



## Analysis of Carburizing Effect Due to Hardness and Microstructure on ST 60 Steel Using Carbon Particle with 80 Mesh

Pramuko Ilmu Purboputro , Radix Ekaputra

Department of Mechanical Engineering, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Indonesia

 [pip272@ums.ac.id](mailto:pip272@ums.ac.id)

 <https://doi.org/10.53017/uje.176>

Received: 22/02/2022

Revised: 25/03/2022

Accepted: 26/03/2022

### Abstract

*This study aims to determine the effect of pack carburizing with annealing treatment using coal carbon, coconut shell carbon, mangrove tree carbon on the microstructure and hardness of the ST60 steel material. The pack carburizing process is carried out at a temperature of 900°C and held for 60 minutes by cooling to room temperature so that the carbon atoms are removed. In microstructure testing (SEM) on raw material, pearlite and ferrite phases are formed, after pack carburizing the phase is formed pearlite, ferrite and coated with graphite from carbon atoms causing the hardness of the specimen to increase in the pearlite phase exposed to carbon. The results of the Rockwell Hardness test on raw material 52.3 HRA after the pack carburizing process, the hardness of the material has increased which is found in coal carbon of 62.2 HRA, coconut shell carbon of 64.8 HRA and mangrove carbon of 60.7 HRA from the test. the chemical composition of the results obtained in the raw material condition of 0.404 when in pack carburizing increased each material coal carbon by 0.829, coconut shell carbon by 0.88, mangrove carbon by 0.76. So the carbon intake during pack carburizing is directly proportional to the hardness produced in the material.*

**Keywords:** Steel ST60; Pack Carburizing; Hardness; SEM

## Analisis Pengaruh Proses Carburizing Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro pada Baja ST 60 dengan Variasi Bahan Karburasi Karbon dengan Mesh 80

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pack carburizing dengan perlakuan annealing menggunakan karbon batubara, karbon tempurung kelapa, karbon pohon bakau terhadap struktur mikro dan kekerasan pada material baja ST60. Proses pack carburizing dilakukan dengan temperature 900°C ditahan selama 60 menit dengan pendinginan suhu ruangan agar atom karbon. Pada pengujian struktur mikro (SEM) pada raw material terbentuk fasa pearlite dan ferrit, setelah dilakukan pack carburizing fasa yang terbentuk pearlite, ferrit dan terlapisi oleh grafit dari atom karbon menyebabkan kekerasan dari spesimen meningkat pada fasa pearlite yang terkena karbon. Hasil dari pengujian Kekerasan Rockwell pada raw material 52,3 HRA setelah proses pack carburizing kekerasan material mengalami peningkatan yang terdapat pada karbon batubara sebesar 62,2 HRA, karbon tempurung kelapa sebesar 64,8 HRA dan karbon pohon bakau sebesar 60,7 HRA dari pengujian komposisi kimia hasil yang didapatkan pada kondisi raw material sebesar 0,404 saat di pack carburizing mengalami peningkatan setiap materialnya karbon batubara sebesar 0,829, karbon tempurung kelapa sebesar 0,88, karbon pohon bakau sebesar 0,76. Maka pemasukan karbon saat pack carburizing berbanding lurus dengan kekerasan yang dihasilkan pada material.

**Kata kunci:** Baja ST60; Pack Carburizing; Kekerasan; SEM

## 1. Pendahuluan

Pengkarbonan padat banyak dilakukan dengan menggunakan partikel karbon padat baik karbon dari bahan tambang maupun karbon dari hasil tumbuhan.

