

Pembuatan Biochar Dari Limbah Cangkang Biji-Bijian Industri Rempah dengan Metode Karbonisasi

Fathan Anaan Aqilah ¹⁾, Hanif Arya Saifullah ²⁾, Nana Dyah Siswati ^{3*)}

Program Studi Teknik Kimia Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
Jalan Raya Rungkut Madya No.1 Gunung Anyar, Surabaya, Jawa Timur, 60249, Indonesia
Korespondensi: ¹⁾E-mail: nanadyahsiswati22@gmail.com, ²⁾E-mail: hanifarya00@gmail.com

Abstrak

Limbah cangkang biji-bijian merupakan limbah yang mempunyai kandungan selulosa dan lignin yang banyak sehingga dapat dimanfaatkan menjadi biochar. Limbah cangkang biji-bijian seperti cangkang kluwak, cangkang pala, dan juga cangkang kemiri merupakan limbah dari industri rempah. Penelitian ini bertujuan untuk membuat biochar dari limbah cangkang biji-bijian dengan proses karbonisasi, mencari suhu terbaik untuk pembuatan biochar, dan menguji jenis cangkang yang terbaik untuk diolah menjadi biochar. Pada penelitian ini menggunakan proses karbonisasi dengan variabel suhu 200, 250, 300, 350, dan 400 °C dan variabel bahan cangkang kluwak, cangkang kemiri, cangkang pala, dan cangkang biji karet. Limbah cangkang biji-bijian pertama diuji kadar hemiselulosa, selulosa, dan lignin nya dengan metode Chesson. Kemudian dilakukan analisa proksimat pada hasil biochar untuk mengetahui kadar air, kadar abu, volatile matter, karbon terikat, dan nilai kalor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biochar terbaik diperoleh pada cangkang kluwak dengan suhu 400°C yaitu dengan kadar air 2,45%, abu 7,31%, volatile matter 2,15%, dan karbon terikat 88%.

Kata kunci: biochar, karbon terikat, karbonisasi, limbah cangkang, nilai kalor

Preparation of Biochar from Spice Industry Grain Shell Waste by Carbonization Method

Abstract

Grain shell waste is a waste that has a lot of cellulose and lignin content so that it can be utilized into biochar. Grain shell waste such as kluwak shell, nutmeg shell, and candlenut shell are waste from the spice industry. This research aims to make biochar from grain shell waste by carbonization process, find the best temperature for making biochar, and test the best type of shell to be processed into biochar. This study uses the carbonization process with variable temperatures of 200, 250, 300, 350, and 400 °C and variable materials of kluwak shell, candlenut shell, nutmeg shell, and rubber seed shell. Grain shell waste was first analyzed for hemicellulose, cellulose, and lignin content using the Chesson method. Then proximate analysis was carried out on the biochar results to determine the moisture content, ash content, volatile matter, fixed carbon, and calorific value. The results showed that the best biochar was obtained from kluwak shell with a temperature of 400 °C, namely with a moisture content of 2.45%, ash 7.31%, volatile matter 2.15%, and 88% fixed carbon.

Key words: biochar, calorific value, carbonization, fixed carbon, shell waste

PENDAHULUAN

Di Indonesia, perkembangan industri maupun pertanian meningkat seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi. Dalam hal tersebut, produksi limbah yang dihasilkan pun juga akan meningkat. Salah satunya terdapat pada industri makanan yang memproduksi berbagai macam bumbu-bumbu masakan seperti rempah. Limbah yang dihasilkan dari bumbu-bumbu rempah tersebut salah satunya adalah cangkang kemiri, cangkang pala, dan cangkang kluwak yang bisa didapatkan dari limbah pabrik pangan terutama pabrik bumbu instan seperti yang terdapat di Tanggulangin, Sidoarjo. Selain limbah pabrik tersebut di sektor perhutanan terdapat juga cangkang biji karet yang dapat diolah lagi. Cangkang-cangkang tersebut sebenarnya masih dapat diolah menjadi sebuah produk yang bermanfaat salah satunya berupa biochar.

