

Pembuatan Biobriket dari Limbah Daun dan Batang Kayu Putih (*Malaleuca leucadendron*) Guna Memanfaatkan Limbah Hasil Pertanian di Kecamatan Jeruklegi Kabupaten Cilacap

Fabrication of Biobriquettes from Eucalyptus Leaves and Stems Waste (Malaleuca leucadendron) to Reuse Agricultural Waste in Jeruklegi Cilacap

Sonya Hakim Raharjo^{1*}, Fatiha Nur Etnanta², Rosmawati Sipayung³, Ebeng Sugondo⁴, Asmaq Yuliah⁵
^{1,2,3,4,5} Program Studi D3 Teknik Pengolahan Migas, Sekolah Tinggi Teknologi Minyak dan Gas Cilacap
Email: sonyaraharjo@gmail.com

*Penulis korespondensi: sonyaraharjo@gmail.com

Direview: 1 Maret 2023

Diterima: 4 April 2023

ABSTRAK

Cadangan minyak bumi semakin mengalami penurunan sejalan dengan penggunaan bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbaharui. Salah satu sumber energi terbaharukan adalah biomassa. Beberapa keuntungan briket biomassa adalah ramah lingkungan, lebih ekonomis, dan memiliki efisiensi yang lebih baik dari briket batubara. Limbah daun dan batang kayu putih (*M. leucadendron*) merupakan salah satu limbah biomassa yang dapat digunakan sebagai bahan baku briket. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pembuatan biobriket dari limbah daun dan batang kayu putih (*M. leucadendron*); Mengkaji pengaruh rasio limbah daun dan batang kayu putih serta perekat terhadap karakteristik biobriket; Mengkaji pengaruh suhu karbonisasi limbah daun dan batang kayu putih terhadap karakteristik biobriket; dan Mengkaji pengaruh waktu karbonisasi limbah daun dan batang kayu putih terhadap karakteristik biobriket. Proses pembuatan biobriket diawali dengan tahap preparasi bahan baku (pengeringan), tahap karbonisasi biomassa dengan *furnace*, tahap pencampuran bahan baku dengan perekat tepung tapioka, pencetakan adonan, dan pengeringan. Variabel 6 dengan rasio daun dan batang kayu putih 5:1, suhu karbonisasi 800°C dan waktu karbonisasi 1 jam menghasilkan produk biobriket yang memiliki karakterisasi yang lebih bagus karena kadar airnya 2,21% serta memiliki kadar abu yang paling rendah 25,08%.

Kata kunci: biobriket, limbah kayu putih, suhu, waktu pembakaran

ABSTRACT

Oil reserves are increasingly decreasing in line with the use of non-renewable fossil fuels. One of the renewable energy sources is biomass. Some of the advantages of biomass briquettes are that they are environmentally friendly, more economical, and have better efficiency than coal briquettes. Eucalyptus leaves and stems (*M. leucadendron*) are the example of the biomass wastes that can be utilized as raw material for briquettes. The objectives of this research are to : Examine the fabrication of biobriquettes from the waste leaves and stems of eucalyptus (*M. leucadendron*); Examine the effect of the ratio of eucalyptus leaf and stem waste and adhesive on the characteristics of biobriquettes; Examine the effect of carbonization temperature of eucalyptus leaf and stem waste on the characteristics of biobriquettes; and Examine the effect of carbonization time of eucalyptus leaf and stem waste on the characteristics of biobriquettes. The biobriquettes fabrication process starts with the preparation of raw materials (drying), carbonization of biomass with a furnace, mixing raw materials with tapioca flour as adhesive, molding dough, and drying. Variable 6 with leaves and stems ratio is 5:1, with carbonization temperature of 800°C and carbonization time of an hour produces the best biobriquette product of water content 2.21 % and ash content 25.08%.

Keywords: biobriquette, eucalyptus waste, temperature, time

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi untuk sektor industri, transportasi, dan komersil menyebabkan eksploitasi bahan bakar fosil secara besar-besaran. Hal ini menyebabkan cadangan minyak bumi semakin mengalami penurunan sejalan dengan penggunaan bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbaharui. Oleh karena itu, untuk menanggulangi ketergantungan terhadap bahan baku fosil, diperlukan sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui (*renewable*). (Kamal, 2022).