- a. Masalah yang harus dipecahkan adalah untuk mendapatkan permukaan pengkarbonan logam yang meningkat, sesuai kebutuhan beban mekanis bahan.
- b. Pengkarbonan yang sudah dilakukan dengan menggunakan arang kayu yang banyak terdapat di alam dengan cara membuat kayu menjadi arang karbon terlebih dahulu
- c. Bahan yang belum digunakan adalah dengan menggunakan kayu pohon mangrove. Untuk itu pada penelitian ini dipakai karbon dari tempurung kelapa yang diperbandingkan dengan efek karburasi dari arang pohon mangrove.
- d. Konsep yang ditawarkan adalah mencoba penggunaan arang dari pohon mangrove untuk pengkarbonan permukaan baja.
- e. Hasil yang diharapkan adalah akan diperoleh kandungan karbon yang meingkat.

## 2. Literatur Review

Setiap logam mempunyai karakteristik yang berbeda-beda, seperti sifat-sifat fisis, sifat mekanis dan sifat kimia, maka diperlukan suatu penanganan khusus agar setiap elemen-elemen logam tersebut dapat digunakan sesuai yang diinginkan [1].

Pemakaian logam ferro baik baja maupun besi cor dengan karakteristik dan sifat yang berbeda membutuhkan adanya suatu penanganan yang tepat sehingga implementasi dari penggunaan logam tersebut dapat sesuai dengan kebutuhan yang ada, khususnya baja. Penggunaan baja karbon rendah banyak digunakan lebih disebabkan karena baja karbon rendah memiliki keuletan tinggi dan mudah dimachining, tetapi kekerasannya rendah dan tidak tahan aus. Baja ini tidak dapat dikeraskan dengan cara konvensional karena kadar karbonnya yang rendah [2].

Pada umumnya untuk memperoleh kekerasan baja dapat dilakukan dengan proses perlakuan panas (heat treatment) dan proses kimia (chemical heat treatment). Salah satu metode proses kimia yang dapat diterapkan untuk meningkatkan kekerasan bahan adalah melalui proses carburizing, Proses carburizing merupakan proses penambahan unsur karbon ke dalam logam khususnya pada bagian permukaan bahan dimana unsur karbon ini didapat dari bahan-bahan yang mengandung karbon sehingga kekerasan logam dapat meningkat [3].

Proses carburizing merupakan proses penambahan unsur karbon (C) ke dalam logam khususnya pada bagian permukaan bahan dimana unsur karbon ini didapat dari bahan-bahan yang mengandung karbon sehingga kekerasan logam dapat meningkat. Pengerasan permukaan pada logam dapat dilakukan dengan menambahkan unsur-unsur tertentu ke logam dasar tersebut seperti karbon, kalsium karbonat, nitrogen, dan yang lainnya. Untuk mempercepat proses maka ditambahkan barium karbonat ( $\text{BaCO}_3$ ), kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) atau natrium karbonat ( $\text{NaCO}_3$ ) sebagai energizer yang bersama-sama material dimasukkan ke dalam kotak kedap udara untuk dipanaskan pada dapur pemanas pada temperatur carburing [4].

Dengan demikian tujuan dari penelitian ini mengacu pada perbedaan baja pada sebelum penambahan karbon dengan setelah penambahan karbon saat proses pack carburizing terhadap uji kekerasan rockwell dan struktur mikro permukaan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk mengetahui perubahan yang terjadi pada kondisi ruangan yang terbentuk pada baja.

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah Menganalisa bagaimana struktur mikro menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) sebelum dan setelah terjadinya proses *carburizing* pada baja. Bagaimana ketahanan permukaan baja pada uji kekerasan setelah proses *pack carburizing*.

Batasan Masalah dari penelitian ini adalah pembahasan yang disajikan, peneliti perlu membatasi permasalahan agar dalam pembahasan lebih terfokus mengingat kompleksnya permasalahan yang terjadi di dalam proses penelitian. Adapun batasan masalah tersebut meliputi Metode heat treatment yang digunakan adalah *pack carburizing* dengan temperatur 900°C ditahan selama 1 jam Menggunakan media pohon bakau, batok kelapa, batubara untuk bahan karbon aktif dan penambahan natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) sebagai campurannya. Media pendinginan yang digunakan adalah udara atau suhu ruangan. Pengujian yang dilakukan berupa, uji komposisi kimia, uji kekerasan rockwell, Analisa struktur mikro dengan foto SEM. material yang digunakan berupa baja seri ST 60 dengan ketebalan 5 mm [5].

