JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING AND FABRICATION

Journal Homepage: https://mechafa.com/index.php/jmef

The effect of torrefaction temperature variations on the characteristics and calorific value of water hyacinth charcoal briquette products

M. Zainul Aris, Yasir Amani*
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh
Kota Lhokseumawe 24352, Aceh. Indonesia
*Corresponding author: yasir.amani@unimal.ac.id

Article Processing Dates:
Received 2025-03-14
Accepted 2025-03-26
Available online 2025-03-31

Keywords:
Torefaction
Water Hyacinth
Characteristics
Calorific Value
Briquettes

Abstract

Energy is needed by all people in various countries, this results in climate change and depletion of energy, it is necessary to find clean alternative energy, one of which is biomass. Water hyacinth is a biomass that grows rapidly in Indonesia, but its energy density is still low. This research aims to improve the characteristics and calorific value of water hyacinth biomass using torefaction process. In this study, water hyacinth was subjected to a torefaction process with temperature variations of 200 ℃, 250 ℃ and 300 ℃ and a holding time of 1 hour. ¬The biochar resulting from the torefaction process is then made into briquettes using tapioca starch adhesive, with a ratio of 10% of the weight of the raw material, and pressing at a pressure of 300 kg/cm2. From the research and testing that has been done, the proximate test results obtained the lowest moisture content of 5.75% in the 300 ℃ sample, the lowest ash content of 17.65% in the 200 ℃ sample, the lowest volatile compounds of 39.52% in the 300 ℃ sample and the highest fixed carbon of 25.92% in the 300 ℃ sample. The highest heating value was produced in the 300 ℃ sample which amounted to 5140.44 cal/g. The lowest Shatter Index was 1.68% in the 300 ℃ sample. The most optimal burning rate of briquettes in the 300 ℃ sample was 0.085 g/min with a duration of 47 minutes. The results of this study indicate that the torefaction process and torefaction temperature variation have a significant effect on the characteristics and heating value of water hyacinth briquettes.

Pengaruh variasi temperatur torefaksi terhadap karakteristik dan nilai kalor dari produk briket arang eceng gondok

Abstrak_ Energi sangat dibutuhkan oleh semua masyarakat di berbagai negara, hal ini mengakibatkan perubahan iklim dan menipisnya energi tersebut, perlu upaya untuk mencari energi alternatif yang bersih, salah satunya adalah biomassa. Eceng gondok adalah biomassa yang tumbuh pesat di Indonesia, tetapi densitas energi yang dimiliki masih rendah. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan karakteristik dan nilai kalor dari biomassa eceng gondok menggunakan proses torefaksi. Pada penelitian ini eceng gondok dilakukan proses torefaksi dengan variasi temperatur yaitu 200℃, 250℃ dan 300℃ dan waktu penahanan selama 1 jam. Biochar hasil proses torefaksi kemudian dijadikan briket menggunaan perekat tepung tapioka, dengan perbandingan 10% dari berat bahan baku, dan pengepresan pada tekanan 300 kg/cm2. Dari penelitian dan pengujian yang telah dilakukan didapatkan hasil uji proksimat kadar air terendah 5,75% pada sampel 300℃, kadar abu terendah 17,65% pada sampel 200℃, senyawa volatil terendah 39,52% pada sampel 300℃ dan fixed carbon tertinggi 25,92% pada sampel 300℃. Nilai kalor tertinggi dihasilkan pada sampel 300℃ yaitu sebesar 5140,44 cal/g. Shatter Index terendah 1,68% pada sampel 300℃. Laju pembakaran briket paling optimal pada sampel 300℃ sebesar 0,085 g/min dengan lama 47 menit. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa proses torefaksi dan variasi temperatur torefaksi memberikan pengaruh yang signifikan terhadap karakteristik dan nilai kalor yang dihasilkan briket eceng gondok.
Kata kunci: Torefaksi, Eceng Gondok, Karakteristik, Nilai Kalor, Briket.