Biomassa dari limbah hasil pertanian merupakan salah satu sumber *renewable energy*. Beberapa keuntungan penggunaan biomassa sebagai sumber bioenergi adalah sumbernya melimpah, dapat diperbaharui, ramah lingkungan, dan lebih ekonomis (Shafiyya et al., 2022). Lebih jauh Peraturan Presiden No. 5 Tahun 2006 juga mengatur pemanfaatan biomassa sebagai sumber energi alternatif dan terbaharukan. Kebijakan tersebut menargetkan penggunaan energi biomassa mampu berkontribusi sebesar 5 % di tahun 2025 (KESDM, 2006). Limbah pertanian yang ada di Indonesia sebagai negara agraris kurang termanfaatkan. Oleh karenanya, limbah pertanian tersebut dapat dipabrikasi menjadi bahan bakar biomassa padat (biobriket). Penggunaan biobriket dapat bersaing dengan batubara meskipun nilai kalornya lebih rendah. Biobriket menghasilkan polusi lebih rendah dibandingkan batubara, karena kandungan sulfurnya yang rendah (Qistina et al., 2016; Tambaria & Serli, 2019).

Di Kecamatan Jeruklegi Kabupaten Cilacap terdapat pabrik penyulingan minyak kayu putih yang dikelola BUMDES. Setiap harinya, pabrik menghasilkan limbah daun dan batang kayu putih karena proses produksi. Selama ini limbah daun dan batang kayu putih digunakan kembali sebagai bahan baku penyulingan dengan persentase sebanyak 20% dan sisanya menjadi limbah. Pemanfaatan tumpukan limbah daun dan batang kayu putih ini dapat dikelola menjadi sumber biomassa (Malakeuseya et al., 2013).

Sementara itu, karakteristik briket yang dihasilkan dipengaruhi jenis biomassa, suhu dan waktu karbonisasi, dan bahan perekat yang digunakan (Haryono et al., 2020). Lebih jauh, (Sitorus et al., 2017) juga menjelaskan bahwa suhu karbonisasi mempengaruhi kadar air dan kadar abu. Sementara lama waktu berpengaruh pada mutu briket yang dihasilkan. Semakin lama waktu karbonisasi, briket yang dihasilkan semakin baik karena kadar zat mudah menguap dan kadar air yang terkandung semakin menurun. Perekat dalam proses pembuatan briket juga penting diperhatikan. Tepung tapioka terbukti memiliki viskositas paling tinggi dibandingkan dengan tepung beras maupun tepung terigu (Imanningsih, 2012; Muharyani et al., 2012). Selain itu, tepung tapioka memiliki daya rekat tinggi, murah, dan mudah didapat (Anizar et al., 2020). Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Briyatendra & Widayat, 2019) menyebutkan bahwa variabel terbaik dihasilkan dengan rasio arang dan perekat tepung kanji dengan perbandingan 1:1. Proses pembuatan biobriket dari limbah daun dan batang kayu putih terdiri dari : (i) Tahap persiapan bahan baku (pengerian dan proses karbonisasi), (ii) Tahap pencampuran dan pengadukan bahan baku, (iii) Tahap pencetakan adonan, (iv) Tahap pengeringan biobriket, dilanjutkan dengan (v) Tahap pengujian hasil.

Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk: (i) Mengkaji pengaruh rasio daun dan batang terhadap karakteristik biobriket; (ii) Mengkaji pengaruh suhu karbonisasi terhadap karakteristik biobriket; dan (iii) Mengkaji pengaruh waktu karbonisasi terhadap karakteristik biobriket.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Bahan dan Alat

Dalam penelitian ini, bahan yang digunakan adalah limbah daun dan batang kayu putih, tepung tapioka, dan aquadest. Bahan baku limbah daun dan batang kayu putih didapatkan dari Pabrik Penyulingan Minyak Kayu Putih milik BUMDES Kecamatan Jeruklegi, Kabupaten Cilacap seperti tertera pada Gambar-1. Limbah daun dan batang kayu putih yang dapat dikumpulkan adalah \pm 3 kg, adonan perekat 0,5 kg, dan aquadest sebagai campuran perekat sebanyak 1 Liter. Sementara alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cetakan adonan briket berbentuk silinder, *furnace*, timbangan digital, pencacah, spatula, dan wadah pencampur adonan briket.