### 3. Metode

Penelitian ini dilakukan dengan metoda dengan urutan sebagai berikut:

- a. Mencari referensi mengenai material, baja karbon, *pack carburizing*, pengujian komposisi kimia, pengujian kekerasan Rockwell, uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*), dari buku, jurnal – jurnal, situs internet, maupun dari tugas akhir dan tesis terdahulu.
- b. Menyiapkan semua alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian.
- c. Menentukan standart ukuran spesimen, proses pengujian dan proses penelitian sebagai acuan dalam melakukan penelitian.
- d. Melakukan pemotongan pada bahan sesuai ukuran yang dibutuhkan dan pengamplasan pada bahan.
- e. Mencampur bahan spesimen dengan karbon aktif dengan mesh 80 dengan penambahan natrium karbonat pada suatu wadah.
- f. Kemudian melakukan proses *pack carburizing* pada wadah yang sudah tercampur antara bahan dan karbon aktif.
- g. Setelah melakukan *pack carburizing* di uji dengan pengujian komposisi kimia untuk mengetahui peningkatan karbon yang masuk pada spesimen dan pengujian kekerasan rockwell untuk mengetahui peningkatan kekerasan dan uji SEM untuk mengetahui struktur mikronya.
- h. Hasil pengujian yang sudah didapat dianalisa kemudian diberikan kesimpulan pada pengujian ini.

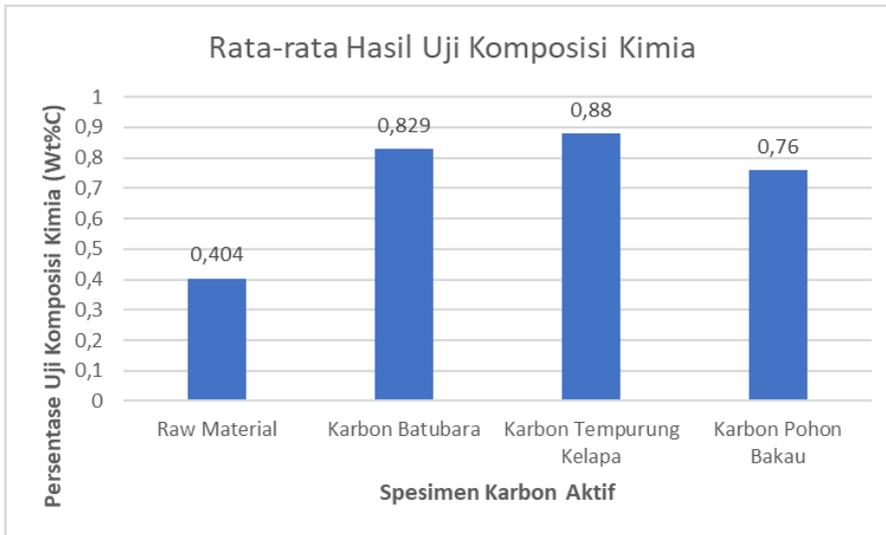
### 4. Hasil dan Pembahasan

#### 4.1. Hasil Pengujian Komposisi Kimia

Pada hasil pengujian komposisi kimia dilakukan untuk mengetahui persentase kandungan karbon pada spesimen yang diuji saat kondisi Raw Material dan saat kondisi proses *pack carburizing* dengan menggunakan mesin spectrometer dengan pemanfaatan sinar uv ditembakkan pada spesimen benda uji, hasil dari pengujian komposisi kimia sebagai berikut.