Biochar adalah produk yang terbuat dari proses pembakaran limbah biomassa dengan pembakaran tanpa udara atau udara yang sangat sedikit. Biochar bermanfaat sebagai bahan pembenah tanah antara lain untuk meningkatkan pH tanah atau mengurangi tingkat keasaman tanah dan meningkatkan unsur hara dalam tanah. Biochar memiliki beragam aplikasi pada sektor pertanian seperti meningkatkan produktivitas tanaman, memperbaiki kualitas lahan tanah, dan juga meningkatkan ketersediaan hara pada tanah.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Siswati dkk (2022), cangkang biomassa diolah menjadi biochar dengan metode karbonisasi didapatkan hasil terbaik pada cangkang kluwak dengan suhu proses sebesar 350°C dan waktu selama 45 menit diperoleh kandungan kadar karbon terikat sebesar 92,38%, kadar air sebesar 3,65%, kadar abu sebesar 1,24%, dan kandungan *volatile matter* sebesar 2,72%. Sedangkan pada cangkang biji karet diperoleh kadar karbon terikat sebesar 87,36%, kadar air sebesar 1,15%, kadar abu sebesar 4,95%, dan kandungan *volatile matter* 6,52%. Sedangkan berdasarkan penelitian oleh Loppies (2016), mengenai karakteristik biochar dari kulit buah kakao dengan metode pirolisis didapatkan bahwa biochar dapat diolah dengan metode pirolisis. Hasil terbaik dari penelitian ini dicapai pada suhu 350°C dan waktu 2 jam. Karakteristik yang didapat pada penelitian tersebut berupa kadar karbon sebesar 45,53%, kadar air sebesar 8,44%, kadar abu sebesar 16,22%, *volatile matter* sebesar 32,98 %, dan nilai kalor sebesar 2.812 kkal/kg.

Karbonisasi merupakan salah satu proses pembakaran bahan organik sebagai bahan baku. Pada proses karbonisasi terjadi dekomposisi bahan-bahan organik sehingga sebagian besar unsur non-karbon akan hilang dan mengeluarkan pengotor atau *volatile matter*. Pelepasan *volatile matter* ini akan membuat pori-pori pada bahan yang dibakar akan mulai terbuka. Pada proses karbonisasi juga tidak bisa menggunakan suhu

yang terlalu tinggi. Menurut Putri (2019), suhu yang terlalu tinggi seperti lebih dari 800°C dapat menyebabkan biochar memiliki kadar abu yang tinggi yang dapat menutup pori-pori biochar dan mengurangi daya adsorpsi pada biochar.

Proses pembuatan biochar atau proses karbonisasi menurut penelitian yang dilakukan Asmunandar dkk (2023) dikategorikan menjadi beberapa tahapan berdasarkan suhu proses. Pada suhu 100-105°C akan mengalami pelepasan kadar air dari biomassa, kemudian pada suhu 200-240°C senyawa hemiselulosa dan selulosa akan mengalami proses penguraian menjadi larutan senyawa piroglinat. Pada suhu 240-400°C rantai C – O dan rantai C – C mengalami proses pemutusan ikatan dan depolimerisasi, selain itu senyawa lignin akan mulai terurai. Pada suhu diatas 400°C dimulai pembentukan senyawa aromatik dan juga senyawa lignin masih terurai hingga suhu 500°C.

Salah satu faktor yang mempengaruhi pembuatan biochar adalah suhu. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Hussain dkk (2017) suhu selama proses karbonisasi dapat mempengaruhi kualitas biochar yang dihasilkan. Suhu karbonisasi yang tinggi dapat meningkatkan kandungan karbon terikat pada biochar. Menurut penelitian oleh Mimmo (2014) suhu karbonisasi 350°C - 450°C dapat meningkatkan pH dan total karbon pada biochar yang dihasilkan. Faktor lain yang mempengaruhi pada penelitian ini adalah variasi jenis cangkang. Menurut Shenbagavalli (2012) setiap biomassa yang digunakan mempunyai kandungan selulosa yang berbeda. Semakin besar kandungan selulosa pada biomassa yang digunakan maka semakin banyak kandungan karbon pada biochar yang dihasilkan.

