

Proses *Pack Carburizing* Baja Karbon Dengan Arang Kayu dan Arang Tulang Sapi

Richard A.M. Napitupulu^{1)*}, Surianto Lumbantobing²⁾, Charles SP Manurung³⁾

^{1),2),3)}Prodi Teknik Mesin Universitas HKBP Nommensen, Jln. Sutomo No. 4a, Medan 20234
email: richard_alf@yahoo.com, surianto.lumbangtobing@uhn.ac.id,
charles.manurung1972@gmail.com

doi: <https://doi.org/10.24843/METTEK.2023.v09.i01.p02>

Abstrak

Karburisasi adalah salah satu proses yang paling banyak dilakukan pada perlakuan pengerasan di daerah permukaan baja. Proses ini selain meningkatkan kadar karbon juga sebagai langkah awal dari proses pengerasan pada permukaan sehingga material baja memiliki kombinasi sifat keras di bagian luar dan tetap ulet di bagian dalam. Penelitian ini dilakukan untuk meningkatkan kadar karbon pada baja dengan sumber karbon yang berasal dari arang kayu dan arang tulang sapi. Pada kondisi awal, spesimen memiliki kekerasan pada bagian diameter terluar 187,909 HV, komposisi karbon sebesar 0,18%C. Spesimen dipanaskan hingga temperatur 900°C dengan variasi waktu penahanan 30, 45 dan 60 menit dan masing-masing variabel diberi sumber karbon dari arang kayu dan arang tulang sapi yang diharapkan dapat berdifusi di permukaan baja. Kekerasan yang paling meningkat adalah pada spesimen dengan waktu penahanan 45 menit dan sumber karbon dari arang kayu dengan angka kekerasan 734,38 HV dan kadar karbon 0,201 % C. Secara umum terjadi peningkatan kekerasan dan kadar karbon akibat adanya difusi atom C yang berasal dari arang, namun juga terdapat adanya penurunan kadar karbon di permukaan yang dapat disebabkan oleh karena waktu penahanan yang berlebih atas dimensi spesimen.

Kata Kunci : baja karbon, karburizer, *pack carburizing*, arang kayu, arang tulang sapi.

Abstract

Carburizing is one of the most widely used processes in hardening treatments in the steel surface area. This process in addition to increasing the carbon content is also the first step of the surface hardening process so that the steel material has a combination of hard properties on the outside and remains ductile on the inside. This research was conducted to increase the carbon content of steel with carbon sources derived from wood charcoal and beef bone charcoal. In the initial conditions, the specimen has a hardness at the outer diameter of 187.909 HV, the carbon composition is 0.18%C. The specimens were heated to a temperature of 900°C with variations in holding times of 30, 45 and 60 minutes and each variable was given a carbon source from wood charcoal and beef bone charcoal which were expected to diffuse on the steel surface. The most increased hardness was in specimens with a holding time of 45 minutes and carbon source from wood charcoal with a hardness number of 734.38 HV and a carbon content of 0.201 % C. In general, an increase in hardness and carbon content was due to the diffusion of C atoms from charcoal, but there is also a decrease in the carbon content on the surface which can be caused by excessive holding time on the dimensions of the specimen.

Keywords: carbon steel, carburizer, *pack carburizing*, wood charcoal, beef bone charcoal.

1. PENDAHULUAN

Baja merupakan bahan tehnik yang utama dan paling banyak digunakan dalam pengembangan industri dan komponennya, terlebih dalam industri manufaktur. Baja karbon rendah adalah salah satu klasifikasi baja dimana kandungan karbon dari komposisi kimianya kurang dari 0,3% C dari keseluruhan beratnya [1-2]. Baja karbon memiliki keunggulan mudah dibentuk dan dimesin, serta banyak digunakan untuk membuat komponen komponen elemen mesin karena lebih lunak. Baja karbon rendah juga sering digunakan untuk bagian-bagian mesin yang saling bergesekan seperti poros, roda gigi dan lain sebagainya. Hal ini disebabkan karena baja karbon rendah sangat ulet namun kekerasan permukaan dari baja ini termasuk rendah sehingga dibutuhkan ada perbaikan sifat pada permukaannya [3]. Baja karbon rendah tidak dapat dikeraskan dengan proses hardening biasa namun lebih dahulu harus ditambahkan unsur karbon kedalamnya, karena sesuai dengan teori bahwa peningkatan kadar karbon berbanding lurus dengan kekerasannya [4].