1. Pendahuluan

Kebutuhan energi menjadi tulang punggung bagi masyarakat Indonesia dalam berbagai bidang, Hal ini mengakibatkan semakin menipisnya ketersediaan sumber energi tersebut. Mencari sumber energi alternatif yang bisa dimanfaatkan dan diperbaharui adalah cara yang dapat digunakan untuk mengurangi konsumsi bahan bakar fosil seperti minyak, gas, dan batubara. Salah satu sumber energi alternatif yang bisa dimanfaatkan adalah biomassa [1].

Biomassa dihasilkan dari proses fotosintesis dengan menyerap karbon dioksida (CO2) dari atmosfer. Ketika biomassa dibakar akan melepaskan karbon dioksida yang kemudian diserap oleh tanaman sehingga pembakaran biomassa tidak menambah jumlah karbon dioksida di bumi [2], maka dari itu biomassa dianggap sebagai netral carbon. Salah satu contoh biomassa yang dapat dimanfaatkan adalah eceng gondok.

Eceng gondok memiliki kandungan yang berpotensi dijadikan sumber energi alternatif, karena pada tanaman eceng gondok terdapat kandungan selulosa yang tinggi yaitu sebesar 60%, hemiselulosa 8% dan lignin 17% [3]. Kandungan selulosa yang ada pada eceng gondok mempengaruhi jumlah kadar karbon terikat, karena komponen selulosa adalah karbon. Semakin tinggi kandungan karbon terikat pada bahan baku maka semakin tinggi pula nilai kalor yang dihasilkan [4]. Oleh karena itu kandungan yang dimiliki eceng gondok berpotensi untuk dijadikan sumber energi alternatif dengan proses yang dipilih yaitu proses torefaksi.

Torefaksi adalah proses termokimia yang bertujuan untuk meningkatkan densitas energi dari biomassa dan dilakukan pada suhu 200 - 300℃ dengan sedikit atau tanpa adanya udara [2]. Penelitian yang dilakukan mengenai karakteristik torefaksi dengan eceng gondok melalui tiga pengaturan suhu berbeda yaitu 200℃, 300℃, dan 400℃ serta pengaturan waktu yaitu 1 jam, 2 jam dan 3 jam menghasilkan peningkatan nilai kalor eceng gondok sebesar 8,18% sampai dengan 30,04%. Dari hasil Penelitian ini membuktikan bahwa proses torefaksi dapat meningkatkan nilai kalor eceng gondok [5].

Proses torefaksi ini memanfaatkan biomassa eceng gondok menjadi sebuah briket sebagai bahan bakar alternatif yang dapat menjadi solusi untuk mengurangi pemakaian bahan bakar fosil dan penggunaan yang berkelanjutan [6]. Briket merupakan bahan bakar padat yang dihasilkan melalui proses densifikasi sehingga menghasilkan produk padat yang mempunyai bentuk, ukuran fisik, dan sifat kimia tertentu, yang bertujuan untuk memperbaiki karakteristik dari bahan baku. Komponen utama dari bahan baku yang harus dimiliki adalah selulosa, karena semakin tinggi kandungan selulosa maka kualitas briket akan semakin baik [7].

Pada penelitian ini, biomassa eceng gondok akan dilakukan proses torefaksi sebelum biomassa dilakukan proses densifikasi untuk membuat arang eceng gondok menjadi biobriket yang bertujuan untuk memperbaiki karakteristik dari biomassa serta untuk meningkatkan nilai kalor yang dihasilkan dari biomassa eceng gondok.

2. Metode Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah eceng gondok, tepung tapioka dan air. Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah alat torefaksi, mesin penggiling, ayakan *mesh* 40, ember, timbangan digital, terpal, wadah, panci, kompor elektrik, alat press briket, cetakan briket, *oven, furnace, bomb calorimeter* dan alat laju pembakaran.

