



# **PENGARUH CAMPURAN KARBON TEMPURUNG KELAPA DAN BATU BARA SUB BITUMINUS PADA TREATMENT KARBURASI TERHADAP PENINGKATAN NILAI KEKERASAN MATERIAL BAJA ST37**

**Dewi Purnama Sari<sup>a,\*</sup>, Rahmayanti<sup>a</sup>, Kamaluddin<sup>a</sup>**

<sup>a</sup> Politeknik Industri Logam Morowali

Labota, Bahodopi, Morowali, Sulawesi Tengah, 94974

\*E-mail: dwprnmsr@gmail.com

Masuk Tanggal : 3 Maret , revisi tanggal : 16 April, diterima untuk diterbitkan tanggal : 8 Juni 2022

## **Abstrak**

Peningkatan produksi baja dunia seiring dengan peningkatan kebutuhan baja yang semakin masif, penggunaan baja pada industri manufaktur dan otomotif harus didukung dengan sifat mekanik baja yang baik guna mendukung ketahanan baja terhadap efek penggunaan jangka Panjang. Baja karbon rendah dikelompokkan ke dalam baja yang dapat diolah dengan permesinan karena sifatnya yang mudah dibentuk tetapi kelemahan baja karbon rendah yaitu nilai kekerasan yang rendah sehingga mudah mengalami keausan, deformasi, rompal, dan pecah, hal ini dapat diatasi dengan metode pengerasan permukaan, pengerasan permukaan dilakukan dengan proses karburasi dimana penambahan karbon dalam kotak karburasi akan menyebabkan difusi karbon ke permukaan baja. Parameter keberhasilan dari karburasi salah satunya ialah jenis karbon dan penambahan energizer, proses karburasi menggunakan material ST37, dipanaskan pada temperatur 850°C, ditahan selama 4 jam, kemudian spesimen dilakukan proses *hardening* dengan media pendingin air. Hasil diperoleh nilai kekerasan rawa material meningkat dari 8,7 HRC menjadi 31,3 pada campuran arang tempurung kelapa dan batu bara (1:1) dan 51,2 HRC pada campuran yang sama dengan penambahan energizer. Peningkatan nilai kekerasan ini seiring dengan keberhasilan proses karburasi, penambahan energizer membuat proses karburasi semakin efektif dan efisien.

**Kata Kunci:** Karburasi, Arang tempurung kelapa, Batu bara, Kekerasan permukaan, Baja ST37

## **Abstract**

The increase in world steel production in line with the increasing demand for steel is increasingly massive, the use of steel in the manufacturing and automotive industries must be supported by good mechanical properties of steel to support the resistance of steel to the effects of long-term use. Low carbon steel is grouped into steel that can be machined because it is easy to form but the weakness of low carbon steel is low hardness value so it is easy to wear, deform, chip, and break, this can be circumvented by the method of surface hardening. This is done by a carburizing process where the addition of carbon in the carburizing box will cause the diffusion of carbon to the steel surface. One of the success parameters of carburizing is the type of carbon and the addition of an energizer. The carburizing process uses ST37 material, heated at a temperature of 850°C, held for 4 hours, then the specimen is hardened with water cooling media. The results obtained that the hardness value of the swamp material increased from 8.7 HRC to 31.3 in a mixture of coconut shell charcoal and coal (1:1) and 51.2 HRC in the same mixture with the addition of an energizer. This increase in hardness value is in line with the success of the carburizing process, the addition of an energizer makes the carburizing process more effective and efficient.