**Gambar 1** menunjukkan hasil pengujian komposisi kimia pada Raw Material didapatkan persentase carbon sebesar 0,404 setelah di *pack carburizing* pada spesimen uji mengalami peningkatan yaitu pada spesimen Batubara sebesar 0,829, spesimen Tempurung kelapa sebesar 0,88, spesimen Pohon Bakau sebesar 0,76 yang menjadikan ulet/keras pada

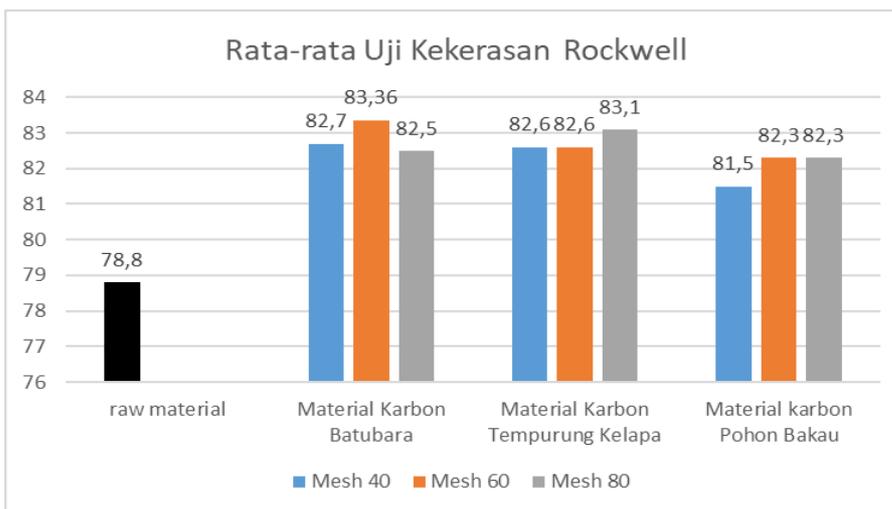
spesimen sehingga tingkat kekerasannya juga mengalami peningkatan. Disamping itu unsur Fosfor (P) dan Mangan (Mn) mengalami peningkatan saat pack carburizing. Untuk grafik peningkatan pada atom carbon dapat dilihat pada **Gambar 1** yang mengalami peningkatan signifikan hamper mengalami 2x peningkatan dari kondisi Raw Material.



**Gambar 1.**  
Diagram Hasil Peningkatan Carbon Pada Pengujian Komposisi Kimia

#### 4.2. Hasil Pengujian Kekerasan Rockwell

Pada proses uji kekerasan rockwell dilakukan untuk mengetahui kekuatan pada permukaan spesimen setelah melakukan proses pack carburizing dengan menekan benda kerja kepada permukaan spesimen menggunakan indenter kerucut intan sebagai penekan ke permukaan material uji dengan pembebanan awal 10 kg (minor) dan pembebanan akhir 50 kg (mayor), sehingga hasil nilai kekerasan akan muncul dari dial indikator. Pengujian kekerasan rockwell hasilnya dapat dilihat ditabel berikut.