Tujuan pada penelitian ini adalah mencari suhu yang terbaik untuk pembuatan biochar, mencari jenis cangkang yang terbaik untuk diolah menjadi biochar, dan mengetahui pemanfaatan terbaik untuk masing-masing cangkang biji-bijian.

Tabel 1. Persyaratan Biochar Menurut SNI 06-3730-1995 (Sumber: Badan Standarisasi Nasional, 1995)

Jenis Parameter	Nilai
Kadar Air	Maks 10%
Kadar Abu	Maks 15%
Kadar Zat Menguap	Maks 25%
Kadar Karbon Terikat	Min 65%
Nilai Kalor	Min 5000 kal/gr

METODE PENELITIAN

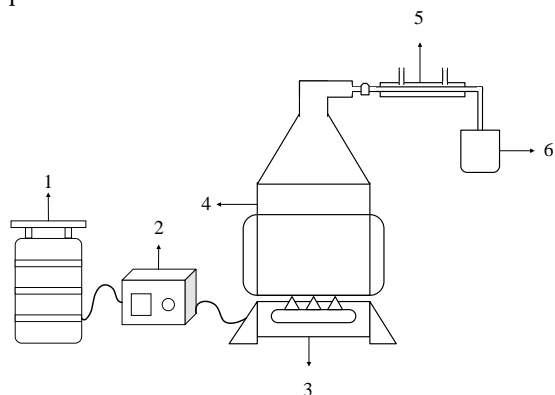
Bahan

Pada penelitian ini, bahan-bahan yang digunakan adalah cangkang kemiri, cangkang kluwak, cangkang pala, dan cangkang biji karet dari pabrik

bumbu instan yang berlokasi di Kecamatan Tanggulangin, Sidoarjo.

Alat

Alat utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah serangkaian alat pirolisis sebagai tempat proses pembakaran.



Gambar 1. Rangkaian Alat Pirolisis

Keterangan :

1. Tabung gas
2. Termokopel
3. Kompor
4. Reaktor pirolisis
5. Kondensor
6. Wadah penampung

Prosedur Penelitian Persiapan Bahan Baku

Cangkang sebanyak 200 gram dipotong-potong hingga berukuran ± 10 mm dan dibersihkan dengan air untuk menghilangkan kotoran yang masih tersisa, kemudian dikeringkan selama 1 hari dengan menggunakan sinar matahari. Cangkang kering yang bersih selanjutnya dilakukan analisis menggunakan metode *Chesson*.

Analisis Bahan Baku dengan Metode *Chesson*

Analisis bahan baku dengan metode *Chesson* untuk mengetahui kandungan lignin, selulosa, dan hemiselulosa yang terdapat dalam masing-masing cangkang. Analisis dilakukan dengan cara 100 gram sampel kering ditambahkan air (H_2O) atau alkohol-benzene dilakukan refluks menggunakan *water bath* pada suhu $100^\circ C$ selama 60 menit. Hasilnya kemudian disaring, residu hasil penyaringan kemudian dicuci menggunakan air panas sebanyak 300 ml lalu dikeringkan menggunakan oven hingga didapatkan berat yang konstan dan catat berat residunya. Langkah selanjutnya residu ditambahkan senyawa H_2SO_4 1N sebanyak 150 ml, selanjutnya dilakukan refluks menggunakan *water bath* pada suhu $100^\circ C$ selama 60 menit. Hasil yang diperoleh dari refluks disaring lalu dicuci sampai pH netral dan dikeringkan residunya

sampai berat konstan dan catat berat residu. Selanjutnya dilakukan refluks satu kali lagi dengan menggunakan H_2SO_4 lalu residu disaring dan dicuci menggunakan H_2O hingga netral lalu dilakukan pengeringan menggunakan oven hingga beratnya konstan lalu catat. Berdasarkan data berat residu tersebut dapat diperoleh kadar lignoselulosa dari bahan baku yang diuji.

$$\text{Kadar Lignin (\%)} = \frac{(d-e)}{a} \times 100\%$$

$$\text{Kadar Selulosa (\%)} = \frac{(c-d)}{a} \times 100\%$$

$$\text{Kadar Hemiselulosa (\%)} = \frac{(b-c)}{a} \times 100\%$$

Dimana :