**Keywords:** Carburizing, Coconut shell charcoal, Coal, Surface hardness, Stainless steel ST37

## **1. PENDAHULUAN**

Total produksi baja mentah dunia adalah 1.950,5 Mt pada Tahun 2021, meningkat 3,7%

dibandingkan Tahun 2020 [12]. Adanya peningkatan menunjukkan penggunaan baja yang semakin meningkat. Industri yang paling banyak

menggunakan material baja ialah industri manufaktur dan otomotif, berbagai elemen mesin yang digunakan dalam mesin-mesin produksi ataupun mesin pada kendaraan bermotor akan mengalami penurunan kualitas material akibat intensitas penggunaannya. Penurunan kualitas material disebabkan oleh perubahan sifat mekanik material. Pemenuhan kebutuhan baja dengan karakteristik tertentu membuat teknik rekayasa material berperan penting dalam menentukan sifat material. Sifat material baja terdiri dari sifat keras, ulet, elastis dan plastis. Berdasarkan beberapa sifat tersebut sifat keras merupakan sifat yang paling dipertimbangkan dalam perencanaan konstruksi khususnya yang berhubungan dengan bagian-bagian mesin yang bergerak dan bergesekan yang akan menimbulkan keausan pada permukaan logam [12]. Kegagalan kerja material yang disebabkan oleh keausan, deformasi, retak dan korosif akan lebih mudah terjadi apabila material tidak memiliki sifat keras [5].

Baja karbon dikategorikan sebagai baja karbon rendah, sedang dan tinggi ketika kandungan karbonnya kurang atau sama dengan 0,25%, dalam kisaran 0,25% hingga 0,55% dan lebih dari 0,55%. Baja karbon tinggi dengan kandungan karbon sekitar 0,8% adalah keras, tetapi juga rapuh, dan oleh karena itu tidak dapat digunakan pada bagian-bagian mesin seperti roda gigi dan poros [5]. Baja karbon rendah memiliki penggunaan yang luas dalam bidang konstruksi dan dikelompokkan ke dalam baja yang dapat diolah dengan permesinan (*machinery steel*). Kelemahan yang menonjol dari bahan ini adalah nilai kekerasannya yang rendah dan jenis kegagalan yang sering terjadi pada bahan baja karbon rendah adalah keausan, deformasi, rompal, dan pecah. Metode untuk mengatasi kelemahan baja karbon rendah ialah dengan melakukan pengerasan permukaan sehingga baja tersebut akan memiliki kekerasan dan ketahanan aus yang lebih baik [3, 10].

Pengerasan permukaan dapat dilakukan dengan proses karburasi. Proses karburasi dilakukan dengan memasukkan baja ke dalam kotak tertutup yang diisi dengan bahan sumber karbon, karbon akan berdifusi ke permukaan baja untuk dapat merubah sifat mekanik baja menghasilkan kekerasan permukaan, meningkatkan ketahanan aus, menurunkan koefisien gesekan dan meningkatkan ketahanan korosi [1]. Penambahan zat pengaktif karbon (*energizer*) bertujuan untuk mempercepat proses difusi karbon ke permukaan baja. Pada suhu tinggi, *energizer*,  $\text{BaCO}_3$  misalnya, terurai menjadi karbon dioksida dan barium oksida. Karbon dioksida kemudian bereaksi dengan karbon dan

menghasilkan karbon monoksida [5]. Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi hasil karburasi antara lain: kandungan karbon/paduan dari substrat, temperatur karburasi, waktu penahanan, bahan sumber karbon (*carburizer*), dan penambahan *energizer* (zat pengaktif karbon) [10].

**Tabel 1.** Sumber Karbon

Sumber karbon	Peneliti
Cangkang telur, kulit tebu, kulit melon, sekam padi, plastik, cangkang pinang, arang dan polietilen	[7]
Arang kayu putih, arang tempurung kelapa, arang kayu asam jawa, arang bamboo, arang singkong	[13]
Cangkang sawit, tulang mamalia, cangkang tiram, cangkang	[5]
Arang bamboo dan bubuk tulang sapi	[11]
Batu bara	[10]

Sumber karbon memiliki kandungan karbon yang berbeda-beda, semakin tinggi kandungan karbon pada sumber karbon maka akan mempengaruhi tingkat kekerasan bahan [13]. Berkenaan dengan hal tersebut, penelitian dengan topik perbandingan campuran karbon pada rasio tertentu penting dilakukan guna memperoleh kandungan karbon tertinggi sehingga diperoleh efektifitas proses karburasi.

