

## **Analisis pengaruh proses carburizing terhadap kekerasan dan struktur mikro pada baja ST 60 dengan variasi bahan karburasi karbon dengan mesh 80**

### ***The analysis of carbon carburizing of ST 60 steel with 80 mesh due to hardness and microstructure***

**Pramuko Ilmu Purboputro<sup>\*</sup>, Patna Partono, Radix Ekaputra**

<sup>\*</sup> Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, Indonesia

<sup>\*</sup> Jl. A. Yani, Mendungan, Pabelan, Kec. Kartasura, Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah 57169

\*Koresponden Email: pip272@ums.ac.id

*Article Submit:* 23/08/2022

*Article Revision:* 09/09/2022

*Article Accepted:* 15/09/2022

**Abstrak:** Baja ST 60 adalah baja dengan kandungan karbon sedang sekitar 0,56% berat. Dengan demikian proses tingginya karbon akan mempengaruhi jumlah karbon yang akan terdifusi di permukaan saat proses carburizing dilakukan. Dengan jenis karbon dari material yang berbeda kandungan karbonnya serta butiran karbon yang semakin halus diharapkan difusi karbon akan mudah terjadi. Pada penelitian ini butir karbon dibuat dengan ukuran mesh 80, dari variasi batubara, karbon tempurung kelapa, karbon pohon bakau terhadap struktur mikro dan kekerasan pada material baja ST 60. Metode yang dilakukan adalah memanaskan baja ST 60 yang dimasukkan dalam bejana berisi serbuk karbon, kemudian dilakukan pemanasan sampai 900°C ditahan selama 60 menit. Setelahnya dilakukan pendinginan suhu ruangan agar atom karbon masih berdifusi sampai suhu selesai prosesnya. Pengujian yang dilakukan 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 pada karbon batubara sebesar 62,2 HRA, karbon tempurung kelapa 64,8 HRA dan karbon pohon bakau sebesar 60,7 HRA dari pengujian komposisi kimia *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%. Pemasukan karbon saat *pack carburizing* berbanding yang terbesar adalah pada *pack carburizing* dengan arang tempurung kelapa.

**Kata kunci:** Baja ST60; kekerasan; pack carburizing; SEM.

**Abstract:** *ST 60 steel is a steel with a medium carbon content of about 0.56% by weight. The process will affect the amount of carbon that will be diffused on the surface when the carburizing process is carried out. Different types of carbon from materials and finer carbon grains, it is hoped that carbon diffusion will easily occur. In this study, carbon grains were made with a mesh size of 80, from variations of coal, coconut shell carbon, mangrove tree carbon to microstructure and hardness in ST60 steel material. The method carried out is to heat the ST 60 steel which is inserted in a pack of carbon powder until 900 °C is held for 60 minutes. After that, room temperature cooling is carried out so that carbon atoms are still diffused until the temperature is completed. The tests carried out microstructure (SEM) on raw materials formed pearlite and ferrite phases, after pack carburizing the phase formed pearlite, ferrite and coated by graphite from carbon atoms caused 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's coal carbon by 0.829, coconut shell carbon by 0.88, mangrove carbon by 0.76. The largest intake of carbon when pack carburizing compared to the largest is in the pack carburizing with coconut shell charcoal.*

**Keywords:** *Hardness; SEM; Steel ST60; pack carburizing.*



## 1. PENDAHULUAN

Pengarbonan padat banyak dilakukan dengan menggunakan partikel karbon padat baik karbon dari bahan tambang maupun karbon dari hasil tumbuhan. Penelitian ini dilakukan untuk baja ST 60, karena kandungan karbon yang sedang akan mengakibatkan sulit terdifusinya atom karbon ke dalam baja tersebut [1].

Masalah yang ingin dipecahkan adalah bagaimana supaya difusi karbon lebih mudah masuk ke dalam atom Fe [2]. Pemikiran yang diajukan adalah dengan membuat partikel yang lebih kecil, maka difusi karbon akan mudah terjadi.

