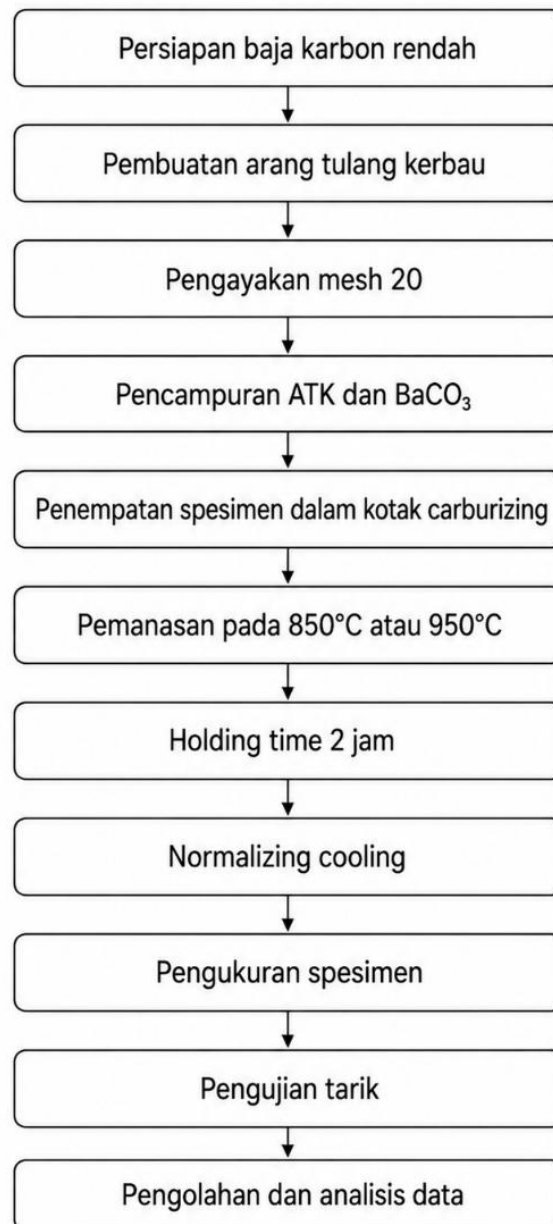
3. Proses Pack Carburizing

Proses *pack carburizing* diawali dengan pencampuran arang tulang kerbau dan BaCO_3 sesuai komposisi yang telah ditentukan. Spesimen baja karbon rendah ditempatkan di dalam



kotak *carburizing* dan dikelilingi oleh campuran media *carburizing* sehingga permukaan spesimen berada dalam kontak dengan media padat.

Secara ringkas, berikut ini tahapan proses yang dilalui:



Gambar 1. Tahapan Pack Carburizing

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pengujian Tarik Baja Karbon Rendah

Pengujian tarik dilakukan pada baja karbon rendah hasil *pack carburizing* menggunakan media arang tulang kerbau (ATK) dan BaCO_3 dengan ukuran mesh 20. Variasi komposisi yang dianalisis adalah 60% ATK + 40% BaCO_3 , 70% ATK + 30% BaCO_3 , dan 80% ATK + 20% BaCO_3 pada temperatur 850°C dan 950°C.

Berdasarkan pemeriksaan data pengujian, tidak seluruh kolom replikasi memiliki rekaman beban. Oleh karena itu, perhitungan dilakukan terhadap data yang memiliki rekaman pembebanan positif dan dapat diidentifikasi hingga beban maksimum. Kolom yang seluruh nilai bebannya kosong atau nol tidak dimasukkan dalam perhitungan rata-rata.

Luas penampang awal spesimen dengan diameter awal 5 mm adalah:

$$A_0 = \frac{\pi(5)^2}{4} = 19,635 \text{ mm}^2$$

2. Beban Maksimum dan Kekuatan Tarik

Tabel 1 Hasil perhitungan beban maksimum dan kekuatan tarik ditunjukkan pada tabel berikut.