## 2. PROSEDUR PERCOBAAN

Penelitian dilakukan dengan menyiapkan bahan baku karbon dan spesimen. Bahan baku karbon berasal dari arang tempurung kelapa (78,3%C) dan batu bara (sub bituminous 46,3%C) serta menggunakan *energizer* natrium karbonat [8, 13]. Rasio perbandingan bahan baku karbon yaitu 1:1. Spesimen yang digunakan merupakan baja ST 37 (DIN 2391) dengan komposisi baja sebagai tersaji pada Tabel 2 [3]:

**Tabel 2.** Komposisi Baja ST37

Komposisi baja (%berat)						
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
0,11	0,03	0,56	0,007	0,005	0,07	0,003

Bahan baku karbon masing-masing dihaluskan menjadi bubuk karbon, keduanya dicampur dengan penambahan *energizer* pada sampel pembanding, kotak karburasi ditutup dengan penambahan semen *portland* guna mencegah masuknya udara dalam tungku yang tidak diinginkan. Proses karburasi berlangsung pada temperature 850°C, ditahan selama 4 jam. Kotak baja kemudian dikeluarkan dari dalam tungku, spesimen dibiarkan dingin di dalam kotak, selanjutnya spesimen dilakukan proses hardening dengan media pendingin air. Pengujian kekerasan

menggunakan alat uji *Vickers Hardness* (HRC) dengan 3 (tiga) titik identasi.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

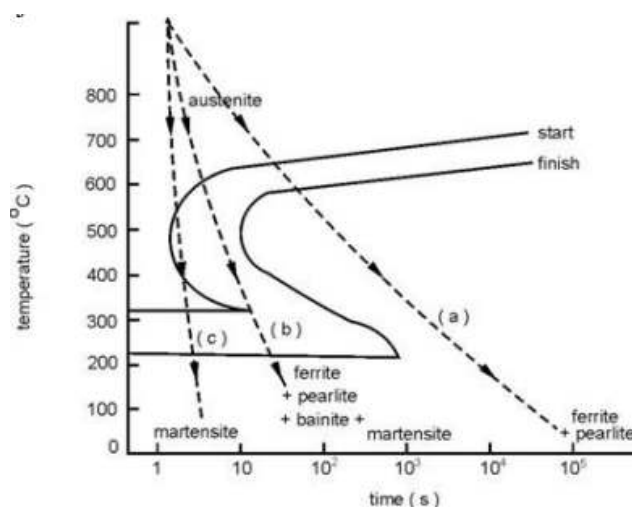
Perbandingan nilai kekerasan pada hasil karburasi menggunakan perbandingan rasio

**Tabel 3.** Nilai kekerasan (HRC)

Raw material = 8,7															
Karburasi				Hardening				Karburasi				Hardening			
AT:BB				AT:BB				AT:BB:NA				AT:BB:NA			
T1	T2	T3	Avg	T1	T2	T3	Avg	T1	T2	T3	Avg	T1	T2	T3	Avg
10,3	11,2	10,8	10,2	32,5	32,6	31,1	31,3	41,4	42,9	41,7	41,3	52,4	51,5	50,9	51,2

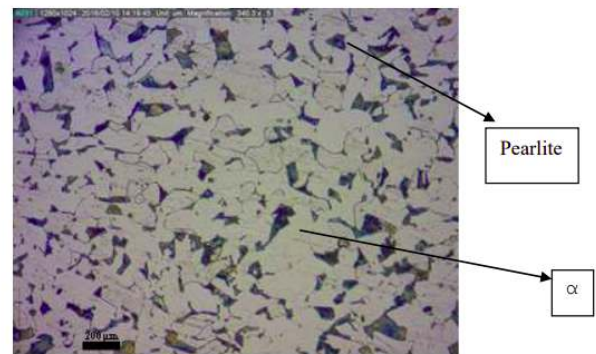
Berdasarkan tabel nilai kekerasan, menunjukan nilai yang relative sama pada setiap identasi nilai kekerasan, hal ini dapat dipastikan bahwa spesimen mendapatkan preparasi sampel permukaan yang baik.