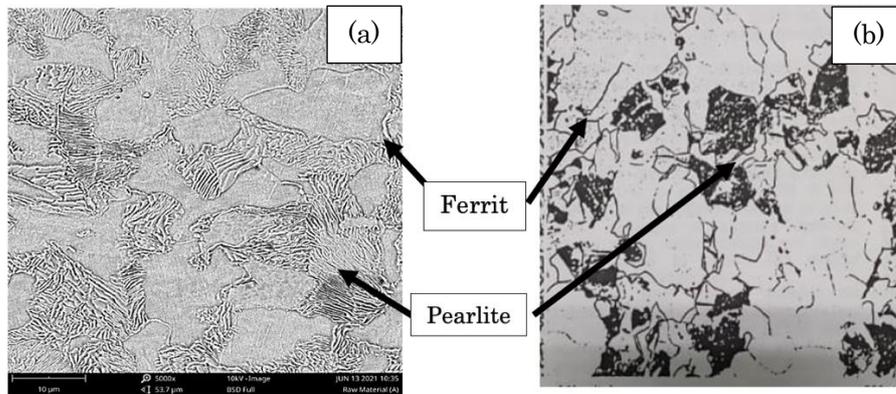


**Gambar 2.**  
Diagram Hasil Peningkatan Carbon Pada Pengujian Kekerasan Rockwell

Berdasarkan **Gambar 2** diagram hasil pengujian kekerasan rockwell diambil 3 titik pembebanan dari pinggir material ke tengah material maka didapatkan nilai rata-rata kekerasan dari berbagai material meliputi : Raw Material memiliki rata-rata kekerasan sebesar 78,8 HRA, Material Carburizing Tempurung Kelapa memiliki rata-rata kekerasan sebesar 83,1 HRA, Material Carburizing Batubara memiliki rata-rata kekerasan sebesar 82,5 HRA, Material Carburizing Pohon Bakau memiliki rata-rata kekerasan sebesar 82,3 HRA.

### 4.3. Hasil Pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM)

Pengujian SEM dilakukan untuk mengetahui struktur mikro dari permukaan spesimen dalam kondisi Raw material dan setelah dilakukannya proses pack carburizing.



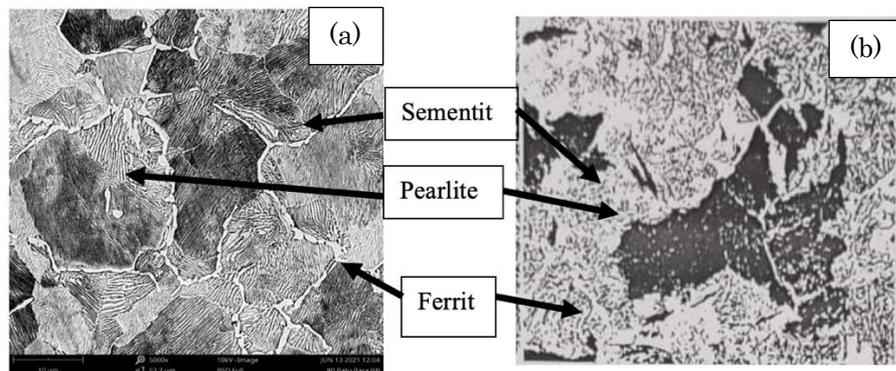
**Gambar 3.** (a) Struktur Mikro SEM Raw Material Pembesaran 5000x; (b) Struktur Mikro Buku ASM

Berdasarkan pengamatan hasil SEM dari **Gambar 3** Raw material yang tidak dilakukan proses heat treatment menghasilkan permukaan yang dibentuk dari ferrit (berwarna putih) dan pearlite (berwarna hitam) saat fase austenit pada pembesaran 5000x matriks yang mendominasi dalam permukaan Raw material yaitu pearlite.

Dalam percobaan pack carburizing material dicampurkan dengan beberapa karbon aktif seperti: batubara, tempurung kelapa, pohon bakau guna untuk menemukan perbedaan di setiap struktur mikro yang dibentuk setelah melalui carburizing maka penggunaan pengujian SEM pada berikut ini mendapatkan hasil sebagai berikut.

### 4.4. Material Carburizing Batubara

Pada percobaan ini hasil SEM Batubara pada **Gambar 4** dengan pembesaran 5000x menggunakan mesh 80 dengan dilakukan proses pack carburizing pada suhu 900°C pendinginan menggunakan media udara didapatkan grafit yang cenderung halus mengikuti pola dari pearlite menghasilkan sementit yang sedikit terdapat ferrit (garis putih) dan pearlite (berwarna abu-abu bergaris). Pearlite yang mendominasi di dalam struktur mikro dipermukaan yang menyebabkan pearlite halus dan kasar kemudian menghasilkan garis butir yang muncul di area sekitar yang membuat terjadinya ferrit.