Kemudahan difusi karbon juga berlaku apabila konsentrasi berat karbon yang dipakai untuk proses *pack carburizing* semakin besar. Untuk itu dipilih bahan dasar arang yang berbeda, beda untuk bisa diperbandingkan. Karbon yang dipakai adalah dari bahan batubara, arang tempurung kelapa dan arang pohon mangrove [3].

Kebaruan dari studi adalah membandingkan hasil karbon yang terdifusi ke permukaan baja ST 60 untuk karbon dari bahan batubara, arang tempurung kelapa dan arang pohon mangrove. Utamanya bahan karbon kayu mangrove yang belum banyak dipergunakan, namun tersedia cukup melimpah sebagai bahan karbon [4].

## 2. LITERATURE REVIEW

Menjelaskan pengaruh dari variasi temperatur terhadap perubahan sifat mekanis pada proses pengarbonan pada baja karbon rendah [5]. Waktu tahan yang digunakan selama proses pengarbonan adalah 30 menit dengan variasi temperatur masing-masing 650<sup>o</sup>C, 750<sup>o</sup>C dan 850<sup>o</sup>C. Dalam proses pengarbonan, sumber karbon adalah serbuk arang tempurung kelapa dan dicampur dengan 25% BaCO<sub>3</sub> sebagai katalisnya. Pengerasan permukaan dilakukan dengan di quenching pada media air. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kekerasan dan pengamatan struktur mikro. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada temperatur 850<sup>o</sup>C memberikan kekerasan permukaan tertinggi (324 HV) [6].

Meneliti kekerasan baja dan besi tuang sangat tergantung dari kandungan karbon, fasa yang ada. Penggunaan sesuai dengan beban mekanik yang diterapkan dapat dihasilkan dengan olah panas yang sesuai pula [7]. Menghasilkan perlakuan panas dan atau perlakuan kimia dapat merubah fasa yang ada pada logam tersebut [8]. Penambahan unsur karbon pada permukaan logam dapat dilakukan dengan pengarbonan padat. Semakin meningkat kandungan karbon pada baja, maka akan semakin keras permukaan tersebut [9]. Dengan menggunakan bahan katalis yang dimasukkan seperti barium karbonat (BaCO<sub>3</sub>), kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>) atau natrium karbonat (NaCO<sub>3</sub>) ke dalam bejana pengarbonan, supaya proses pengarbonan lebih cepat terjadi [10].

Tujuan dari penelitian ini mengacu pada perbedaan baja pada sebelum penambahan karbon dan setelah penambahan karbon saat proses carburizing padat diuji kekerasan Rockwell dan struktur mikro permukaan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM).