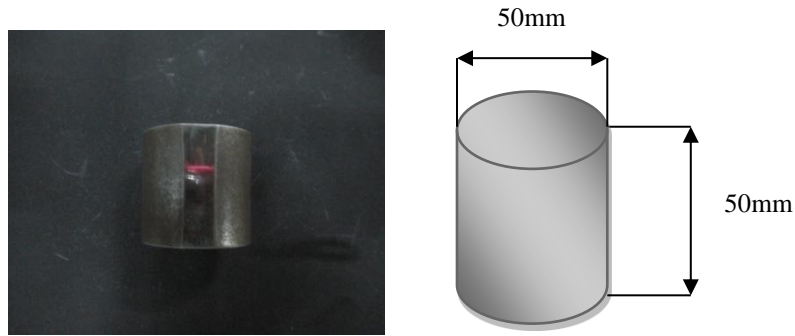
Kekurangan sifat mekanis khususnya sifat kekerasan pada permukaan dari baja karbon dapat diperbaiki dengan menambahkan sejumlah kandungan karbon, dimana proses penambahan ini dapat dilakukan melalui proses *carburizing* [3]. *Carburizing* adalah proses perlakuan panas dimana proses pemanasan dan pendinginan logam dalam keadaan padat untuk mengubah sifat-sifat fisis dan mekanis logam tersebut.

Berdasarkan media karbon yang digunakan, ada tiga jenis proses *carburizing* yang umum yaitu *solid carburizing*, *liquid carburizing* dan *gas carburizing*. *Solid carburizing* dilaksanakan dengan memanaskan baja karbon diatas temperatur austenite dengan lama waktu tahan yang ditentukan [5]. Salah satu metode *solid carburizing* adalah *pack carburizing* yaitu proses penambahan unsur karbon ke permukaan material yang menyebabkan peningkatan kekerasan permukaan baja karbon [6,7]. Beberapa hal yang mempengaruhi proses *pack carburizing* antara lain media karburisasi, temperatur pemanasan, waktu penahanan, serta proses pendinginan [8, 9, 10].

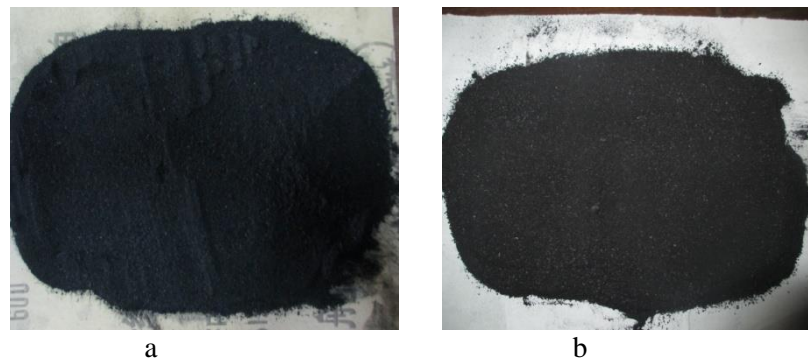
Berbagai penelitian untuk meningkatkan sifat mekanik permukaan dengan proses *pack carburizing* telah banyak dilakukan. Alfani telah melakukan penelitian dengan menggunakan metode *pack carburizing* dengan variasi temperatur pemanasan 850, 900 dan 950°C, dengan sumber karbon dari arang tempurung kelapa dan cangkang telur sebagai katalisnya dimana pada temperature 900°C diperoleh hasil terbaik [11]. Dwi Handoko menyatakan bahwa lama waktu pemanasan menyebabkan kekerasan baja karbon rendah ST 37 meningkat, dimana dia melakukan percobaan dengan sumber karbon dari arang tempurung kelapa pada temperatur pemanasan 950°C dan variasi waktu penahanan yaitu 30, 60 dan 90 menit dan di *quenching* ke dalam oli [12]. Sementara itu penelitian Sundari dilakukan pada sprocket imitasi sepeda motor dengan temperatur pemanasan 850 dan 900°C dengan media *quenching* air, oli dan udara dengan sumber karbon dari arang kayu gelam memperlihatkan hasil terbaik pada suhu pemanasan 900°C dengan media pendingin air [13]. Nevada melakukan penelitian dengan variasi sumber karbon dari arang kayu nani dan tulang sapi dengan temperatur pemanasan 900, 910 dan 925°C pada baja karbon S 35 C dengan waktu tahan 15 menit dan media pendingin oli [14].

2. METODE

Bahan logam yang akan digunakan pada penelitian ini adalah baja karbon rendah yang diperoleh dari pasaran bebas dengan diameter 50 mm dan tinggi 50 mm, komposisi karbon 0,18% C, bentuk spesimen seperti gambar 1. Bahan baku arang berasal dari arang kayu dan arang tulang sapi. *Carburizer* yang digunakan pada penelitian ini adalah arang kayu dan arang tulang kaki sapi yang sudah dihaluskan serta digunakan sebagai sumber karbon sebagaimana gambar 2.