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari variabel tetap, variabel bebas, dan variabel terikat. Variabel tetap mencakup faktor-faktor yang dipertahankan konstan selama penelitian, yaitu bahan baku eceng gondok, jumlah bahan baku dalam sekali proses torefaksi sebanyak 1 kg, waktu penahanan torefaksi selama 1 jam, ukuran ayakan 40 mesh, penggunaan perekat sebanyak 10%, serta densifikasi dengan tekanan 300 kg/cm².

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah temperatur pada proses torefaksi, yang divariasikan pada tiga tingkat, yaitu 200℃, 250℃, dan 300℃. Variabel terikat merupakan hasil yang diukur dalam penelitian, yaitu karakteristik briket eceng gondok berdasarkan variasi temperatur. Karakteristik ini meliputi kadar air, kadar abu, volatile matter, dan fixed carbon. Selain itu, penelitian juga mengukur nilai kalor yang dihasilkan pada setiap variasi temperatur, daya tahan briket terhadap benturan melalui pengujian shatter index, serta laju pembakaran briket pada masing-masing temperatur torefaksi.

2.1 Tahapan Penelitian

Tahapan proses dalam penelitian ini dimulai dengan persiapan bahan baku, di mana eceng gondok diperoleh dari Desa Btuphat Timur, Kecamatan Muara Satu, Kota Lhokseumawe, Provinsi Aceh. Bahan baku tersebut kemudian dipotong dengan ukuran ±4 cm untuk memudahkan proses pencucian dan torefaksi. Setelah pemotongan dan pencucian selesai, eceng gondok dikeringkan di bawah sinar matahari selama ±30 jam pada cuaca cerah.

Selanjutnya, dilakukan proses torefaksi untuk mengubah eceng gondok menjadi biochar. Proses ini menggunakan alat torefaksi dengan temperatur 200℃, 250℃, dan 300℃ serta waktu penahanan selama 1 jam. Setelah torefaksi selesai, biochar yang dihasilkan kemudian melalui proses pembuatan briket dengan cara digiling untuk memperkecil ukuran menjadi serbuk. Serbuk tersebut kemudian diayak menggunakan mesh 40 agar mendapatkan ukuran partikel yang seragam. Setelah itu, biochar dicampur dengan perekat yang berasal dari tepung tapioka sebanyak 10% dari berat bahan baku. Pembuatan perekat dilakukan dengan menimbang 10 gram tepung tapioka yang dicampur dengan 500 ml air, kemudian dimasak menggunakan kompor elektrik pada temperatur 400℃ dan diaduk selama ±10 menit.

Tahapan terakhir adalah proses pencetakan briket, di mana campuran bahan baku dan perekat dimasukkan ke dalam cetakan sebanyak 5,5 gram. Selanjutnya, dilakukan pengepresan dengan tekanan 300 kg/cm² dan tekanan tersebut dipertahankan selama ±1 menit. Setelah waktu penahanan tercapai, briket yang telah terbentuk dikeluarkan dari cetakan untuk proses selanjutnya.

2.2 Tahapan Analisa Data

Adapun analisa pada penelitian ini meliputi:

1. Uji proksimat (SNI 01-6235-2000) seperti pada Tabel 1.
2. Uji nilai kalor (SNI 01-6235-2000).
3. Uji *shatter index* (ASTM D 440-86).
4. Uji laju pembakaran.