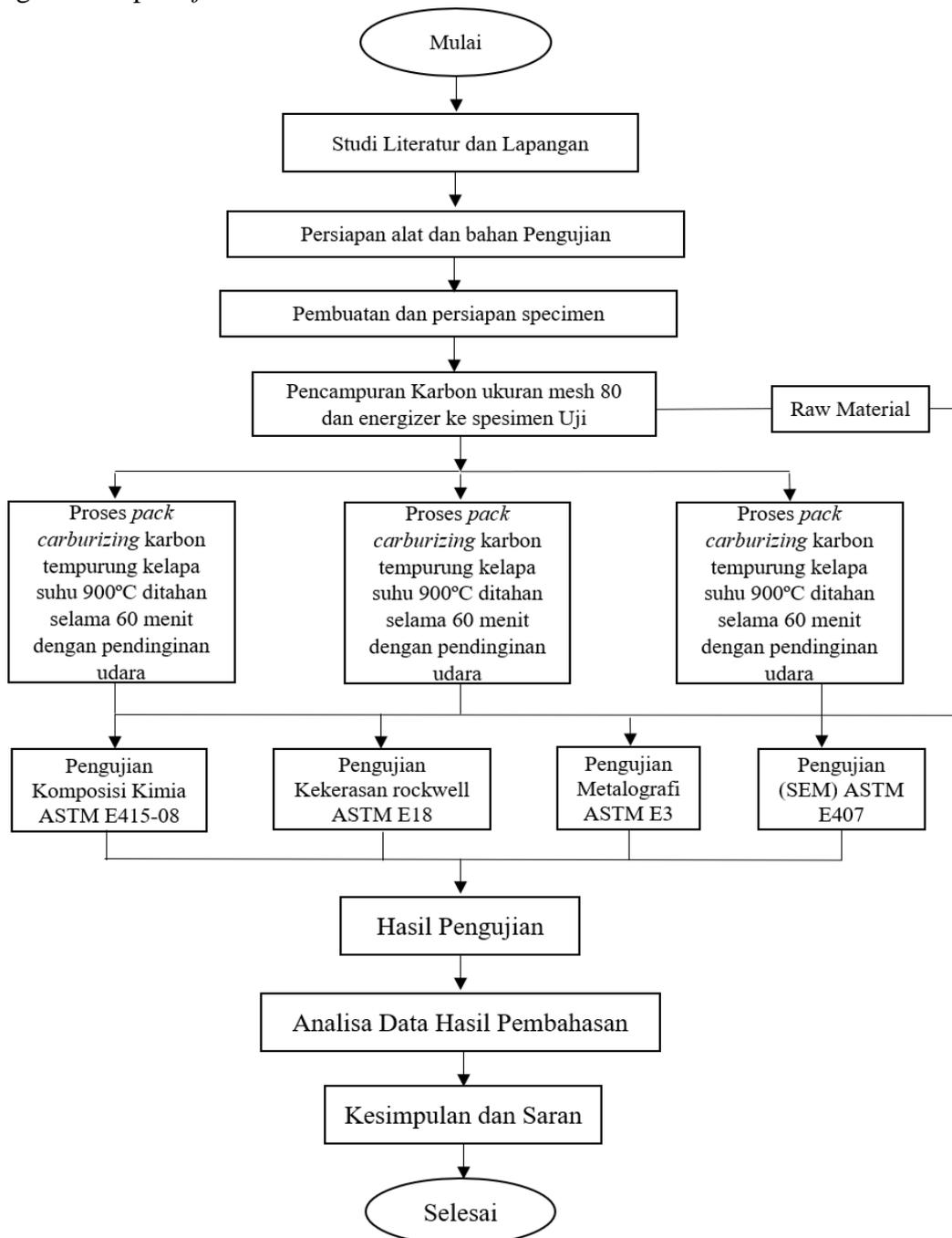
Menganalisa struktur mikro menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) sebelum dan setelah terjadinya proses *carburizing* pada baja [11]. Bagaimana ketahanan permukaan baja pada uji kekerasan setelah proses *pack carburizing*.

## 3. METODE

Pengujian ini dilakukan di laboratorium Teknik Mesin UMS, dengan spesimen uji baja ST 60 dengan bahan karburasi karbon batubara, karbon arang tempurung kelapa dan karbon

kayu mangrove. Karbon tersebut disiapkan terlebih dahulu, kemudian disaring pada ayakan dengan mesh 80 [12].

Pengarbonan padat dilakukan dengan cara memasukkan spesimen pada packing yang di dalamnya dimuat serbuk karbon. Selanjutnya packing dimasukkan pada oven dan *disetting* pada temperatur maksimum 900°C. Setelah 60 menit waktu tahan, *packing* dikeluarkan, dan didinginkan di udara terbuka. Setelahnya spesimen dikeluarkan, kemudian dilakukan pengujian kekerasan Rockwell. Struktur mikro diperiksa dengan alat SEM dan komposisi kimia diketahui dari uji komposisi kimia, baik sebelum maupun sesudah proses *carburizing* seperti gambar 1 pada *flowchart*.

