



Jurnal Artikel

**Kajian Pengaruh *Pack Carburizing* Dengan Sumber Karbon Arang Bambu Terhadap Kekerasan dan Ketangguhan Impak Baja AISI 1040**

Alessandro Chiesa<sup>1</sup>, Ghifari Fata Alkhoiri<sup>2</sup>, Yovial Mahyoedin<sup>3\*</sup>, Wenny Marthiana<sup>4</sup>

Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta

<sup>1</sup>alessandrochiesa21@gmail.com, <sup>2</sup>ghifarifataalkhoiri@gmail.com

\*Corresponding author – Email: yovial@bunghatta.ac.id

Artikel Info - : Received: 24 Sept 2024; Revised: 26 Oct 2024; Accepted: 27 Oct 2024

**Abstrak**

**Background:** Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penambahan unsur karbon memakai arang bambu sebagai bahan karbon terhadap kekerasan dan nilai impak material baja AISI 1040 melalui *pack carburizing*. Pada penelitian terdapat 4 kelompok spesimen uji, yaitu *raw material*, material dengan perlakuan *pack carburizing* pada temperatur 800°C, 900°C, 1000°C. Hasil pengujian kekerasan menunjukkan meningkatnya kekerasan bahan seiring peningkatan temperatur *carburizing* dengan kenaikan sebesar 67,32% dari *raw material*. Kekerasan tertinggi 50,53 HRA dijumpai pada spesimen *carburizing* dengan suhu 1000 °C, dan nilai kekerasan terendah pada bahan tanpa *treatment (raw material)* dengan nilai 30,2 HRA. Hal ini menandakan meningkatnya unsur karbon pada bagian permukaan spesimen. Hal yang sama ditunjukkan pada pengujian impak yaitu meningkatnya energi impak seiring meningkatnya suhu *treatment*. *Raw material* memiliki energi impak 93,13 Joule, sementara energi impak, berturut-turut, pada suhu 800°C sebesar 260,44 J, 900°C sebesar 279,99 J, dan 1000°C sebesar 165,91 J. Hal ini menunjukkan bahwa ketangguhan spesimen menurun pada suhu *carburizing* tinggi seiring dengan meningkatnya kekerasan bahan

**Kata kunci:** *carburizing*, *carbon*; *keuletan*; *kekerasan*.

**Abstract**

**Background:** This study aims to analyze the addition of carbon elements using bamboo charcoal as a carbon material through *pack carburizing* treatment on the hardness and impact value of AISI 1040 steel material. In this study there were 4 groups of test specimens, namely *raw material*, material with *pack carburizing* treatment at temperatures of 800°C, 900°C, 1000°C. The results of the hardness test showed an increase in the hardness of the material along with the increase in *carburizing* temperature with an increase of 67.32% from the *raw material*. The highest hardness of 50.53 HRA was found in the *carburizing* specimen with a temperature of 1000 °C, and the lowest hardness value was in the untreated material (*raw material*) with a value of 30.2 HRA. This indicates an increase in carbon elements on the surface of the specimen. The same thing is shown in the impact test with increasing impact energy as the treatment temperature increases. *Raw material* has an impact energy of 93.13 J, while the impact energy, respectively, at 800°C is 260.44 J, 900°C is 279.99 J, and 1000°C is 165.91 J. This shows that the toughness of the specimen decreases at high *carburizing* temperatures as the material hardness increases.

**Keywords:** *carburizing*; *carbon*; *hardness*; *toughness*



© 2020 by authors. Lisensi Jurnal Metal : Manufaktur, Energi, Material Teknik, Uhamka, Jakarta. Artikel ini bersifat open access yang didistribusikan di bawah syarat dan ketentuan Creative Commons Attribution (CC-BY) license.