Tabel 1. SNI 01-6235-2000

Parameter	Satuan	Persyaratan
Kadar Air	%	Maksimum 8
Kadar Abu	%	Maksimum 8
Volatile Matter	%	Minimum 15
Nilai Kalor	kal/g	Minimum 5000

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengujian Proksimat

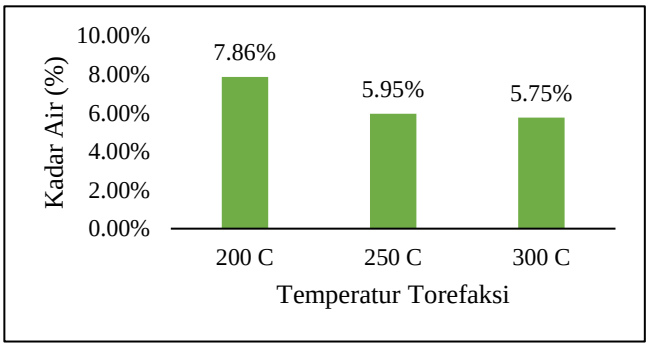
Pengujian proksimat dilakukan untuk mengetahui kandungan atau zat yang ada pada produk briket, dari pengujian yang dilakukan dapat diketahui nilai-nilai dari sifat fisisnya yaitu kadar air, kadar abu, kadar senyawa volatil (*volatile matter*) dan kadar karbon terikat (*fixed carbon*). Standar yang digunakan pada pengujian briket arang eceng

gondok ini mengacu pada SNI 01-6235-2000 tentang briket arang kayu.

Kadar Air

Kadar air merupakan salah satu faktor yang memengaruhi kualitas briket, semakin tinggi kadar air pada briket maka akan semakin rendah kualitasnya, karena nilai bahan bakar akan menurun atau sulit terbakar. Sebaliknya, semakin rendah kadar air maka kualitas briket akan semakin baik [8].

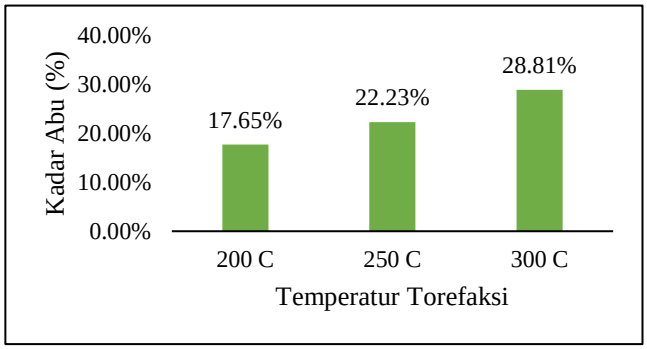
Hasil pengujian proksimat menunjukkan bahwa kadar air terendah dari ketiga variasi sampel briket adalah 5,75% pada sampel torefaksi 300℃. Sementara itu, kadar air paling tinggi yang dihasilkan adalah 7,86% pada sampel torefaksi 200℃ seperti pada Gambar 1. menunjukkan bahwa kadar air pada briket akan semakin rendah apabila pada proses torefaksi temperatur yang digunakan semakin tinggi. Seluruh parameter kadar air briket yang dihasilkan pada pengujian proksimat telah memenuhi standar pada SNI 01-6235-2000.



Gambar 1. Hasil Pengujian Kadar Air

Kadar Abu

Abu merupakan sisa hasil dari proses pembakaran, dalam hal ini yang sisa pembakaran yang dimaksud adalah briket. Salah satu unsur penyusun abu adalah silika. Abu mempunyai pengaruh yang kurang baik terhadap nilai kalor briket karena kadar abu yang tinggi dapat menurunkan nilai kalor briket sehingga kualitas briket mengalami penurunan [8].