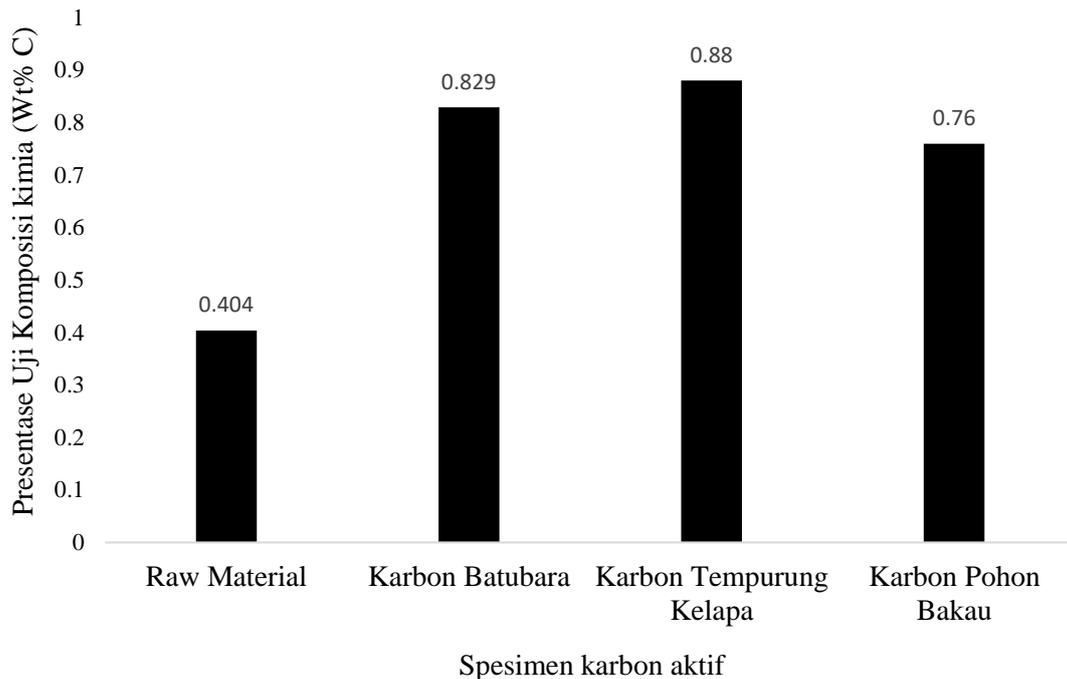


Gambar 1. Flowchart penelitian.

#### 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 ultraviolet ditembakkan pada spesimen benda uji [13], hasil dari pengujian komposisi kimia sebagai berikut. Hasil menunjukkan bahwa hasil akhir pengarbonan menunjukkan bahwa kandungan akhir karbon tertinggi ada pada penambahan karbon dari tempurung kelapa.



Gambar 2. Diagram hasil peningkatan karbon pada pengujian komposisi kimia

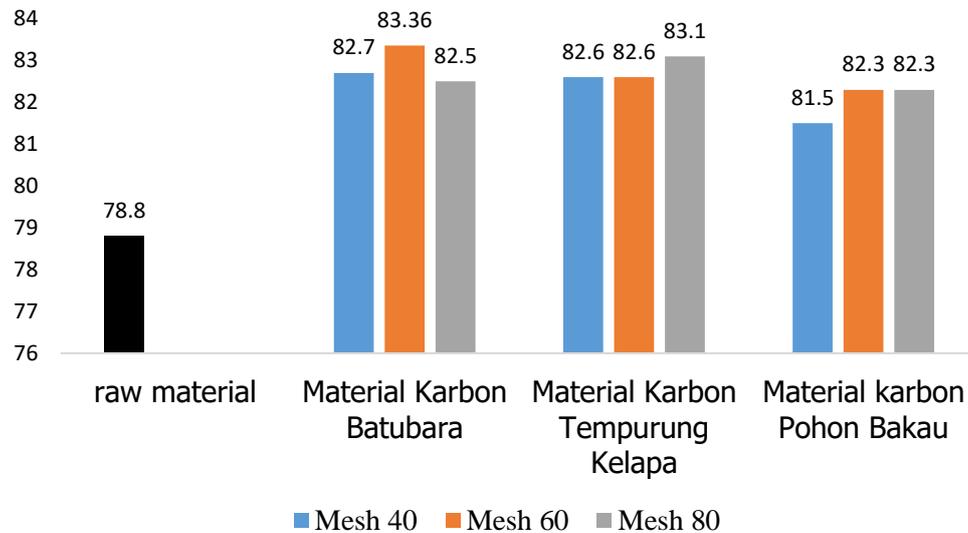
Gambar 2 menunjukkan pada *raw material* didapatkan persentase karbon sebesar 0,404 setelah di *pack carburizing* pada spesimen uji mengalami peningkatan yaitu pada spesimen batubara sebesar 0,829, spesimen tempurung kelapa sebesar 0,88, spesimen pohon bakau sebesar 0,76 yang menjadikan ulet/keras pada spesimen sehingga tingkat kekerasannya juga mengalami peningkatan. Disamping itu unsur Fosfor (P) dan Mangan (Mn) mengalami peningkatan saat *pack carburizing* [14].