Gambar 1. Spesimen penelitian



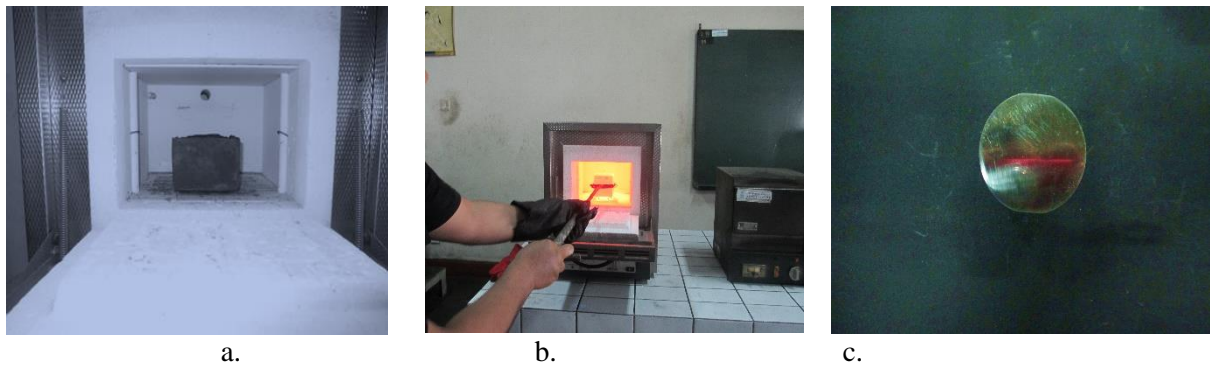
Gambar 2. Carburizer, a. Arang kayu, b. Arang tulang sapi

Proses *pack carburizing* dilakukan dengan langkah- langkah sebagai berikut:

1. Spesimen dan *carburizer* dimasukkan kedalam kotak karburisasi, serta penempatan antara spesimen didalam kotak karburisasi mempunyai jarak yang sama yaitu ± 15 mm. jarak antara bagian atas spesimen dengan tutup kotak karburisasi yaitu ± 15 mm kemudian kotak karburisasi ditutup rapat. Banyaknya karbon yang digunakan adalah tergantung dari jarak antara sisi bagian dalam kotak dengan spesimen. Kotak karburisasi ini bertujuan untuk menghindari terjadinya *dekarburasi* atau *oksidasi*.
2. Proses *pack carburizing* dilakukan dengan perlakuan sebagai berikut:
 - Pada perlakuan pertama, dilakukan pemanasan pada temperatur 900° C dan waktu penahanan 30 menit dengan jumlah spesimen 1 buah yang dimasukkan ke dalam kotak karburisasi, untuk arang kayu dan arang tulang sapi.
 - Pada perlakuan kedua, dilakukan pemanasan pada temperatur 900° C dan lama waktu penahanan 45 menit dengan jumlah spesimen 1 buah yang dimasukkan kedalam kotak karburisasi, untuk arang kayu dan arang tulang sapi.
 - Pada perlakuan ketiga, dilakukan pemanasan pada temperatur 900° C dan lama waktu penahanan 60 menit dengan jumlah spesimen 1 buah yang dimasukkan kedalam kotak karburisasi, untuk arang kayu dan arang tulang sapi.
 - Satu buah spesimen sebagai pembandingan hasil.
3. Kotak karburisasi yang telah diisi dengan spesimen dan *carburizer* dimasukkan kedalam dapur pemanas dengan hati- hati agar spesimen didalam kotak karburisasi tidak bergeser, dan diberi aluminium foil sebagai alas untuk mencegah terjadinya lengket antara sisi dapur pemanas dengan kotak karburisasi.
4. Keluarkan kotak karburisasi dari dapur pemanas, untuk mengeluarkan kotak karburisasi dari tungku pemanas digunakan tuas pengangkat dan memakai peralatan untuk

keselamatan kerja. Spesimen dikeluarkan dari kotak karburisasi dan dinginkan dengan cepat (media pendingin air).

5. Benda kerja dibersihkan untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang menempel pada spesimen sewaktu proses perlakuan panas terjadi. Spesimen diberi tanda sesuai dengan temperatur dan lama waktu penahanan, penandaan dilakukan agar mudah mengetahui pada temperatur pemanasan berapa spesimen tersebut mengalami perlakuan panas. Kemudian dilakukan pemotongan pada spesimen lalu di *polishing* pada permukaan yang akan diuji komposisi, uji keras, dan pengamatan struktur mikro.