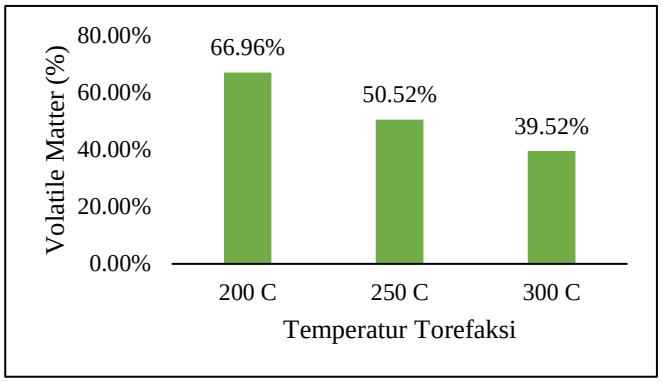


Gambar 2. Hasil Pengujian Kadar Abu

Hasil pengujian proksimat pada Gambar 2 memperlihatkan bahwa kadar abu briket yang paling tinggi adalah pada sampel torefaksi 300℃ yaitu sebesar 28,81%. Sementara itu kadar abu paling rendah adalah pada sampel torefaksi 200℃ yaitu sebesar 17,65%. Dapat diketahui bahwa tinggi rendahnya kadar abu pada briket dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor salah satunya pada temperatur proses torefaksi, karena semakin tinggi temperatur yang digunakan pada proses torefaksi semakin tinggi pula kadar abu yang dihasikan begitu juga sebaliknya.

Volatile Matter

Volatile matter adalah zat yang dapat menguap akibat penguraian senyawa menjadi karbon selain air. Kandungan volatil briket yang tinggi menyebabkan lebih banyak asap saat briket dinyalakan. Hal ini disebabkan oleh reaksi antara karbon monoksida (CO) [9].

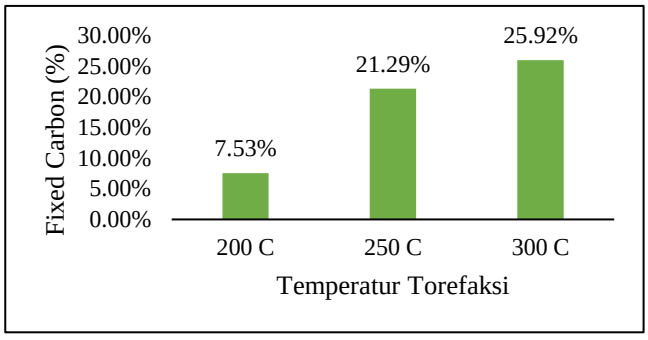


Gambar 3. Hasil Pengujian *Volatile Matter*

Dapat dilihat pada Gambar 3 pengujian proksimat menghasilkan nilai kadar senyawa volatil tertinggi pada sampel torefaksi 200℃ yaitu sebesar 66,96%, sementara itu nilai kadar senyawa volatil terendah dihasilkan pada sampel torefaksi 300℃ yaitu sebesar 39,52%. Dapat diketahui bahwa semakin tingginya temperatur pada proses torefaksi maka semakin rendah kadar senyawa volatil yang dihasilkan.

Fixed Carbon

Fixed Carbon pada briket dipengaruhi oleh kadar abu dan kadar dekomposisi senyawa volatil. Nilai karbon terikat sangat mempengaruhi kualitas dari briket, karena semakin tinggi nilainya maka kualitas briket akan semakin baik. Kandungan karbon terikat akan memiliki nilai yang tinggi jika nilai kadar abu dan kadar dekomposisi senyawa volatil rendah [9].



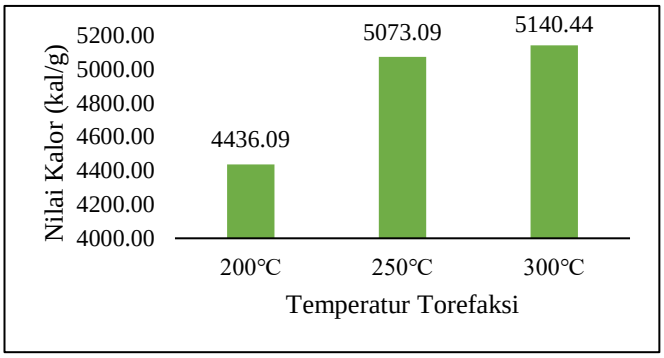
Gambar 4. Hasil Pengujian Fixed Carbon

Parameter kadar karbon terikat briket menunjukkan bahwa kadar karbon terikat paling tinggi yaitu sebesar 25,92% pada sampel torefaksi 300℃, sementara itu didapat juga nilai kadar karbon terikat terendah yaitu sebesar 7,53% pada sampel torefaksi 200℃. Dapat dilihat pada Tabel 2

bahwa kadar karbon terikat semakin meningkat apabila temperatur pada proses torefaksi semakin tinggi.