##### 4.2 Hasil pengujian kekerasan Rockwell

Pada proses uji kekerasan *Rockwell* dilakukan untuk mengetahui kekerasan pada permukaan spesimen setelah melakukan proses *pack carburizing*. Pengujian kekerasan *Rockwell* hasilnya dapat dilihat pada histogram gambar 3. Gambar tersebut menunjukkan perbandingan kekerasan hasil carburizing untuk bahan batubara, tempurung kelapa dan kayu mangrove dimana semakin rendah meshnya, menghasilkan kekerasan yang lebih tinggi.

Gambar 3 menunjukkan *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.

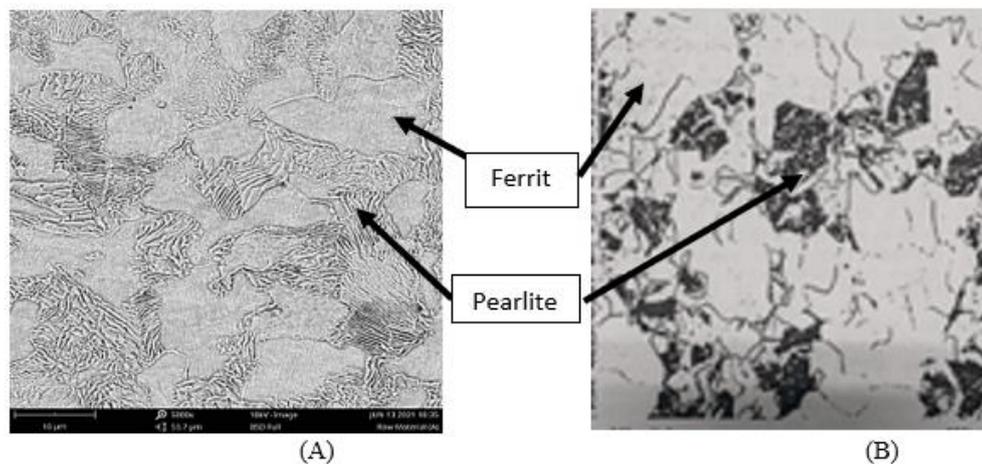
Analisis pengaruh proses carburizing terhadap kekerasan dan struktur mikro pada baja ST 60 dengan variasi bahan karburasi karbon dengan mesh 80



Gambar 3. Diagram hasil peningkatan pengujian kekerasan rockwell.

#### 4.3 Hasil pengujian *scanning electron microscope* (SEM).

Pemeriksaan struktur mikro dilakukan dengan alat uji SEM. Hasil struktur untuk *raw material* dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. (A) Struktur mikro SEM raw material pembesaran 5000x. (B) struktur mikro buku ASM.

Pengamatan hasil SEM dari gambar 4 menunjukkan *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.

*Raw material* adalah baja ST 60, dengan kandungan karbon sekitar 0,56% berat. Dengan demikian baja ini termasuk baja hipoeutectic, dengan struktur fasa yang dominan adalah fasa perlit [15]. Perlit adalah fasa yang terbentuk dari lapisan selang seling antara ferrit dan sementit atau Fe<sub>3</sub>C. Perlit tampak seperti garis selang seling terang dan gelap. Dalam diagram fasa Fe-Fe<sub>3</sub>C menunjukkan bahwa kandungan karbon sekitar 0.83% berat mempunyai struktur perlit seratus persen.