2.2. Variabel Penelitian

- Variabel tetap : Cetakan adonan briket berbentuk silinder dan waktu pengeringan briket
- Variabel bebas : Rasio bahan baku briket, waktu dan suhu karbonisasi
- Variabel kontrol: Kadar air dan kadar abu



Gambar-1. Tumpukan Limbah Daun dan Batang Kayu Putih di BUMDES Jeruklegi Cilacap

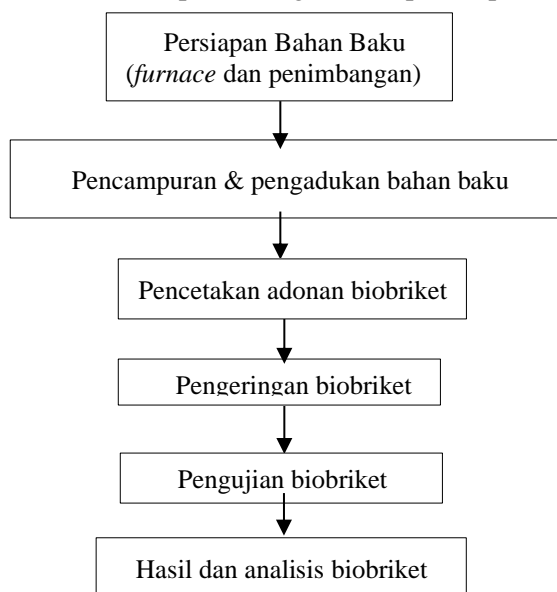
Tabel-1 menunjukkan design variabel penelitian dalam pembuatan biobriket

Tabel-1. Design variabel penelitian

Var	Rasio Bahan			Waktu pembakaran (jam)	Suhu pembakaran (°C)
	Tapioka	Batang	Daun		
1	1	10	1	1	800
2	1	5	1	1	700
3	1	10	1	2	800
4	1	5	1	2	700
5	1	10	1	1	700
6	1	5	1	1	800
7	1	10	1	2	700
8	1	5	1	2	800

2.3. Diagram Alir Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimen dengan variabel rasio daun dan batang, suhu dan waktu pembakaran. Gambar-2 merupakan diagram alir proses pembuatan biobriket.



Gambar-2. Diagram alir proses pembuatan biobriket

2.3.1. Tahap Preparasi Bahan baku

Penumpukkan limbah daun dan batang kayu putih di Desa Brebeg, Kecamatan Jeruklegi, Kabupaten Cilacap dijadikan sebagai bahan baku pada penelitian ini. Limbah daun dan batang kayu putih yang

masih basah dikeringkan dengan sinar matahari selama 24 jam. Kemudian limbah daun dan batang kayu putih melalui proses karbonisasi dalam *furnace* pada suhu 700°C dan 800°C.

2.3.2. Tahap Pencampuran dan Pengadukan Bahan Baku

Limbah daun dan batang kayu putih sesudah di *furnace* dihaluskan dengan pencacahan kemudian ditimbang sesuai rasio. Setelah bahan baku ditimbang sesuai rasio, selanjutnya dicampur dengan adonan perekat (tepung tapioka dan aquadest) sesuai dengan variabel. Pengadukan dilakukan menggunakan spatula dalam wadah.

2.3.3. Tahap Pencetakan Adonan

Limbah daun dan batang kayu putih yang telah dicampur perekat dinamakan adonan. Setelahnya dilakukan pencetakan adonan secara manual dalam bentuk silinder berdiameter 4 cm dan panjang 7 cm. Selanjutnya di tekan (*press*) hingga kompak dengan alat press sederhana untuk meminimalisir pori yang terbentuk pada hasil biobriket.

2.3.4. Tahap Pengeringan Biobriket

Tahap pengeringan adonan dilakukan setelah mengeluarkan adonan dari cetakan dibawah terik matahari selama 7 hari dengan memastikan semua bagian adonan cetakan merata terkena sinar matahari.

2.3.5. Tahap Pengujian Hasil Biobriket

Tahap pengujian hasil biobriket bertujuan untuk mengetahui karakteristik hasil dengan menggunakan uji kadar air dan kadar abu. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium PT. Kilang Pertamina Internasional Unit IV Cilacap.

2.3.5.1. Pengujian Kadar Air

Besarnya kandungan air pada suatu bahan disebut juga kadar air. Metode pengujian kadar air adalah berdasarkan *AOCS Official Method CaZc-2S*.

Kadar air dihitung mengikuti persamaan berikut (Anizar et al., 2020):

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{d-a}{b-a} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana :

a : berat cawan kosong (gr)

b : berat cawan dan sampel (gr)

d : berat cawan dan sampel setelah dipanaskan pada suhu 110°C (gr)

2.3.5.2. Pengujian Kadar Abu

Besarnya kandungan anorganik pada suatu bahan disebut juga kadar abu. Penentuan kadar abu dalam briket dihitung dengan menimbang sisa pembakaran sempurna sampel pada kondisi standar pada suhu 750°C. Metode pengujian kadar abu adalah berdasarkan *ASTM D482*.