- a = Massa kering sampel (gr)
- b = Massa residu pertama (gr)
- c = Massa residu kedua (gr)
- d = Massa residu ketiga (gr)
- e = Massa residu keempat (gr)

Proses Karbonisasi

Cangkang yang sudah siap, dimasukkan ke dalam tangki reaktor dengan berat yang sudah ditentukan yaitu 200 gr. Dilakukan proses pembakaran tanpa adanya oksigen atau menggunakan oksigen dengan variabel suhu ($^\circ C$) 200, 250, 300, 350, dan 400 serta dalam kurun waktu 2 jam (120 menit). Hasil karbonisasi berupa biochar kemudian diambil ketika dalam keadaan suhu normal dan dilakukan analisis proksimat untuk mengetahui karbon terikat dan nilai kalornya.

Analisis Proksimat pada Produk Biochar Analisis Kadar Air (*Moisture*)

Timbang sampel sebanyak 1 gr lalu letakan sampel pada cawan porselin. Masukkan cawan porselin tersebut ke dalam furnace lalu panaskan pada suhu $105^\circ C$ sekitar 1 jam. Setelah dipanaskan sekitar 1 jam, cawan porselin tersebut didinginkan di dalam desikator dan ditimbang untuk dihitung kadar airnya dengan rumus :

$$\text{Moisture content (\%)} = \left[\frac{(A-B)}{A} \right] \times 100\%$$

Dimana :

- A = Massa sampel sebelum dipanaskan (gr)
- B = Massa sampel setelah dipanaskan (gr)

Analisis Kadar Abu (*Ash*)

Timbang sampel sebanyak 1 gr lalu letakan sampel pada cawan porselin dan tutup. Masukkan cawan porselin tersebut ke dalam furnace lalu panaskan pada suhu $750^\circ C$ sekitar 2 jam. Setelah dipanaskan sekitar 2 jam, cawan porselin tersebut didinginkan di dalam desikator dan ditimbang untuk dihitung kadar abunya dengan rumus :

$$\text{Ash content (\%)} = \left[\frac{(A-B)}{c} \right] \times 100\%$$

Dimana :

- A = Massa cawan + tutup + abu (gr)

B = Massa cawan + tutup (gr)

C = Massa sampel (gr)

Analisis Kadar Zat Menguap (*Volatile Matter*)

Timbang sampel sebanyak 1 gr lalu letakan sampel pada cawan porselin dan tutup. Masukkan cawan porselin tersebut ke dalam furnace lalu panaskan pada suhu 950°C sekitar 7 menit. Setelah dipanaskan sekitar 7 menit, cawan porselin tersebut didinginkan di dalam desikator dan ditimbang untuk dihitung kadar volatilennya dengan rumus :

$$\text{Kehilangan Berat (\%)} = \left[\frac{(A-B)}{A} \right] \times 100\%$$

$$\text{Volatile Matter (\%)} = \text{Kehilangan Berat (\%)} - \text{Moisture content (\%)}$$

Dimana :

A = Massa sampel sebelum dipanaskan (gr)

B = Massa sampel setelah dipanaskan (gr)

Analisis Karbon Terikat (*Fixed Carbon*)

Pada karbon terikat cukup dihitung dari hasil masing-masing analisis yang telah dilakukan yakni analisis kadar air, kadar abu, dan volatile dengan rumus :

$$\text{Kadar Karbon Terikat (\%)} = 100\% - (\text{Moisture content} + \text{Ash content} + \text{Volatile Matter})$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis Bahan Baku

Analisis bahan baku kandungan selulosa, lignin dan hemiselulosa pada metode Chesson memberikan hasil yang berbeda-beda untuk setiap bahan.