Gambar 3. a. Kotak karburisasi didalam tungku pemanas
 b. Pengambilan spesimen dari tungku pemanas sampai didinginkan dengan media pendingin air.
 c. Spesimen yang telah di *surface polishing*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil

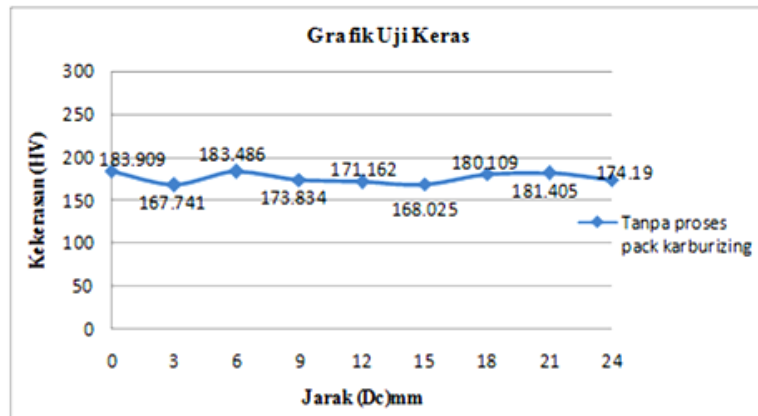
Uji komposisi dilakukan untuk mengetahui komposisi kimia yang terkandung pada spesimen penelitian sebelum dan sesudah mengalami proses *pack carburizing*. Pengujian komposisi dilakukan di PT. Growth Sumatera, dengan metode AAS (*Anatomic Absortion Spektrometry*).

Tabel 1. Rekapitulasi persentase karbon b sebelum dan sesudah proses *carburizing*

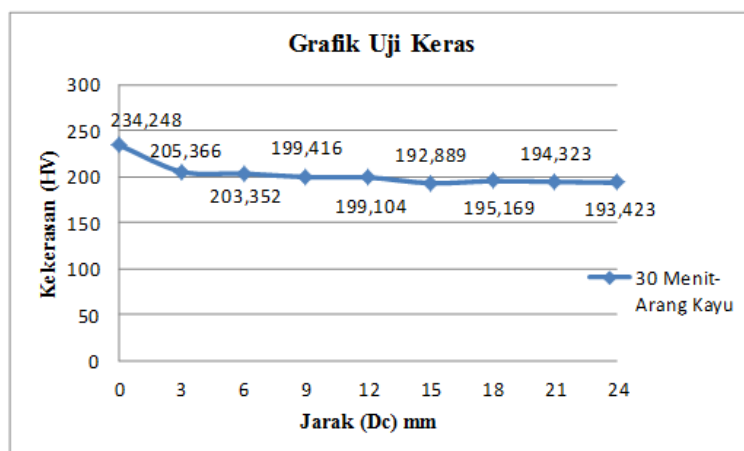
No	Carburizer	Waktu Penahanan	% C
1	Material Awal	-	0,18
2	Arang Kayu	30 menit	0,096
3	Arang Kayu	45 menit	0,201
4	Arang Kayu	60 menit	0,134
5	Arang Tulang Sapi	30 menit	0,094
6	Arang Tulang Sapi	45 menit	0,093
7	Arang Tulang Sapi	60 menit	0,096

Proses pengujian komposisi yang tertera pada tabel 1 menunjukkan bahwa terjadi kenaikan unsur karbon dengan penggunaan arang kayu dengan waktu penahanan 45 menit yaitu sebesar 0,201% C.

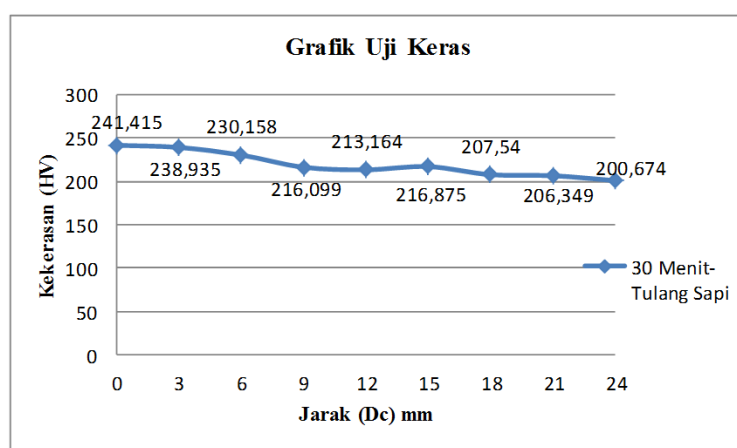
Uji keras dilakukan untuk memperoleh data-data kekerasan pada spesimen sebelum dan sesudah mengalami proses *pack carburizing*. Maka dilakukan pengujian kekerasan dengan metode *Vickers Hardness Test*. Mesin uji keras yang digunakan adalah *Vickers hardnes* dengan beban penekanan 1 kgf pada arah penampang silinder untuk mengetahui perubahan kekerasan dari permukaan hingga ke bagian dalam spesimen. Berikut disajikan data-data hasil pengujian kekerasan pada setiap sampel sebelum dan sesudah proses karburisasi.