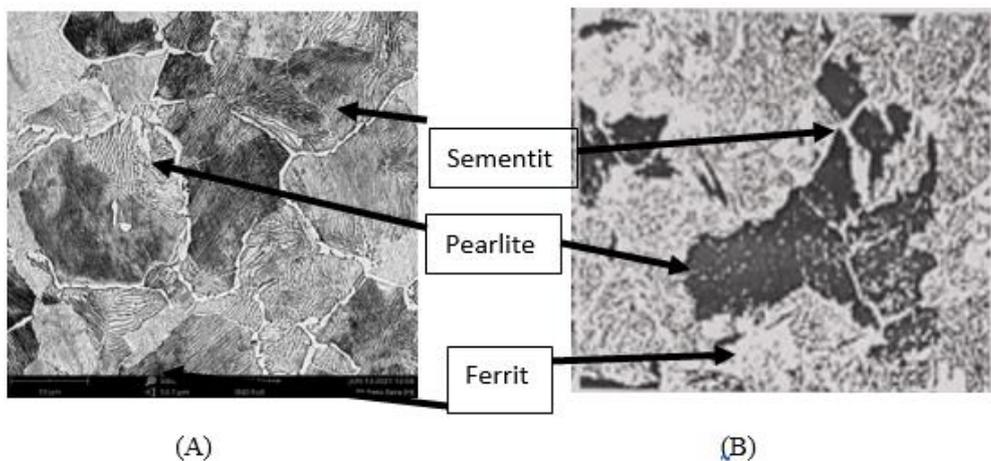
Fasa sisanya adalah ferit yang berwarna lebih terang, karena kandungan karbon yang lebih rendah. Peluang masuknya atom karbon lebih banyak pada fasa ferit, karena kandungan karbon yang

masih rendah, sehingga kejenuhan atom karbon belum terjadi. Masuknya atom karbon ke dalam atom besi secara *intertisi*, yang terjadi pada suhu austenisasi.

Proses *carburizing* material dicampurkan dengan beberapa karbon aktif seperti: batubara, tempurung kelapa, pohon bakau dan diuji dengan pengujian SEM pada berikut ini mendapatkan hasil sebagai berikut. Karbon dari batubara didapat dengan membuat serbuk batubara alam, kemudian disaring pada penyaring.

#### 4.4 Hasil *carburizing* karbon dari batubara.

Hasil pengujian SEM yang dilakukan pada baja ST 60 yang di *carburizing* dengan karbon serbuk batubara dapat dilihat pada gambar 5.

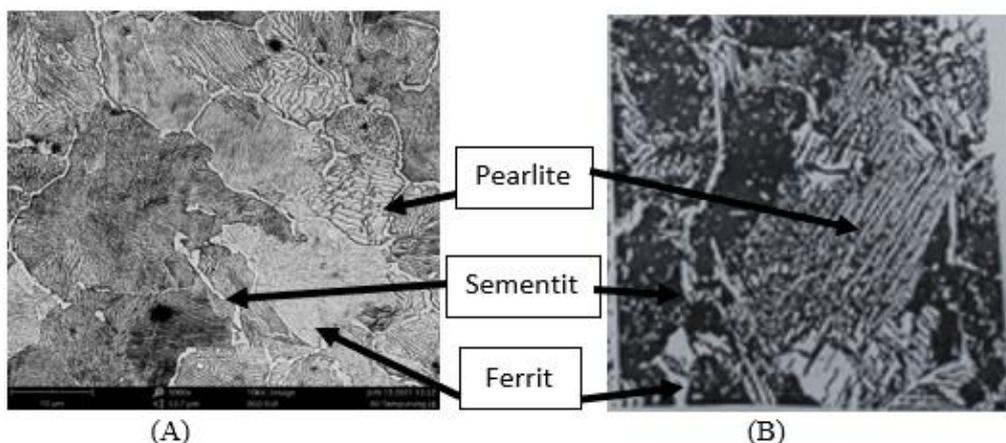


Gambar 5. (A) hasil SEM *material carburizing* batubara dengan pembesaran 5000x. (B) struktur mikro buku ASM.

Hasil SEM karburasi batubara pada gambar 5 didapat grafit yang halus mengikuti pola dari pearlite menghasilkan sementit yang sedikit ferrit (putih) dan pearlite (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.