3.2 Pengujian Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan parameter yang menunjukkan bagus atau tidaknya bahan bakar tersebut, semakin tinggi nilai kalor pada bahan bakar semakin tinggi kualitas pada bahan bakar. Oleh karena itu, nilai kalor digunakan sebagai acuan dalam pengecekan kualitas bahan bakar. Standar pengujian nilai kalor menggunakan SNI 01-6235-2000 mengenai briket arang kayu.



Gambar 5. Hasil Pengujian Nilai Kalor

Dapat dilihat pada Gambar 5 nilai kalor paling tinggi dihasilkan pada sampel torefaksi 300℃ yaitu sebesar 5140,44 kalori/gram, sementara itu nilai kalor paling rendah yang dihasilkan pada sampel torefaksi 200℃ yaitu sebesar 4436,09 kalori/gram. Pada Gambar 1 menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur yang digunakan pada proses torefaksi akan meningkatkan nilai kalor dari bahan baku. Eceng gondok yang tidak dilakukan proses apapun menghasilkan nilai kalor sebesar 3182,39 kalori/gram, hal ini menjelaskan bahwa proses torefaksi dapat menaikkan nilai kalor dari eceng gondok [10]. Berdasarkan SNI 01-6235-2000 hasil pengujian nilai kalor briket pada sampel torefaksi 200℃ yaitu sebesar 4436,09, belum memenuhi persyaratan karena persyaratan standar dari nilai kalor minimal 5000 kalori/gram, sedangkan pada sampel torefaksi 250℃ dan 300℃ sudah memenuhi persyaratan.

3.3 Pengujian *Shatter Index*

Pengujian *shatter index* dilakukan untuk mengetahui seberapa kuat briket yang dihasilkan terhadap benturan yang disebabkan oleh ketinggian serta berapa % partikel yang hilang atau lepas dari briket tersebut seperti pada tabel 2. Pengujian dilakukan menggunakan standar ASTM D 440-86, diuji dengan cara menimbang terlebih dahulu massa briket sebelum dijatuhkan, setelah di timbang briket dijatuhkan dari ketinggian 6 ft (1,8 meter), setelah briket dijatuhkan maka timbang kembali massa briket sehingga mendapatkan berapa % partikel yang hilang.

Tabel 2. Hasil Pengujian *Shatter Index*

Sampel	Massa Awal (g)	Massa Akhir (g)	*Shatter Index* (%)
200℃	5,46	5,26	3,66
250℃	5,38	5,27	2,04
300℃	5,35	5,26	1,68

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 2 memperlihatkan bahwa variasi temperatur torefaksi menghasilkan nilai shatter index yang berbeda. Hasil dari pengujian ini menghasilkan briket dengan sampel temperatur 300℃ memiliki presentase *shatter index* yang lebih rendah yaitu 1,50%, sementara pada sampel temperatur 200℃ menghasilkan presentase shatter index yang lebih tinggi yaitu 3,66%. Dapat disimpulkan bahwa tidak hanya densitas, tekanan pencetakan, formulasi perekat dan juga jenis perekat yang mempengaruhi daya tahan dari suatu briket, tetapi temperatur torefaksi juga mempengaruhi daya tahan dari suatu briket.