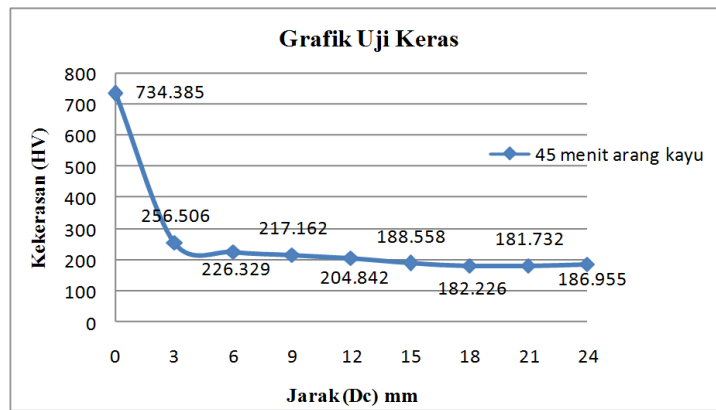
Gambar 4. Grafik uji keras untuk spesimen tanpa proses *pack carburizing*



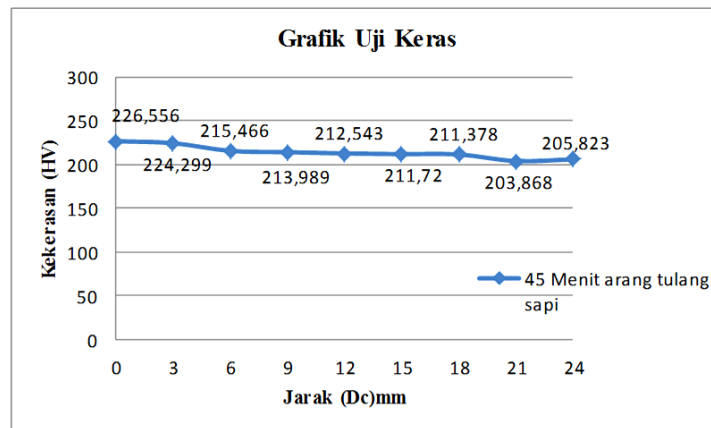
Gambar 5. Grafik uji keras spesimen proses *pack carburizing* dengan $T= 900^{\circ}C$ dan $t=30$ menit untuk *carburizer* arang kayu.



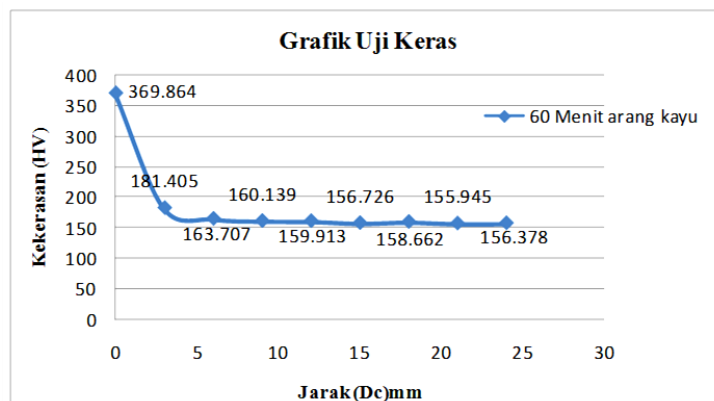
Gambar 6. Grafik uji keras spesimen *pack carburizing* dengan $T= 900^{\circ}C$ dan $t= 30$ menit untuk *carburizer* arang tulang sapi.



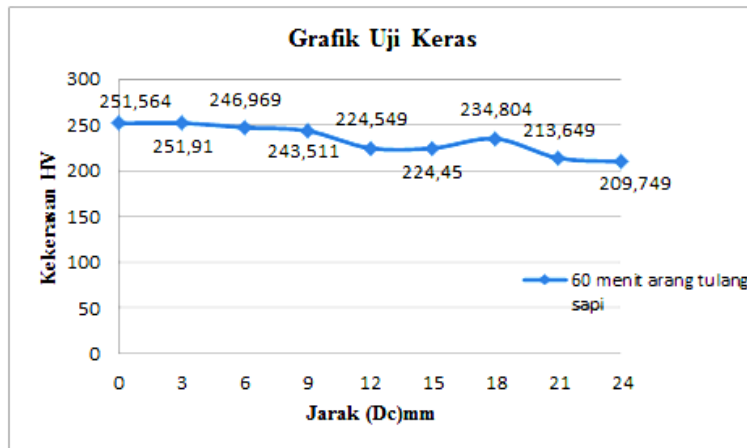
Gambar 7. Grafik uji keras spesimen proses *pack carburizing* dengan $T = 900^{\circ}\text{C}$ dan $t = 45$ menit untuk *carburizer* arang kayu.