#### 4.5 Material *carburizing* tempurung kelapa.

Struktur mikro hasil *carburizing* arang tempurung kelapa dengan SEM dapat dilihat pada gambar 6.

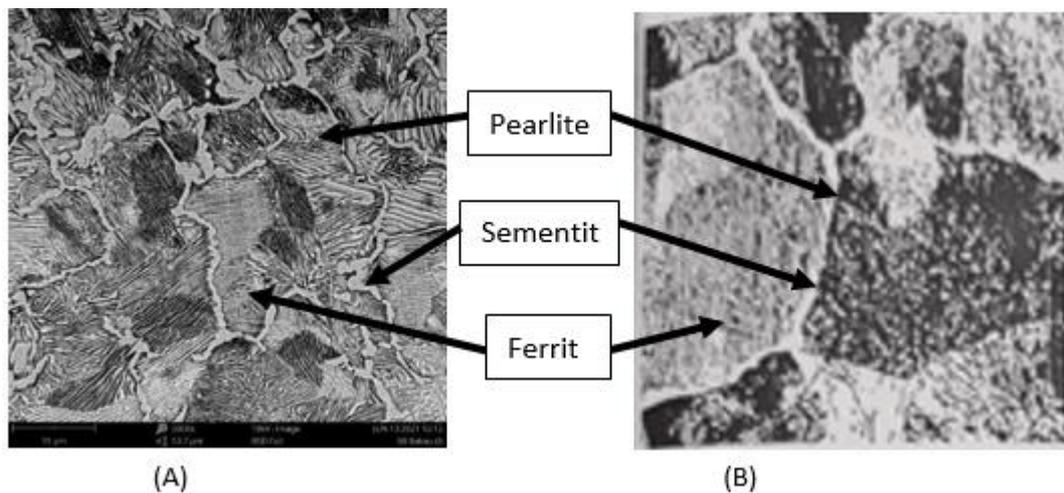


Gambar 6. (A) Hasil SEM *material carburizing* tempurung kelapa dengan pembesaran 5000x. (B) struktur mikro buku ASM.

Hasil percobaan SEM tempurung kelapa pada gambar 6 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.

#### 4.6 Material carburizing pohon bakau.

Pemeriksaan SEM material yang dicarburizing dengan arang pohon bakau pada gambar 7.



Gambar 7. (A) Hasil SEM material *carburizing* pohon bakau dengan pembesaran 5000x. (B) struktur mikro buku ASM.

Hasil percobaan SEM Pohon Bakau 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 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.

## 5. SIMPULAN

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. Hasil pengujian kekerasan Rockwell mendapatkan indikator kekerasan dari percobaan penekanan indenter 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. Pemeriksaan *scanning electron microscope* (SEM) yang diperbesar 5000x didapatkan 4 hasil struktur mikro yang terbentuk pada *raw material*

dibentuk dari kumpulan ferrit dan pearlite. Untuk ke 3 material yang dicampurkan dengan karbon aktif struktur 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  $\mu\text{m}$ . Batasan Masalah: metode heat treatment yang digunakan pada *pack carburizing* dengan temperatur 900°C ditahan selama 1 jam menggunakan media karbon pohon bakau, batok kelapa, batubara untuk bahan karbon aktif dan penambahan natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) sebagai campurannya. Kemudian dilakukan pengujian : komposisi kimia, kekerasan Rockwell, Analisa struktur mikro dengan SEM, material yang digunakan berupa baja ST 60 dengan ketebalan 5 mm.