Temperatur (°C)	Komposisi Media	Rata-rata Beban Maksimum (N)	Kekuatan tarik (MPa)
850	60% ATK + 40% BaCO ₃	26.000	1.324,17
850	70% ATK + 30% BaCO ₃	30.750	1.566,08
850	80% ATK + 20% BaCO ₃	22.500	1.145,92
950	60% ATK + 40% BaCO ₃	33.500	1.706,14
950	70% ATK + 30% BaCO ₃	32.000	1.629,75
950	80% ATK + 20% BaCO ₃	36.500	1.858,93

Pada temperatur 850°C, kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada komposisi 70% ATK + 30% BaCO₃, yaitu sebesar 1.566,08 MPa. Komposisi 60% ATK + 40% BaCO₃ menghasilkan kekuatan tarik sebesar 1.324,17 MPa, sedangkan komposisi 80% ATK + 20% BaCO₃ menghasilkan rata-rata 1.145,92 MPa.

Pada temperatur 950°C, kekuatan tarik untuk komposisi 60% ATK + 40% BaCO₃ sebesar 1.706,14 MPa, sedangkan komposisi 70% ATK + 30% BaCO₃ menghasilkan 1.629,75 MPa. Kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada komposisi 80% ATK + 20% BaCO₃, dengan rata-rata sebesar 1.858,93 MPa.

KESIMPULAN

Variasi komposisi media *pack carburizing* dan temperatur memberikan respons yang berbeda terhadap kekuatan tarik baja karbon rendah. Pada temperatur 850°C, kekuatan tarik rata-rata tertinggi diperoleh pada komposisi 70% ATK + 30% BaCO₃, yaitu sebesar 1.566,08 MPa. Sementara itu, pada temperatur 950°C, kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada komposisi 80% ATK + 20% BaCO₃, yaitu sebesar 1.858,93 MPa.

Kombinasi 80% arang tulang kerbau + 20% BaCO₃ pada temperatur 950°C menunjukkan respons tarik terbaik di antara kondisi yang dianalisis. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan kandungan arang tulang kerbau yang disertai temperatur *pack carburizing* yang lebih tinggi dapat meningkatkan kemampuan baja karbon rendah dalam menerima beban tarik, meskipun respons yang dihasilkan tetap dipengaruhi oleh kombinasi komposisi media dan temperatur proses.

DAFTAR PUSTAKA

Adawiyah, R., Rahman, N., Sabitah, A., Ardiyat, I. N., & Robittah, A. (2024). Analisis Kandungan Karbon dan Kekerasan Baja AISI 1020 dengan Variasi Media Karburasi Batubara Lignit dan Cangkang Telur. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 19(3), 431–438. <https://doi.org/10.32497/jrm.v19i3.5937>

Adedipe, O., Medupin, R. O., Yoro, K. O., Dauda, E. T., Aigbodion, V. S., Agbo, N. A., Oyeladun, O. W. A., Mokwa, J. B., Lawal, S. A., Eterigho-Ikelegbe, O., & Sadare, O. O. (2023). Sustainable carburization of low carbon steel using organic additives: A review. *Sustainable Materials and Technologies*, 38(September), 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2023.e00723>

Bontong, Y., & Nitha. (2018). Perilaku Mekanis Baja Karbon Akibat Pack Carburizing Dengan Media Arang Tulang Kerbau. *Journal Dynamic Saint*, 3(2), 711–720. <https://doi.org/10.47178/dynamicsaint.v3i2.429>

Bontong, Y., Nitha, Abbas, H., Syam, R., Arsyad, H., & Asmal, H. S. (2018). Behavior of pack carburizing with bone buffalo charcoal and BaCO₃ against mechanical properties of low carbon steel. *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, 13(14), 4309–4316.

Dera, N. S., Sahidu, I., Ishak, S., Talango, N., & Rauf, W. (2025). Pengaruh Jenis Elektroda Pengelasan SMAW Terhadap Kekuatan Las Baja Karbon Rendah. *Journal of Vocational Education and Automotive Technology PENGARUH*, 7(2), 173–184.

Karim, M. R., & Supriyono. (2024). Sifat Fisis dan Mekanis Baja Karbon Rendah dengan Perlakuan Carburizing Arang Bambu. *Simposium Nasional RAPI XXIII – 2024 FT UMS*, 390–396.

Negara, D. N. K. P., & Widiyarta, I. M. (2019). The study on mechanical properties of pack carburized low carbon steel using BaCO₃ as energizer. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 673(1), 1–6. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/673/1/012125>

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.v2i1.83>