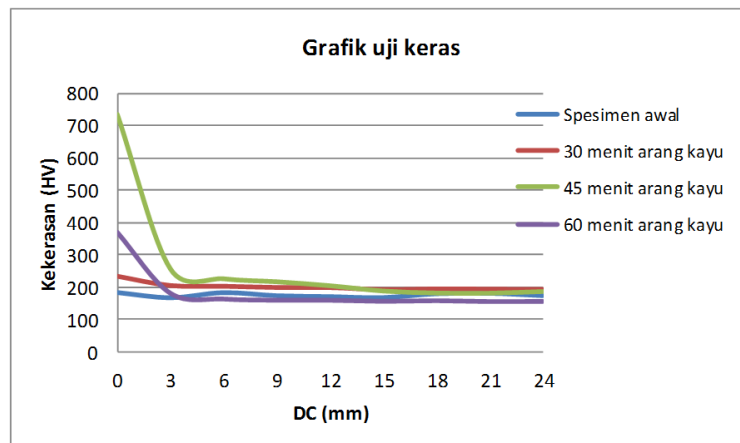
Gambar 8. Grafik uji keras spesimen proses *pack carburizing* $T = 900^{\circ}\text{C}$ dan $t = 45$ menit untuk *carburizer* arang tulang sapi.



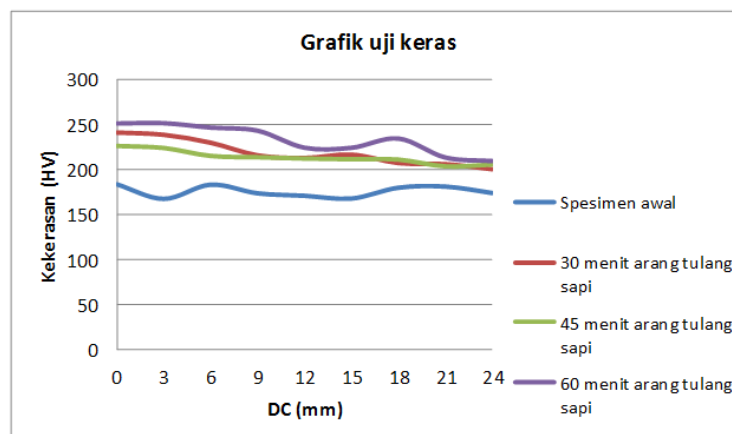
Gambar 9. Grafik uji keras spesimen *pack carburizing* dengan $T = 900^{\circ}\text{C}$ dan $t = 60$ menit untuk *carburizer* arang kayu.



Gambar 10. Grafik uji keras spesimen *pack carburizing* dengan $T=900^{\circ}\text{C}$ dan $t=60$ menit untuk *carburizer* arang tulang sapi.



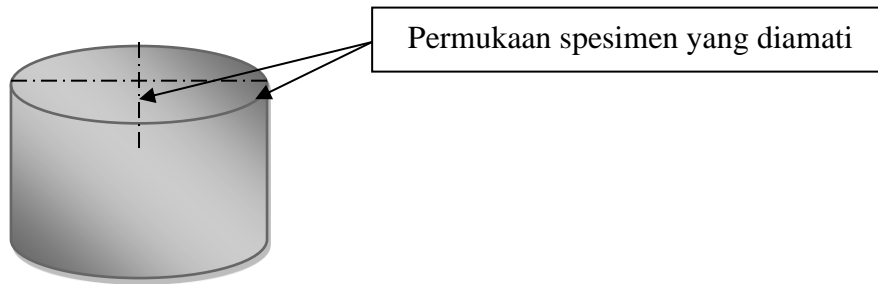
Gambar 11. Grafik uji keras Spesimen *carburizer* arang kayu dengan $T=900^{\circ}\text{C}$ dan $t= 30$ menit, 45 menit dan 60 menit.



Gambar 12. Grafik uji keras Spesimen *carburizer* arang tulang sapi dengan $T= 900^{\circ}\text{C}$ dan $t= 30$ menit, 45 menit dan 60 menit.