## REFERENSI

- [1] N. Effendi, "Studi Pengaruh Heat Input Terhadap Ketangguhan Impact Las SMAW Posisi Vertikal Baja ST 60 Temper," *Traksi*, vol. 9, no. 2, pp. 10–16, 2009.
- [2] Gusti R. F. Syahrillah, M. Firman, and M. A. Sugeng .P, "Analisa Uji Kekerasan pada Poros Baja ST 60 dengan Media Pendingin yang Berbeda," *Al-Jazari J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 01, no. 02, pp. 21–26, 2016, [Online]. Available: <https://ojs.uniska-bjm.ac.id/index.php/JZR/article/view/463>.
- [3] E. Sundari, R. Fahlevi, and B. Besar, "Mekanis Sprocket Imitasi Sepeda Motor Menggunakan Katalisator," *J. Austenit*, vol. 10, no. 2, pp. 72–78, 2018.
- [4] P. D. Nofrijon Sofyan, "Pengetahuan bahan," *Pradya paramita*, vol. 8, no. 4, p. 173, 2013, [Online]. Available: [https://eprints.akprind.ac.id/609/1/buku\\_bahan\\_listrik.pdf](https://eprints.akprind.ac.id/609/1/buku_bahan_listrik.pdf).
- [5] E. Gunawan, "Analisa Pengaruh Temperatur Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Pada Baja Karbon Rendah (St41) Dengan Metode Pack Carbirizing," *Tek. Eng. Sains J.*, vol. 1, no. 2, p. 117, 2017, doi: 10.51804/tesj.v1i2.133.117-124.
- [6] P. Quenching and A. Iswandi, "FENOMENA KEKERASAN , IMPAK , DAN STRUKTUR MIKRO BAJA Hardness , Impact , and Microstructure Phenomenon of 0 . 074 C Wt .% Carbon Steel After," vol. 7, pp. 35–41, 2022.
- [7] M. Iqbal, "Pengaruh temperatur terhadap sifat mekanis pada proses pengkarbonan padat baja karbon rendah," *SMARTek*, vol. 6, no. C, pp. 104–112, 2008.
- [8] B. Kuswanto, "Perlakuan Pack Carburizing Pada Baja Karbon Rendah Sebagai Material Alternatif Untuk Pisau Potong Pada Penerapan Teknologi Tepat Guna," *Pros. SNST Fak. Tek.*, vol. 1, no. 1, pp. 20–24, 2010, [Online]. Available: [https://www.publikasiilmiah.unwahas.ac.id/index.php/PROSIDING\\_SNST\\_FT/article/view/198](https://www.publikasiilmiah.unwahas.ac.id/index.php/PROSIDING_SNST_FT/article/view/198).
- [9] B. Karet, L. Ban, and P. Lintasan, "Pengaruh Komposisi Belerang terhadap Kekerasan dan Keausan ... (Purboputro)," pp. 12–17, 2012.
- [10] Maryanti, D. Febrina, and Winarto, "Pengaruh ukuran partikel dan jumlah carbon black terhadap kekerasan dan kekuatan tarik kompon karet untuk pembuatan footstep sepeda motor," *Pros. Semin. Nas. Pengemb. Teknol. Pertan.*, pp. 319–324, 2018.
- [11] H. A. L. S. Wibowo, "PROSES KARBURISING PADAT DENGAN MEDIA ARANG TEMPURUNG KELAPA YANG DIGUNAKAN SECARA BERULANG PADA Pengerasan Baja Karbon Rendah.pdf," *Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta*, vol. 16, pp. 87–97, 2011.

- [12] R. D. Yani, T. Pratomo, and H. Cahyono, "Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Struktur Mikro Logam St 60," *J. Ilm. Semesta Tek.*, vol. 11, no. 1, pp. 96–109, 2008.
- [13] J. Mechanical, J. Teknik, M. Fakultas, T. Universitas, and K. Kunci, "150626-ID-proses-pack-carburizing-dengan-media-car," vol. 7, no. September, pp. 36–41, 2016.
- [14] H. Naufal, "Studi Numerik Pengaruh Variasi Jumlah Dan Ketebalan Spoke Pada Velg Paduan Aluminium Untuk Mobil Mpv," *J. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 1, p. 39, 2019, doi: 10.22441/jtm.v8i1.4491.
- [15] S. Kirono, E. Diniardi, and I. Prasetyo, "Analisa Perubahan Dimensi Baja AISI 1045 Setelah Proses Perlakuan PANAS ( Heat Treathment )," *SINTEK J. J. Ilm. Tek. Mesin*, no. 1, pp. 1–11, 2010.