Kadar abu dihitung mengikuti persamaan berikut (Anizar et al., 2020):

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{c-a}{b-a} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana :

a : berat cawan kosong (gr)

b : berat cawan dan sampel (gr)

c : berat cawan dan sampel setelah dibakar pada suhu 750°C (gr)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengaruh Rasio Daun dan Batang Limbah Kayu Putih terhadap Karakteristik Biobriket

Pengaruh rasio daun dan batang terhadap karakteristik biobriket : kadar air maupun kadar abu biobriket ditunjukkan pada Tabel-2.

3.1.1. Pengaruh Rasio Daun dan Batang terhadap Kadar Air

Tabel-2 menunjukkan pengaruh rasio daun dan batang kayu putih terhadap kenaikan maupun penurunan kadar air. Pada kondisi operasi suhu karbonisasi 800°C dan waktu karbonisasi 1 jam, rasio batang : daun 5:1 memiliki kadar air yang lebih kecil dari rasio batang : daun 10:1. Hal ini disebabkan karena semakin banyak rasio biomassa maka kadar air yang dihasilkan semakin tinggi. Tingginya kadar air akan menyebabkan lambatnya pembakaran biobriket dan berpengaruh terhadap ketahanan dan

kerapatan biobriket. Hal Ini juga ditunjukkan pada penelitian (Iriany et al., 2016; Kamal, 2022) bahwa baik penurunan dan kenaikan kadar air pada biobriket dipengaruhi oleh rasio bahan. Biobriket dengan rasio bahan 5:1 telah memenuhi standar SNI 01-6235-2000 dengan kadar air kurang dari 8% b/b. Sedangkan kadar air pada rasio 10:1 lebih diatas standar yaitu 8,16%. Sifat higroskopis arang aktif terhadap uap air pada waktu pengeringan menyebabkan peningkatan kadar air (Shafiyya et al., 2022; Smith & Idrus, 2017).

Tabel-2. Data hasil percobaan

Var	Rasio Bahan			Waktu pembakaran (jam)	Suhu pembakaran (°C)	Kadar air (b/b %)	Kadar abu (b/b %)
	Tapioka	Batang	Daun				
1	1	10	1	1	800	8,16	54,17
2	1	5	1	1	700	6,23	29,49
3	1	10	1	2	800	5,19	28,44
4	1	5	1	2	700	5,94	63,32
5	1	10	1	1	700	5,49	75,78
6	1	5	1	1	800	2,20	25,08
7	1	10	1	2	700	13,04	35,97
8	1	5	1	2	800	5,91	31,5

3.1.2. Pengaruh Rasio Daun dan Batang terhadap Kadar Abu

Komponen / senyawa biomassa yang tidak dapat terbakar dinamakan abu (Ajimotokan et al., 2019; Sunardi et al., 2019). Rendahnya nilai kalor dan daya nyala, serta banyaknya sisa pembakaran merupakan dampak dari tingginya nilai kadar abu dalam biobriket (Ajimotokan et al., 2019; Haryanti et al., 2018; Sunardi et al., 2019). Sementara itu, komposisi kimia dari bahan baku yang digunakan berpengaruh pada nilai kadar abu biobriket (Haryanti et al., 2018; Sunardi et al., 2019).