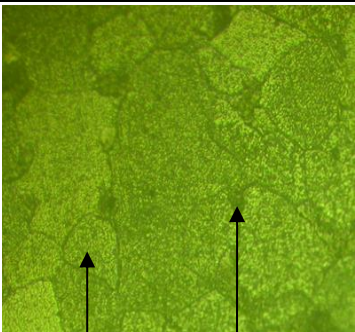
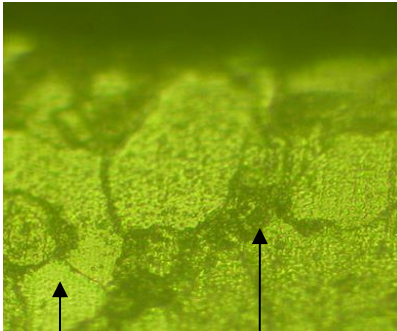
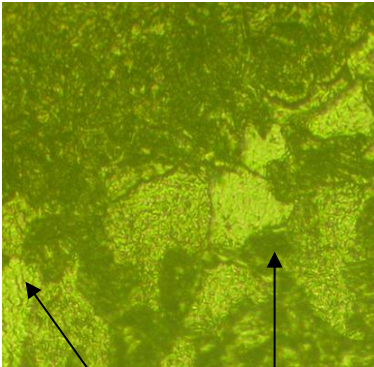
Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan menggunakan *mikroskop optik* pada bagian tepi dan tengah permukaan spesimen. Struktur permukaan logam dapat dilihat

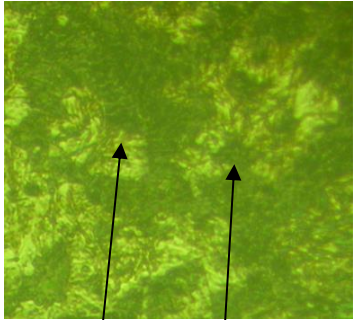
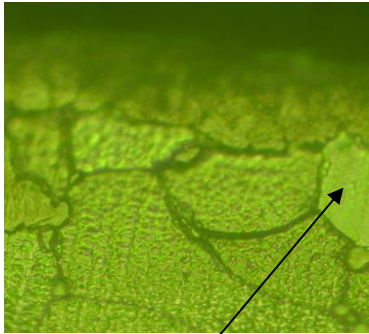

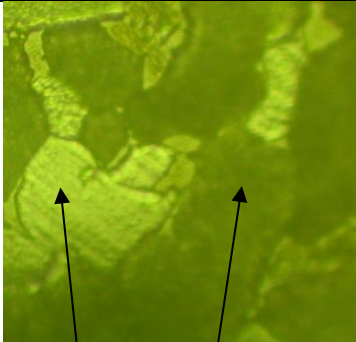
permukaannya setelah di *polish* dan di etsa dengan campuran asam nitrat dan alkohol, dengan perbandingan 90 ml alkohol berbanding 10 ml asam nitrat.



Gambar 13. Posisi pengamatan struktur mikro pada spesimen

Tabel 2. Rekapitulasi hasil persentase karbon, uji keras dan struktur mikro

No	Carburizer	Waktu Penahanan	Carbon (%)	Hv di permukaan	Struktur Mikro dan fasa yang terkandung
1	Spesimen Asli	-	0,18	183,909	 Ferrit (α) Cementit (Fe_3C)
2	Arang Kayu	$t_1= 30$ menit	0.096	234,248	 Ferrit (α) Cementit (Fe_3C)
3	Arang Kayu	$t_2= 45$ menit	0,201	734,385	 Perlit Austenit

4	Arang Kayu	$t_3 = 60$ menit	0,134	369,864	 <p>Perlit Austenit</p>
5	Arang Tulang Sapi	$t_1 = 30$ menit	0,094	241,415	 <p>Ferrite (α)</p>
6	Arang Tulang Sapi	$t_2 = 45$ menit	0,093	226,556	 <p>Ferrite (α)</p>
7	Arang Tulang Sapi	$t_3 = 60$ menit	0,096	251,564	 <p>Ferrite (α) Cementit (Fe_3C)</p>

3.2 Pembahasan

Hasil uji komposisi spesimen menunjukkan, besarnya unsur komposisi kimia yang terkandung berubah-ubah pada setiap spesimen (tabel 1). Komposisi kimia yang mengalami kenaikan unsur karbon hanya terdapat pada spesimen dengan proses *pack carburizing* dengan temperatur $900^{\circ}C$ dan waktu penahanan 45 menit untuk *carburizer* arang kayu. Terjadinya penurunan unsur carbon tersebut dapat disebabkan karena waktu penahanan yang kurang lama.

Kekerasan untuk spesimen awal dari daerah permukaan diameter terluar hingga ketengah hampir sama yaitu 183,909 HV, sedangkan spesimen yang mengalami proses *pack carburizing* kekerasannya berubah-ubah pada setiap percobaan, perbedaan tersebut terlihat pada gambar 12 dan 13 dalam grafik kekerasan dari semua percobaan. Kenaikan kadar karbon disebabkan adanya difusi atom C dari bahan karburisasi melalui permukaan spesimen, difusi atom tersebut dipengaruhi oleh temperatur dan waktu.