Proses karburasi berlangsung pada suhu austenisasi (850-950 °C) dimana karbon terdifusi pada fasa austenite, dengan difusi karbon yang tinggi, baja memiliki struktur kristal yang stabil, kemudian dipanaskan kembali ke suhu austenisasi untuk memperoleh sifat permukaan yang lebih keras [2, 12]. Berdasarkan diagram CCT (Gambar 1) baja yang telah teraustenisasi kemudian melalui pendinginan cepat maka struktur akhir yang diperoleh yakni martensit. Struktur martensit yang menyebabkan material uji menjadi semakin keras. Baja karbon rendah tidak memiliki struktur akhir martensi, tetapi struktur perlit (Gambar 2) [9], meskipun telah melalui pendinginan cepat, sehingga penambahan karbon pada suhu autenisasi membuat perubahan struktur menjadi martensit [4].



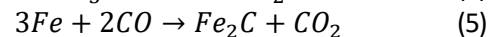
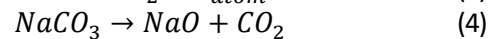
**Gambar 1.** Diagram CCT (*Continuous Cooling Transformation*) [4].

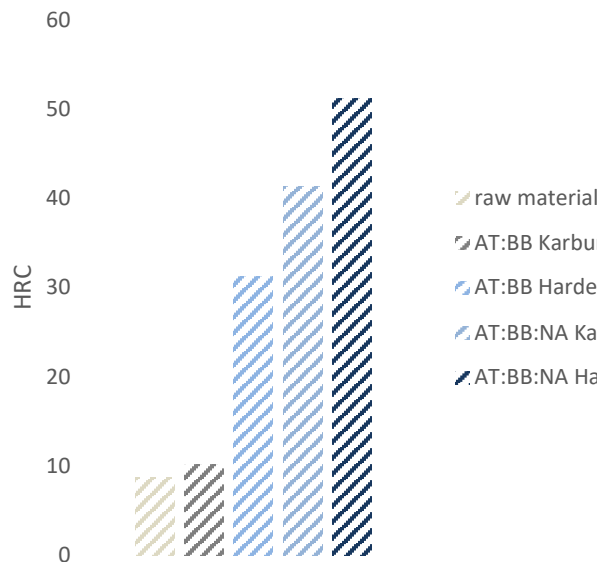
pencampuran arang tempurung kelapa (AT), batu bara (BB) dan natrium karbonat (NA) pada 3 (tiga) titik identasi dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini.



**Gambar 2.** Hasil Pengujian Struktur Sampel Baja Karbon Rendah [9].

Berdasarkan hasil penelitian yang menunjukan kenaikan signifikan antara spesimen awal dengan spesimen uji menggunakan energizer terjadi karena proses difusi karbon yang lebih baik ke permukaan baja. Pada Gambar 4 tersaji perbandingan nilai kekerasan spesimen. Senyawa karbonat akan terurai pada suhu 700 °C menghasilkan oksida yang akan menghasilkan gas CO<sub>2</sub>. Gas CO<sub>2</sub> selanjutnya bereaksi dengan karbon dari media karburasi untuk menghasilkan gas CO yang secara aktif berdifusi ke dalam permukaan baja [12]. Berikut reaksi difusi pada proses karburasi (Persamaan 1-5) [2].





**Gambar 4.** Perbandingan Nilai Kekerasan Spesimen

pencampuran karbon arang kayu dan batu bata memberikan nilai kekerasan rendah dibandingkan dengan pencampuran karbon dengan *energizer*. Hal ini dikarenakan *energizer* berperan dalam mempercepat proses difusi karbon ke permukaan baja, sehingga dengan waktu penahanan yang sama pencampuran karbon dan *energizer* memberikan nilai kekerasan yang sangat baik.