**Pendahuluan**

Perkembangan industri yang pesat, terutama di sektor permesinan, telah mendorong kemajuan teknologi dalam produksi bahan baku seperti baja. Baja biasa digunakan dalam konstruksi komponen mesin yang mengalami gesekan, seperti roda gigi, dan poros, karena daya tahannya

yang luar biasa. (Arifandi & Pohan, 2021). Kekerasan tinggi dari baja menjadikannya juga sesuai untuk pembuatan peralatan yang bergerak dan mengalami gesekan (Tafrant *et al.*, 2022)

Besarnya kandungan karbon memungkinkan baja dapat dikeraskan dengan memberikan perlakuan panas (*heat treatment*) yang sesuai, seperti *pack carburizing*. Proses *pack carburizing* adalah proses penambahan kandungan

unsur karbon (C) pada permukaan baja. Proses ini melibatkan penambahan elemen karbon ke permukaan material, yang pada gilirannya akan mempengaruhi sifat mekanik material tersebut. Proses *pack carburizing* yang tepat akan menambah kekerasan permukaan (Mahardika & Hidayat, 2021) sedang pada bagian dalam tetap ulet. Ketebalan lapisan hasil proses *pack carburizing* tergantung dari suhu pada proses *pack carburizing* sendiri dan waktu reaksi yang dibutuhkan. Beberapa faktor yang berpengaruh pada proses *pack carburizing* antara lain adalah media karburasi, suhu, waktu, dan *quenching* (Prabowo *et al.*, 2023)

Penelitian *pack carburizing* yang dilakukan Sundari *et al.*, (2021), pada baja St 37 mendapatkan benda kerja dengan permukaan yang mengeras sedangkan intinya tidak terpengaruh. Prabowo *et al.*, (2023) pada penelitiannya menggunakan arang batok kelapa menemukan bahwa waktu penahanan temperatur karburisasi merupakan faktor yang sangat mempengaruhi dalam hal mengendalikan kedalaman penetrasi dari karbon. Pramuko *et al.*, (2023) dalam penelitiannya menggunakan baja St 60 menyatakan dengan waktu tahan 30 menit jumlah perlit lebih banyak dibandingkan dengan ferit, juga struktur karbon lebih halus jika dibandingkan dengan hasil waktu tahan 15 menit. Struktur austenite yang dihasilkan juga lebih banyak dari waktu tahan 15 menit dikarenakan waktu tahan yang berbeda.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji sifat kekerasan dan ketangguhan material baja AISI 1040 yang diberi perlakuan *pack carburizing* pada temperatur yang bervariasi dengan waktu karburisasi selama 120 menit.

## Metode

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja AISI 1040 serta arang bambu yang berfungsi sebagai karbon dalam proses difusi pada karburisasi. Baja AISI 1040 adalah baja karbon sedang dengan kandungan karbon sebesar 0,4% dan kepadatan sebesar 7870 kg/m<sup>3</sup>. Baja jenis AISI 1040 mempunyai sifat mekanik yang sangat baik, termasuk kemampuan las yang baik, kemampuan mesin yang baik, ketangguhan yang tinggi, kekuatan yang baik, dan kekerasan tinggi (Tafrant *et al.*, 2022).

Pada penelitian ini pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan uji kekerasan Rockwell dengan skala A menggunakan jenis indentor penekan kerucut intan dengan sudut puncak 120° dan beban total 60 kg. Sementara itu, pengujian impak dilakukan dengan alat uji impak jenis charpy dengan dimensi mengikuti standar ASTM E23. Besar energi impak dihitung berdasarkan persamaan :

$$EI = m \cdot g \cdot r \cdot \cos(\beta - \alpha)$$

Dimana :

$$EI = \text{Energi impak (J)}$$

$m$  = Massa pendulum ( Kg )

$g$  = Percepatan gravitasi ( m/s<sup>2</sup> ) : 9,8 = 10 m/s<sup>2</sup>

$r$  = Panjang lengan pendulum

$\beta$  = Sudut setelah pendulum menumbuk spesimen

$\alpha$  = Sudut awal sebelum pendulum diayunkan

Harga impact dapat ditulis sebagai berikut :

$$HI = E/A$$

Dimana :

HI = Harga impact ( J/mm<sup>2</sup> )

E = Usaha untuk mematahkan benda uji ( J )

A = Luas penampang efektif ( mm<sup>2</sup> )

Pada penelitian terdapat 4 kelompok spesimen uji, yaitu *raw material*, material dengan perlakuan *pack carburizing* pada temperatur 800°C, 900°C, 1000°C. Bahan spesimen uji dan bubuk arang bambu dicampurkan ke dalam kotak karburasi. Sementara itu, tungku/*furnace* dipanaskan dengan temperatur bervariasi. Kemudian, kotak yang telah disiapkan diletakkan di dalam tungku selama 120 menit untuk kemudian dikeluarkan dari tungku dan dibiarkan mendingin secara alami.