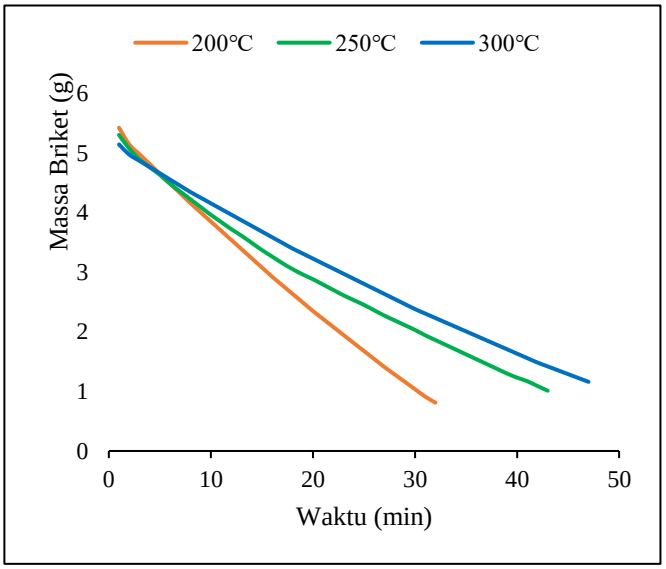
Pengujian Laju Pembakaran

Laju pembakaran dilakukan untuk mengetahui gambaran penurunan massa dari sebuah briket apabila dinyalakan. Pengujian ini dilakukan dengan cara menyalakan briket kemudian menghitung massa briket menggunakan timbangan digital dan menghitung lama pembakaran menggunakan stopwatch.

Tabel 3 Hasil Pengujian Laju Pembakaran

Sampel	Massa Briket Terbakar (g)	Waktu Pembakaran (min)	Laju Pembakaran (g/min)
200℃	4,61	32	0,144
250℃	4,29	43	0,100
300℃	3,98	47	0.085

Dapat dilihat pada Tabel 3 hasil dari laju pembakaran memiliki hasil yang berbeda, dimana pada sampel 300℃ menghasilkan waktu pembakaran paling lama, sedangkan waktu pembakaran paling cepat terdapat pada sampel 200℃. Untuk melihat hubungan antara penurunan massa dengan waktu pembakaran dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Penurunan Massa dan Waktu Laju Pembakaran

Gambar 6. menunjukkan hubungan antara penurunan massa briket dengan waktu laju pembakaran pada setiap sampel mengalami perbedaan. Laju pembakaran terlama

terdapat pada sampel 300℃ yaitu 0,085 g/min dengan lama 47 menit dan laju pembakaran tercepat terdapat pada sampel 200℃ yaitu 0,144 g/min dengan lama 32 menit, sedangkan pada sampel 250℃ yaitu 0,100 g/min dengan lama 43 menit. Hal ini terjadi karena beberapa faktor yang mempengaruhi seperti nilai kalor, tekanan pencetakan dan juga kerapatan suatu briket.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan juga pengujian yang telah dilakukan didapat bahwa variasi temperatur torefaksi berpengaruh terhadap pengujian proksimat, dimana hasil analisa menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur torefaksi semakin tinggi pula kadar abu, sedangkan untuk kadar air dan senyawa volatil akan semakin menurun. Sementara itu fixed carbon bergantung pada tinggi rendahnya kadar, air, abu dan senyawa volatil. Nilai kadar air terendah 5,57% pada sampel 300℃, kadar abu terendah 17,65%pada sampel 200℃, sementara sampel 300℃ memiliki kadar volatil terendah sebesar 39,52%, dan untuk *fixed carbon* tertinggi menghasilkan nilai sebesar 25,92% pada sampel 300℃.

Dapat diketahui bahwa temperatur torefaksi mempengaruhi nilai kalor yang dihasilkan dari eceng gondok, semakin tinggi temperatur torefaksi semakin meningkat pula nilai kalor yang dihasilkan. Tinggi rendahnya nilai kalor juga dipengaruhi oleh nilai karbon terikat, hal ini disebabkan karena karbon akan bereaksi dengan oksigen pada proses pembakaran untuk menghasilkan kalor. Dimana nilai kalor tertinggi terdapat pada sampel torefaksi 300℃ sebesar 5140,44 kal/g, sementara nilai kalor terendah dihasilkan pada sampel torefaksi 200℃ sebesar 4436,09 kal/g.