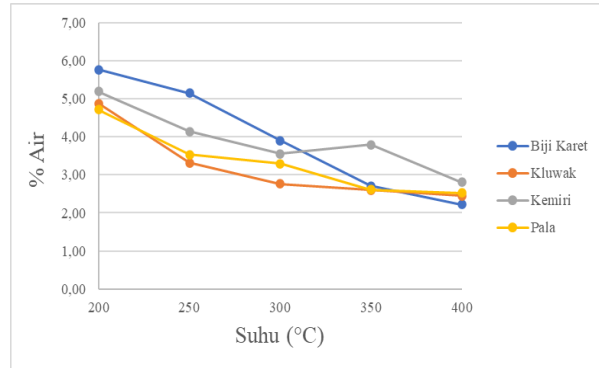
Tabel 2. Senyawa pada masing-masing bahan

Bahan	% Analisa		
	Hemiselulosa	Selulosa	Lignin
Kluwak	22,33	37,90	20,18
Kemiri	28,06	19,01	13,79
Pala	23,84	12,03	9,47
Biji Karet	18,90	30,90	20,47

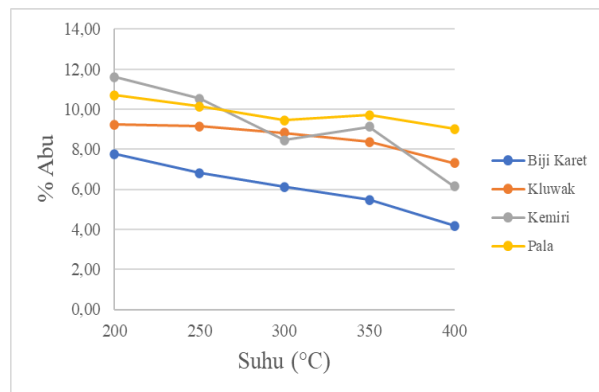
Tabel 2. Menunjukkan bahwa masing-masing cangkang memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan biochar sebab memiliki kandungan lignin, selulosa, dan hemiselulosa yang cukup untuk terdekomposisi.

Hasil Analisis Produk

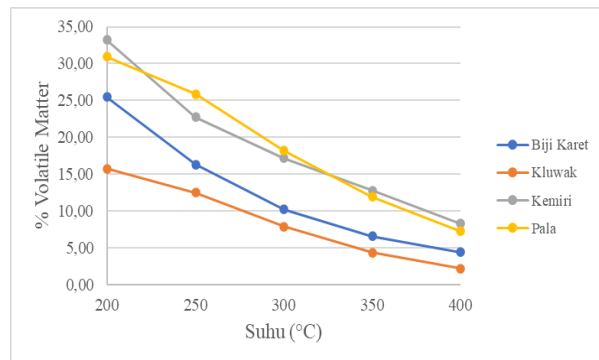
Biochar yang dihasilkan dari proses karbonisasi dilanjutkan pada analisis proksimat dengan berbagai parameter yang diujikan.



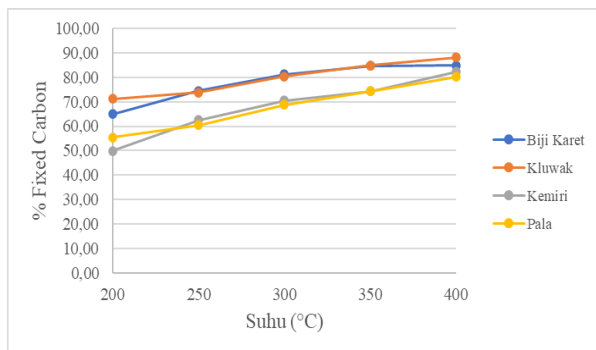
Gambar 2. Hubungan antara % kadar air dengan suhu



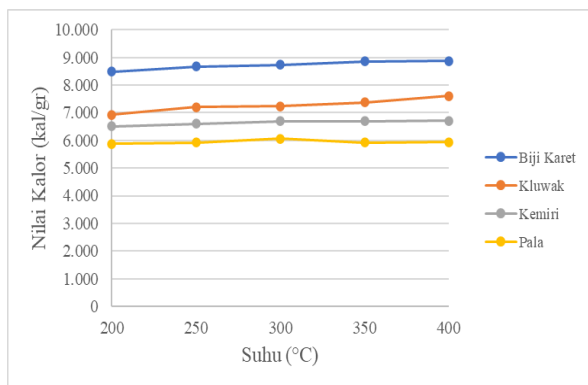
Gambar 3. Hubungan antara % kadar abu dengan suhu