#### 4. KESIMPULAN

Melihat dari hasil nilai kekerasan baja, campuran arang tempurung kelapa dan batu bara mampu memberikan nilai kekerasan yang baik dalam proses karburasi, penambahan natrium karbonat memberikan nilai kekerasan yang lebih tinggi karena proses difusi karbon yang lebih cepat sehingga proses karburasi lebih efektif.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis sampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang terlibat dalam penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. S. Hassan, "Comparative of wear resistance of low carbon steel pack carburizing using different media," *International Journal of Engineering & Technology*, vol. 4, no. 1, p. 71, Jan. 2015,
- [2] S. R. Elmi Hosseini and Z. Li, "Pack Carburizing: Characteristics, Microstructure, and Modeling," in *Encyclopedia of Iron, Steel, and Their Alloys*, CRC Press, 2016, pp. 1–24.
- [3] M. Jafarzadegan, A. Abdollah-zadeh, A. H. Feng, T. Saeid, J. Shen, and H. Assadi,

"Microstructure and Mechanical Properties of a Dissimilar Friction Stir Weld between Austenitic Stainless Steel and Low Carbon Steel," *Journal of Materials Science & Technology*, vol. 29, no. 4, pp. 367–372, Apr. 2013,

- [4] S. Mahardika and M. T. Hidayat, "PENGARUH MEDIA ARANG KAYU JATI PADA PROSES PACK CARBURIZING TERHADAP KOMPOSISI KIMIA DAN KEKERASAN BAJA KARBON RENDAH," *Otopro*, vol. 16, no. 2, p. 44, May 2021,
- [5] Oyetunji, "Effects of Carburizing Process Variables on Mechanical and Chemical Properties of Carburized Mild Steel," *Journal of Basic & Applied Sciences*, 2012,
- [6] D. N. K. P. Negara and I. M. Widiyarta, "The study on mechanical properties of pack carburized low carbon steel using BaCO<sub>3</sub> as energizer," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 673, no. 1, p. 012125, Dec. 2019,
- [7] A. Paul, Ihom, N. G. Bem, N. I. Justine, and O. N. Joy, "Investigation of Egg Shell Waste as an Enhancer in the Carburization of Mild Steel," *American Journal of Materials Science and Engineering*, vol. 1, no. 2, pp. 29–33, 2013.
- [8] S. Poertadji, N. Nukman, and M. Hikam, "PENGARUH AGLOMERASI AIR-MINYAK SAWIT TERHADAP KADAR KARBON DAN NILAI KALORI BATUBARA SEMI-ANTRASIT,BITUMINUS DAN SUB-BITUMINUS," *Jurnal Sains Materi Indonesia*, vol. 7, no. 3, pp. 68–74, 2018.
- [9] R. D. Ramdan, A. Adetia, and R. Suratman, "The Effect of Thermo-mechanical Treatment of Substrate Preparation and Carburizing Temperature on The Morphology and Hardness of Carburizing on Low Carbon Steel," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 214, p. 012025, Jul. 2017,
- [10] M. Rasid, Zainuddin, and M. G. R. Kurniawan, "PENGARUH PROSES PACK CARBURIZING MENGGUNAKAN MEDIA BATUBARA TERHADAP KEKERASAN PISAU KUDUK KHAS DAERAH GEDUNG AGUNG LAHAT," *Austenit*, vol. 10, no. 2, Nov. 2018,
- [11] S. Sutija, "Influence of Reheating in Pack Carburizing Process with Bamboo Charcoal and Cow Bone Powder Media for Hardness Number and Impact Strength Low Carbon Steel.," *International Journal of Applied*

- Engineering Research, vol. 13, no. 5, pp. 2078–2083, 2018.
- [12] H. Suyanto, “Pengaruh Komposisi Media Karburasi Serbuk Arang Kayu-Barium Karbonat Terhadap Kekerasan Dan Keausan Baja Karbon Rendah,” Yogyakarta, 2005. Accessed: Jan. 29, 2022. [Online]. Available: <http://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/26786>
- [13] N. Thammachot, W. Homjabok, and N. Thadee, “The efficiency of different types of wood charcoal on increasing carbon content on surfaces of low carbon steel in the pack carburizing process,” Engineering and Applied Science Research, vol. 41, no. 3, pp. 381–391, 2014.
- [14] World Steel Assosiation, “December 2021 crude steel production and 2021 global crude steel production totals,” 2022. <https://worldsteel.org/> (accessed Jan. 29, 2022).