Briket pada sampel 300℃ memiliki presentase *shatter index* yang lebih rendah yaitu 1,68%, sementara pada sampel 200℃ menghasilkan presentase *shatter index* yang lebih tinggi yaitu 3,66%, yang berarti briket pada sampel 300℃ lebih kuat jika dibandingkan dengan sampel 250℃ dan 200℃.

Laju pembakaran pada sampel 200℃ mengalami penurunan massa briket yang sangat cepat yaitu 0,144 g/min dengan waktu 32 menit, sementara pada sampel 300℃ mengalami penurunan massa yang cukup lama yaitu 0,085 g/min dengan waktu 47 menit. Hal ini disebabkan oleh kandungan senyawa volatil atau zat yang mudah menguap, jika senyawa volatil bernilai tinggi maka briket akan mudah terbakar dengan kecepatan pembakaran yang tinggi. Kerapatan suatu briket juga mempengaruhi laju pembakarannya dikarenakan semakin rapat briket maka samakin lama pembakarannya karena rongga udara yang dimiliki akan semakin sedikit.

Referensi

[1] M. Faizal, M. Saputra, and F. A. Zainal, "Pembuatan briket bioarang dari campuran batubara dan biomassa sekam padi dan eceng gondok," *J. Tek. Kim.*, vol. 21, no. 4, pp. 28–39, 2015.

[2] P. Basu, *Biomass Gasification, Pyrolysis and Torrefaction: Practical Design and Theory*. 2013.

[3] F. I. Nuria, M. Anwar, and D. Y. Purwaningsih, "Pembuatan karbon aktif dari enceng gondok," *J. Tecnoscienza*, vol. 5, no. 1, pp. 37–48, 2020.

[4] M. E. A. Satmoko, D. D. Saputro, and A. Budiyono, "Karakterisasi briket dari limbah pengolahan kayu sengon dengan metode cetak panas," *J. Mech. Eng. Learn.*, vol. 2, no. 1, 2013.

[5] D. Bin Song and M. S. Kim, "*Characteristics of torrefaction with water hyacinth*," *J. Biosyst. Eng.*, vol. 38, no. 3, pp. 180–184, 2013.

[6] E. Ariyanto, M. A. Karim, and A. Firmansyah, "Biobriket Enceng Gondok (Eichhornia Crassipes) Sebagai Bahan Bakar Energi Terbarukan," Reaktor, vol. 15, no. 1, p. 59, 2014, doi: 10.14710/reaktor.15.1.59-63.

[7] A. I. Purwazi, "Analisa Perbandingan Persentase Perekat Terhadap Nilai Uji Kalor Dan Proksimat Biobriket Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes) Menggunakan Metode Karbonisasi," J. Integr. Proses, vol. 7, no. 1, pp. 20–25, 2018, doi: 10.36055/jip.v7i1.2777.

[8] F. Iriany and A. S. S. Meliza, "Pengaruh Perbandingan Tempurung Kelapa dan Eceng Gondok Serta Variasi Ukuran Partikel Terhadap Karakteristik Briket," J. Tek. Kim., vol. 5, no. 3, pp. 56–63, 2016.

[9] S. Balong, I. Isa, and H. Iyabu, "Karakterisasi Biobriket dari Eceng Gondok (Eichornia Crassipes) sebagai Bahan Bakar Alternatif," Jambura J. Educ. Chem., vol. 11, no. 2, pp. 147–152, 2016.

[10] N. Amanu, "Pemanfaatan Eceng Gondok (Eichornia Crassipes) Dan Sampah Plastik High Density Polyethylene (Hdpe) Sebagai Bahan Baku Briket," 2022.