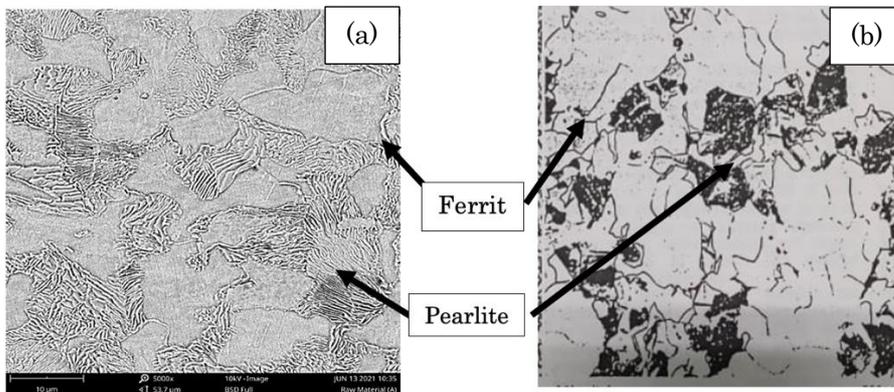


**Gambar 4.** (a) Hasil SEM Material Carburizing Batubara dengan pembesaran 5000x; (b) Struktur Mikro Buku ASM

### 4.5. Material Carburizing Tempurung Kelapa

Hasil percobaan SEM Tempurung Kelapa pada **Gambar 5** dengan pembesaran 5000x menggunakan ukuran mesh 80 dengan dilakukan proses pack carburizing pada suhu 900°C dengan pendinginan menggunakan media udara didapatkan grafit yang cenderung membulat dikelilingi oleh fasa ferrit dan pearlite jumlah yang terbentuk sedikit, untuk fasa pearlite sangat mendominasi dari Sebagian besar dari struktur yang dihasilkan yaitu pearlite kasar dan halus, fasa ferrit yang terbentuk cenderung memanjang seperti aliran

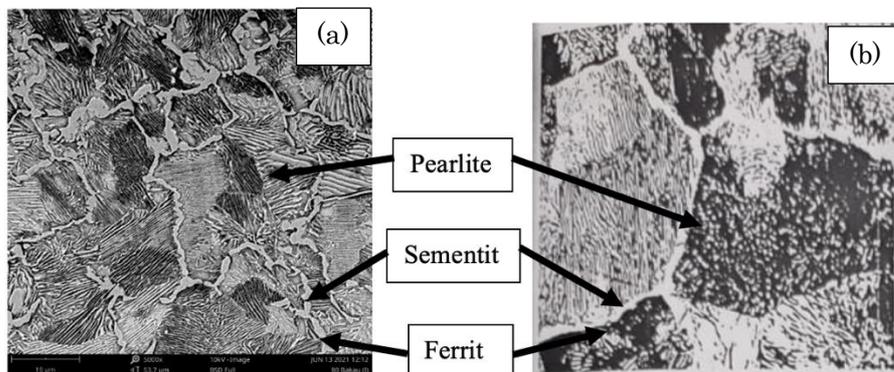
yang mengelilingi fasa pearlite dikarenakan perapatan fase ferrit oleh media udara membuat daerah disekitarnya menyempit.



**Gambar 5.** (a) Hasil SEM Material Carburizing Tempurung Kelapa; (b) Struktur Mikro Buku ASM

#### 4.6. Material Carburizing Pohon Bakau

Hasil percobaan SEM Pohon Bakau dengan pembesaran 5000x (**Gambar 6**) menggunakan ukuran mesh 80 dengan dilakukan proses pack carburizing pada suhu 900°C dengan pendinginan menggunakan media udara didapatkan grafit yang cenderung halus mengikuti pola dari pearlite menghasilkan sementit yang cukup banyak karena udara membuat perapatan dari material cukup lama mengikuti kondisi suhu ruangan kemudian terdapat juga ferrit dan pearlite. Fasa pearlite berbentuk goresan kasar dan harus dilihat dari struktur mikronya yang lebih mendominasi yaitu pearlite halus. Ferrit yang terbentuk cukup banyak di sekitaran pearlite halus.