Spesimen yang telah mengalami karburisasi kemudian diuji kekerasan dan impak untuk kemudian dibandingkan dengan hasil uji yang dilakukan terhadap spesimen tanpa karburisasi (*raw material*)

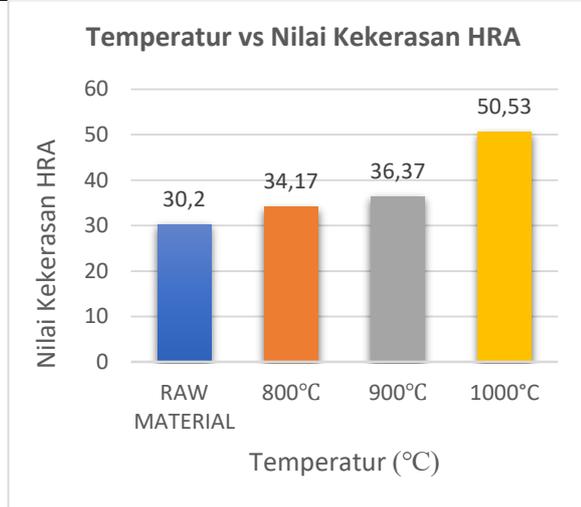
## Hasil

### Pengujian Kekerasan

Hasil pengujian kekerasan dengan menggunakan alat uji Rockwell ditunjukkan pada tabel 1 dan grafik 1. Tabel 1 menunjukkan nilai kekerasan HRA rata-rata 3 variasi temperatur dari 9 benda uji dengan karburisasi dan 1 tanpa karburisasi (*raw material*). Tabel dan grafik menunjukkan nilai kekerasan tertinggi terletak pada temperatur 1000°C dengan nilai 50,53 HRA, dan nilai kekerasan terendah terletak pada (*raw material*) dengan nilai 30,2 HRA. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kandungan karbon berfungsi sebagai unsur penguas pada struktur baja, sehingga makin banyak unsur karbon kekerasan makin meningkat (Prayogi & Suhardiman, 2019). Menurut Sundari *et al.*, (2021), akibat pemanasan dalam proses karburisasi, media karburasi akan teroksidasi sehingga menghasilkan gas CO<sub>2</sub> dan CO. Gas CO akan bereaksi dengan permukaan baja membentuk atom karbon yang kemudian akan berdifusi ke dalam baja. Tampaknya semakin lama pemanasan yang dilakukan, jumlah karbon yang terdifusi ke dalam bahan akan semakin banyak, yang pada gilirannya semakin meningkatkan kekerasan bahan tersebut. Hasil pengujian kekerasan menunjukkan peningkatan temperatur *carburizing* dengan kenaikan kekerasan sebesar 67,32% dari *raw material*.

Tabel 1. Hasil Uji Kekerasan Rockwell

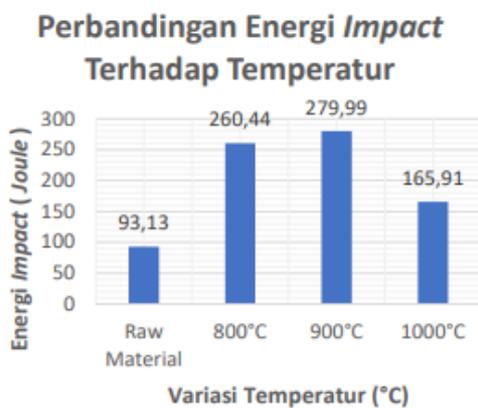
No	Temperatur (°C)	Nilai Kekerasan (HRA)
1	Raw Material	30.2
2	800 °C	34.17
3	900 °C	36.37
4	1000 °C	50.53