Pengujian struktur mikro yang dilakukan memperlihatkan bahwa fasa yang terkandung pada struktur mikro yang telah mengalami proses *pack carburizing* tidak jauh berbeda dengan spesimen awal, yaitu mengandung fasa *ferrit* (α) dan *cementit* (Fe_3C). Sedangkan yang mengalami perubahan hanya terdapat pada pengujian ke-3 dan ke-4, yaitu spesimen yang mengalami proses *pack carburizing* dengan waktu penahanan 45 menit dan 60 menit untuk *carburizer* arang kayu, dengan fasa yang terkandung adalah *perlit* dan *austenit*.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian pada penelitian ini dapat disimpulkan :

1. Penggunaan arang kayu sebagai *carburizer* lebih baik dibandingkan arang tulang sapi, terlihat dari kekerasan dan struktur mikro pada permukaan spesimen yang lebih baik.
2. Perlakuan kedua dan ketiga dengan proses *pack carburizing* dengan temperatur $900^{\circ}C$ dan waktu penahanan 45 menit dan 60 menit untuk *carburizer* arang kayu mengalami kenaikan kekerasan yang sangat tinggi dibagian tepi atau diameter terluar permukaan spesimen yaitu $VH= 734,385$ dan $VH= 369,864$, komposisi karbon adalah $0,20\% C$ dan $0,13\% C$.
3. Fasa yang terkandung pada pengujian kedua adalah *perlit* dan *austenit*. Untuk perlakuan yang lain hanya mengalami kenaikan kekerasan saja sedangkan komposisi karbon menurun, dengan fasa yang terkandung pada struktur mikro adalah *Ferrite* dan *Cementit*.

DAFTAR PUSTAKA

1. ASM Handbook, *Properties and Selection: Irons, Steels, and High Performance Alloys*, ASM Handbook Committee, vol.1:148, United State, 1993.
2. S. Tata, Sudira, Saito, *Pengetahuan Bahan Teknik*, 4th Edition. Jakarta: PT. Pradnya Paramita, 1985.
3. Ardiantoni, Muhammad Taufiqurrahman, Febri Prima, *Analisa pengaruh paduan arang batok kelapa dan katalisator kerang kepah dengan proses pack carburizing terhadap nilai kekerasan baja karbon rendah (ST37)*, Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin (JTRAIN), Vol. 3, No. 2, 2022: 51-55
4. Muhammad Sadat Hamzah dan Muh. Iqbal, *Peningkatan ketahanan aus baja karbon rendah dengan metode carburizing*, Jurnal SMARTek, Vol. 6, No. 3, 169-175, 2008.
5. Smith, W.F., *Principles of Material Science and Engineering*, 3rd Edition, McGraw-Hill Inc. New York, 1996.
6. Apriatun, Taufikurrahman, and E. Sundari, *Analisa pengaruh variasi waktu penahanan pada proses pack carburizing terhadap kekerasan baja karbon rendah ST 37,* Mach. J. Teknol. Terap., vol. II, no. 1, pp. 23–27, 2021.
7. 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
8. Oyetunji, *Effects of Carburizing Process Variables on Mechanical and Chemical Properties of Carburized Mild Steel*, Journal of Basic & Applied Sciences, 2012
9. K. Suarsana, C. I. Putri K, and I. M. Astika, *Pengaruh perlakuan temperatur dan waktu penahanan pack carburizing terhadap umur lelah baja St 42*, J. Energi Dan Manufaktur, vol. XI, no. 1, pp. 21–24, 2018.

10. O. Kurniawan and N. S. Drastiawati, *Pengaruh variasi media arang tempurung kelapa, tongkol jagung, dan kayu jati pada metode pack carburizing terhadap kekerasan dan struktur mikro baja SS400*, J. Tek. Mesin, vol. VII, no. 02, pp. 55–62, 2019.
11. Alfani, *Pengaruh variasi temperatur pada proses pack carburizing terhadap ketahanan aus baja St 41*, Skripsi Fakultas Teknik Universitas Lampung Bandar Lampung, 2016.
12. Dwi Handoko, Vivaldi, Sutrisno, *Pengaruh variasi jenis katalisator dan holding time pada proses pack carburizing terhadap perubahan komposisi karbon dan nilai kekerasan baja karbon rendah (low carbon steel) St 37*, Vokasi, Vol. XVI, No. 1, p. 38-45, Juni 2021
13. E. Sundari, R. Fahlevi, B. Besar, *Analisa pengaruh pack carburizing terhadap sifat mekanis sprocket imitasi sepeda motor menggunakan arang kayu gelam dan serbuk cangkang remis sebagai katalisator*, J. Austenit, vol. X, no. 2, pp. 72–78, 2018.
14. Nevada J.M. Nanulaitta, Eka R. M. A. P. Lilipaly, *Analisis perbandingan komposisi karbon dan bubuk tulang sapi dalam proses karburasi padat untuk mendapatkan nilai kekerasan tertinggi pada baja karbon S-35 C*, ARIKA, Vol. 05, No. 2, Agustus 2011.