**Gambar 6.** (a) Hasil SEM Material Carburizing Pohon Bakau dengan Pembesaran 5000x; (b) Struktur Mikro Buku ASM

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan Hasil Penelitian dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Pada hasil pengujian komposisi kimia di peroleh kandungan karbon pada spesimen Raw Material sebesar 0,404% kemudian setelah di pack carburizing hasil pada setiap material mengalami penambahan 85% - 100% yang mengakibatkan penambahan kekerasan pada setiap spesimen.
- Pada hasil pengujian kekerasan rockwell mendapatkan indikator kekerasan dari percobaan penekanan indentor ke permukaan material dengan hasil rata-rata yang diperoleh dari Raw material 78,8 HRA, Material Carburizing Tempurung Kelapa dengan rata-rata 83,1 HRA, Material Carburizing Batubara dengan rata-rata 82,5 HRA, Material Carburizing Pohon Bakau dengan rata-rata 82,3 HRA yang didapatkan dari penekanan dari tepi material ke bagian tengah dengan 3x tahap penekanan dan penelitian ini mengalami kenaikan harga kekerasan dalam material.
- Pada Hasil pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM) yang diperbesar 5000x didapatkan 4 hasil struktur mikro yang terbentuk Raw material dibentuk dari kumpulan

ferrit dan pearlite, untuk ke 3 material yang dicampurkan dengan karbon aktif stuktur mikro yang terbentuk sama-sama memiliki grafit yang membulat dan halus merata mengikuti bentuk pearlite kemudian dibentuk juga dengan fasa ferrit dan pearlite, fasa pearlite yang terbentuk terdiri dari pearlite kasar dan halus. Menghasilkan perbedaan pada tingkat kekerasan yang dibentuk, material carburizing pohon bakau memiliki tingkat kekerasan yang tinggi sehingga fasa yang terbentuk lebih banyak ke pearlite kasar. Serta mendapatkan pemasukan dari kedalaman karbon pada raw material 111  $\mu\text{m}$  setelah karburasi didapatkan pemasukan karbon paling dalam pada tempurung kelapa 516  $\mu\text{m}$ , batubara sebesar 429  $\mu\text{m}$  dan pohon bakau paling sedikit 328  $\mu\text{m}$ .

## Referensi

- [1] E. Gunawan, "Analisa Pengaruh Temperatur Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Pada Baja Karbon Rendah (St41) Dengan Metode Pack Carburizing," *Teknika: Engineering and Sains Journal*, vol. 1, no. 2, pp. 117–124, 2017.
- [2] M. Iqbal, "Pengaruh Temperatur Terhadap Sifat Mekanis Pada Proses Pengkarbonan Padat Baja Karbon Rendah," *SMARTek*, vol. 6, no. 2, 2008.
- [3] B. Kuswanto, "Perlakuan pack carburizing pada baja karbon rendah sebagai material alternatif untuk pisau potong pada penerapan teknologi tepat guna," *Prosiding SNST Fakultas Teknik*, vol. 1, no. 1, 2010.
- [4] S. Sujita, "Proses Pack Carburizing dengan Media Carburizer Alternatif Serbuk Arang Tongkol Jagung dan Serbuk Cangkang Kerang Mutiara," *MECHANICAL*, vol. 7, no. 2, 2016.
- [5] B. Kuswanto, "Pengaruh Perbedaan Ukuran Butir Arang Tempurung Kelapa-Barium Karbonat Terhadap Peningkatan Kekerasan Permukaan Material Baja ST 37 Dengan Proses Pack Carburizing." Diponegoro University, 2010.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

---