Gambar 1. Pengaruh temperatur karburisasi terhadap kekerasan

### Pengujian Impak

Hasil pengujian impak ditunjukkan pada grafik 2. Pada grafik terlihat energi impak memiliki perbedaan yang cukup besar dari masing-masing kelompok spesimen uji. Setelah diberi perlakuan *pack carburizing*, energi impak bahan dengan perlakuan karburisasi meningkat bila dibandingkan dengan spesimen yang tanpa diberi perlakuan. Nilai energi impak bahan *raw material* sebesar 93,13 Joule, jauh lebih kecil dibanding energi impak bahan yang diberi perlakuan karburisasi. Energi impak pada suhu 800°C sebesar 260,44 Joule, pada suhu 900°C sebesar 279,99 Joule dan pada suhu 1000°C sebesar 165,91 Joule.



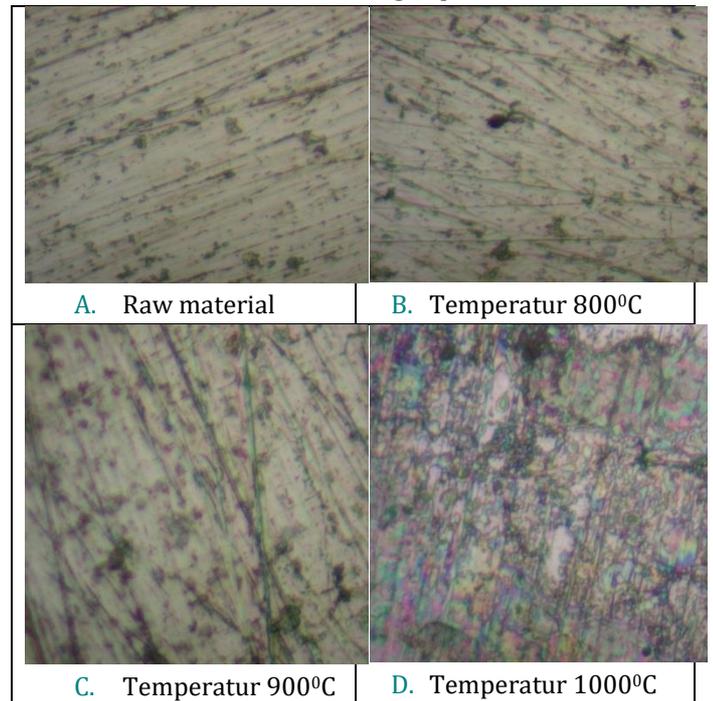
Gambar 2. Pengaruh temperatur karburisasi terhadap energi impak

Ulet (*toughness*) adalah kemampuan material untuk menyerap energi sebelum gagal atau patah. Uji impak

mengukur energi yang diserap oleh material ketika mengalami benturan atau beban tiba-tiba. Semakin besar energi yang dapat diserap material, semakin ulet material tersebut. Hasil pengujian menunjukkan nilai energi impak yang meningkat seiring peningkatan temperatur karburisasi. Hasil ini mengindikasikan meningkatnya sifat ulet material. Jadi, bahan yang memperoleh karburisasi memiliki energi impak lebih besar, artinya dapat menyerap lebih banyak energi sebelum patah, yang menunjukkan bahwa material tersebut lebih ulet. Peningkatan keuletan bahan cukup signifikan dibanding *raw material*. Pada temperatur 1000°C, karena jumlah karbon yang bertambah akibat perlakuan karburisasi yang diberikan, nilai energi impak tersebut terlihat menurun yang mengindikasikan terjadinya penurunan keuletan material. Tetapi, keuletan bahan pada temperatur karburisasi 1000°C masih lebih tinggi dibanding keuletan *raw material*.