Gambar 4. Hubungan antara % volatile matter dengan suhu



Gambar 5. Hubungan antara % karbon terikat dengan suhu



Gambar 6. Hubungan antara nilai kalor dengan suhu

Pada gambar 2. didapatkan hasil analisa proksimat kadar air pada biochar. Kadar air tertinggi produk biochar terdapat pada cangkang biji karet suhu 200°C dengan kadar air sebesar 5,766%, sedangkan kadar air terendah terdapat pada cangkang biji karet suhu 400°C dengan kadar air sebesar 2,221%. Pada gambar 2. Kebanyakan besar hasil sudah sesuai teori menurut Udyani (2018), bahwa semakin tinggi suhu yang dihasilkan maka semakin rendah kadar air yang didapatkan, namun beberapa hasil mengalami kenaikan. Hal ini terjadi karena adanya kontak dengan udara ketika memindahkan biochar dari alat pirolisis.

Pada gambar 3. didapatkan analisa hubungan kadar abu biochar dengan suhu proses. Kadar abu tertinggi produk biochar terdapat pada cangkang kemiri suhu 200°C dengan kadar abu sebesar 11,614%, sedangkan kadar abu terendah terdapat pada cangkang biji karet suhu 400°C dengan kadar abu sebesar 4,185%. Dapat diketahui bahwa hasil tersebut telah sesuai dengan SNI dimana batas kadar abu maksimum yaitu sebesar 15%. Hasil yang didapatkan juga sudah sesuai teori menurut Asmunandar (2022) semakin tinggi suhu proses maka semakin rendah kadar abu yang didapatkan.

Berdasarkan Gambar 4. didapatkan hasil kandungan *volatile matter* semakin menurun dengan seiring bertambahnya suhu proses. Hasil ini sudah sesuai dengan teori menurut Dewi (2020) semakin tinggi suhu

proses maka semakin rendah *volatile matter* yang didapatkan karena tingginya kadar *volatile matter* menunjukkan masih terdapatnya senyawa non karbon yang terikat pada arang. Kadar *volatile matter* tertinggi produk biochar terdapat pada cangkang kemiri suhu 200°C dengan kadar *volatile matter* sebesar 33,213%, sedangkan kadar *volatile matter* terendah terdapat pada cangkang kluwak suhu 400°C dengan kadar *volatile matter* sebesar 2,158%. Dapat diketahui bahwa hasil tersebut telah sesuai dengan SNI dimana batas kadar *volatile matter* maksimum yaitu sebesar 25%.

Berdasarkan gambar 5. Didapatkan hasil karbon terikat semakin menaik dengan seiring bertambahnya suhu proses. Hal ini sudah sesuai teori Iskandar (2017) dimana semakin tinggi suhu proses maka kandungan kadar karbon pada biochar semakin tinggi. Menurut penelitian yang dilakukan Saktiawan (2008) kandungan karbon terikat akan semakin tinggi apabila kadar air, abu dan *volatile matter* semakin rendah. Kandungan karbon terikat tertinggi produk biochar terdapat pada cangkang kluwak suhu 400°C dengan kandungan karbon terikat sebesar 88,07%. Sedangkan kandungan karbon terikat terendah terdapat pada cangkang kemiri suhu 200°C dengan kandungan karbon terikat sebesar 49,98%. Dapat diketahui bahwa hasil tersebut telah sesuai dengan SNI dimana batas kandungan karbon terikat minimum yaitu sebesar 65%.

Gambar 6. menunjukkan hasil nilai kalor pada biochar dengan nilai kalor tertinggi produk biochar terdapat pada cangkang biji karet suhu 400°C dengan nilai kalor yang didapatkan sebesar 8.864 kal/gr. Sedangkan nilai kalor terendah sebesar 5.875 kal/gr didapatkan pada cangkang pala dengan suhu 200°C. Dapat diketahui bahwa hasil tersebut telah sesuai dengan SNI dimana batas nilai kalor minimum yaitu sebesar 5.000 kal/gr. Menurut Loppies (2016), semakin tinggi kandungan karbon terikat yang dihasilkan maka semakin tinggi nilai kalor yang didapatkan. Teori ini sudah sesuai dengan hasil yang didapatkan dimana nilai kalor tertinggi didapatkan pada suhu 400°C.