Kajian struktur mikro dilakukan dengan mengambil foto mikro permukaan pada raw material sebelum melalui proses *carburizing* dan sesudah melalui proses *carburizing* dengan temperatur berbeda. Foto mikro diambil dengan perbesaran 100x. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 3 (A s/d D).

Gambar 3. Struktur mikro dengan perbesaran 100x



Kajian struktur mikro belum menunjukkan analisis yang signifikan. Kajian ini sepatutnya dilakukan dengan perbesaran yang lebih tinggi, sehingga dapat dianalisis jumlah Perlit dan besi alfa (*ferrite*) pada bahan sebelum dan sesudah proses karburisasi. Pramuko *et al.*, (2023) menyebut bahwa Perlit mempunyai sifat lebih keras dibandingkan dengan kristal ferit, yang pada gilirannya berpengaruh terhadap nilai kekerasan bahan secara umum.

Walaupun begitu, kajian visual struktur mikro jelas menunjukkan jumlah karbon yang makin meningkat seiring meningkatnya temperatur karburisasi. Hal itu diindikasikan oleh warna hitam yang makin banyak seiring meningkatnya temperatur karburisasi.

Prayogi, A., & Suhardiman. (2019). Analisa pengaruh variasi media pendingin pada perlakuan panas terhadap kekerasan dan struktur mikro baja karbon. *Jurnal Polimesin*, 17(2), 29-36

## Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan bahwa :

1. Kekerasan baja AISI 1040 akan meningkat hingga 67,32% dari kekerasan *raw material* jika diberikan temperatur karburisasi sebesar 1000°C. Hasil yang diperoleh mengindikasikan bahwa makin tinggi temperatur *pack carburizing* maka bahan akan semakin keras. Nilai kekerasan tertinggi ditemukan pada temperatur 1000°C sebesar 50,53 HRA, lebih tinggi dari nilai kekerasan *raw material* sebesar 30,2 HRA

2. Kekuatan impak baja AISI 1040 meningkat seiring meningkatnya temperatur karburisasi. Kekuatan impak terlihat menurun pada temperatur karburisasi 1000°C yang mengindikasikan terjadinya penurunan keuletan bahan akibat jumlah karbon yang meningkat.

3. Hasil uji struktur mikro menunjukkan kandungan karbon yang berdifusi terlihat lebih banyak pada temperatur 1000°C.

## References

- Arifandi, R., & Pohan, G. A. 2021. Pengaruh Media Arang Kayu Bakau Mangrove Dan Arang Kayu Asam Pada Proses Perlakuan Carburizing Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon ST-37. *Jurnal Flywheel*.
- Tafrant, D., Hendradinata, Mulyadi, Sampurno, R. D., Sani, A. A., Karmin, Hidayat, R., Muzaffar, M. A., & Fitriani, D. D. 2022. *Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja AISI 1040 Sebagai Hasil Proses Quenching Menggunakan Pendingin Air Garam Dan Asap Cair*. *Machinery J. Tek. Terapan*, 3(2), 62-68.
- Mahardika, S. dan Hidayat. 2021. *pengaruh media arang kayu jati pada proses pack carburizing terhadap komposisi kimia dan kekerasan baja karbon rendah*. *Otopro*, 16, 44-49
- Prabowo, I., Ichsanudin, M., Wibowo, A. H., Paundra, F., Pujiyulianto, E. 2023. *Peningkatan Nilai Kekerasan Baja Karbon Rendah AISI 1018 Melalui Proses Pack Karburizing Dengan Media Batok Kelapa*. *J. Met. Eng. and Proc. Tech.*, 3(2).
- Sundari, E., Taufikurrahman, Apriatun. 2021. *Analisa Pengaruh Variasi Waktu Penahanan Pada Proses Pack Carburizing terhadap Kekerasan Baja karbon Rendah St 37*. *Machinery J. Tek. Terapan*. 2(1)
- Pramuko I. P., Sartono P., Djoeli S.. 2023. *Analisis proses carburizing dengan variasi waktu tahan 15, 30, 45, 60 menit terhadap kekerasan dan struktur mikro baja karbon ST 60*. *Jurnal Terapan Teknik Mesin*. 4(1).