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu terbaik yang digunakan untuk pembuatan biochar pada penelitian ini adalah 400°C karena didapatkan kandungan karbon terikat tertinggi yaitu sebesar 88,07% pada cangkang kluwak dan didapatkan pula nilai kalor tertinggi sebesar 8.864 kal/gr pada biji karet. Jenis cangkang yang terbaik untuk diolah menjadi biochar adalah cangkang biji kluwak karena biochar dari cangkang kluwak mengandung karbon terikat terbesar yaitu 88,07%, hal ini juga diketahui bahwa cangkang kluwak mempunyai kadar selulosa tertinggi sehingga menghasilkan rantai karbon yang panjang. Cangkang kluwak dimanfaatkan menjadi biochar karena memiliki

kandungan karbon terbanyak. Untuk cangkang biji karet dimanfaatkan menjadi biobriket karena nilai kalornya yang tinggi. Sedangkan cangkang kemiri dan pala dimanfaatkan untuk adsorpsi karbon aktif karena kandungan karbonnya yang cukup memenuhi.

DAFTAR PUSTAKA

- Asmunandar, A., Goembira, F., Raharjo, S., & Yuliarningsih, R. 2023. "Evaluasi Pengaruh Suhu dan Waktu Pirolisis Biochar Bambu Betung (*Dendrocalamus asper*)". *Jurnal Serambi Engineering* 8(1): 4760-4771
- Dewi, R.P., Saputra, T.J., Purnomo, S. 2020. "Uji Kandungan Fixed Carbon dan Volatile Matter Briket Arang dengan Variasi Ukuran Partikel Serbuk Arang". *Jurnal Teknologi Industri, Lingkungan dan Infrastruktur* 3: 1-6
- Hussain, Mubshar, et al. 2017. "Biochar for crop production: potential benefits and risks". *Journal of Soils and Sediments*. 17: 685-716.
- Iskandar, T., & Rofiatin, U. 2017. "Karakteristik Biochar Berdasarkan Jenis Biomassa Dan Parameter Proses Pyrolisis". *Jurnal Teknik Kimia* 12(1): 28-34
- Loppies, J.E. 2016. "Karakteristik Arang Kulit Buah Kakao Yang Dihasilkan Dari Berbagai Kondisi Pirolisis". *Jurnal Industri Hasil Perkebunan* 11(2): 105-111
- Mimmo, T., Panzacchib, P., Baratieria, M., Daviesb, C.A., Tonona, G. 2014. "Effect of pyrolysis temperature on miscanthus (*Miscanthus × giganteus*) biochar physical, chemical and functional properties". *Biom Bioener.* 62:149-157
- Putri, R.W., Haryati, S., & Rahamatullah. 2019. "Pengaruh Suhu Karbonisasi terhadap Kualitas Karbon Aktif dari Limbah Ampas Tebu". *Jurnal Teknik Kimia* 25(1)
- Saktiawan, I. 2008. dalam Qurotullaili, Komalasari dan Zuchra, H. 2017. "Bahan Bakar Padat Dari Pelepah Sawit Menggunakan Proses Karbonisasi Dengan Variasi Ukuran Bahan Baku Dan Suhu". *Jurnal Fakultas Teknik* 4(1): 4
- Shenbagavalli, S., Mahimairaja, S. 2012. "Production and characterization of biochar from different biological wastes". *International journal of plant, animal, and environmental sciences* 2(1): 197-201.
- Siswati, N.D., Agustina, N.L., & Santoso, D.M. 2022. "Biochar Dari Cangkang Biomassa Dengan Proses Karbonisasi". *Jurnal Teknik Kimia* 16(2)
- Udyani, K., Ningsih, E., & Arif, M. 2018. "Pengaruh Temperatur Pirolisis Terhadap Yield dan Nilai Kalor Bahan Bakar Cair dari Bahan Limbah Kantong Plastik". *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan* 6: 389-394