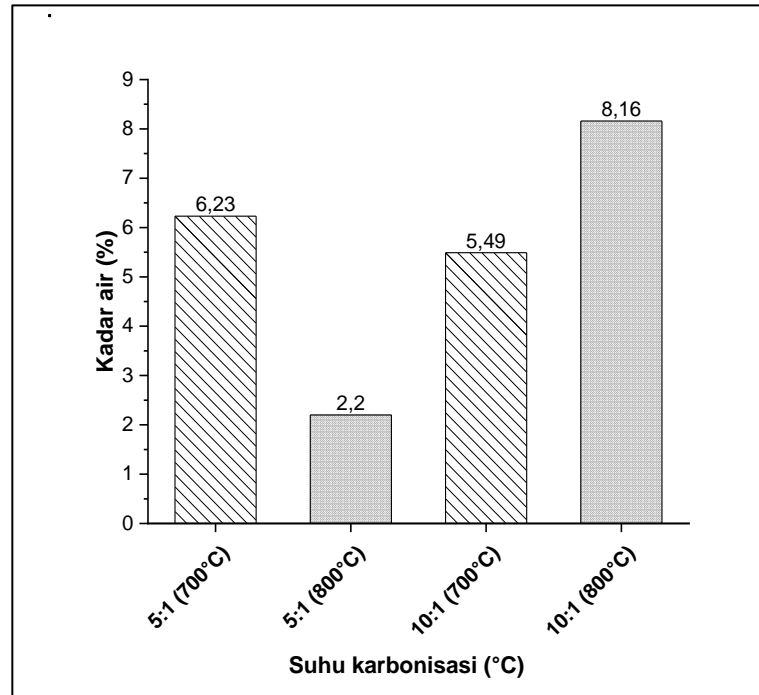
Selaras dengan lebihnya nilai kadar air dengan bertambahnya rasio bahan baku, kadar abu juga mengalami kenaikan pada perbandingan biomassa 10:1. Fenomena ini juga diperkuat pada penelitian (Ridjayanti et al., 2022) yang menunjukkan naiknya kadar abu dipengaruhi oleh banyaknya rasio pada pembuatan biobriket. Semakin tinggi rasio kecenderungan naiknya nilai kadar abu juga meningkat karena adanya aktivator pada kadar abu. Selain itu, kenaikan kadar abu yang melebihi standar SNI 01-6235-2000 menurut (Pratiwi, 2020) diduga akibat proses karbonisasi yang dilakukan pada bahan baku biobriket. Proses karbonisasi yang menggunakan panas menyebabkan peningkatan nilai kadar abu. Peningkatan suhu karbonisasi hingga 800°C menyebabkan peningkatan konsentrasi zat anorganik / kadar abu dalam biobriket.

3.2. Pengaruh Suhu Karbonisasi terhadap Karakteristik Biobriket

3.2.1. Pengaruh Suhu Karbonisasi terhadap Kadar Air

Pengaruh suhu karbonisasi terhadap kadar air biobriket ditunjukkan pada Gambar-3. Meningkatnya suhu karbonisasi dari 700°C ke 800°C pada setiap rasio bahan baku menghasilkan penurunan nilai kadar air. Semakin tinggi suhu karbonisasi mengakibatkan semakin menurun nilai kadar air. Sebaliknya semakin rendah suhu karbonisasi maka nilai kadar air semakin mengikat. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini sesuai dari teori dan bersesuaian dengan hasil penelitian Junary,dkk (2015) (Erwin Junary et al., 2015) dimana kecenderungan grafik yang menurun dengan bertambahnya suhu karbonisasi. Dengan bertambahnya suhu karbonisasi, menyebabkan pori – pori karbon aktif akan semakin terbuka dan kadar air di dalamnya akan menguap.

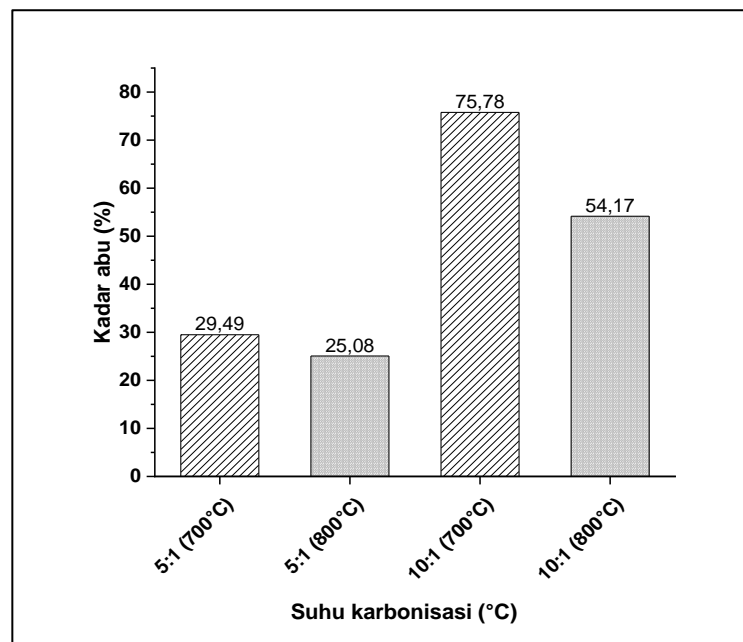
Namun, peningkatan suhu karbonisasi pada rasio bahan baku 10:1 justru meningkatkan kadar air menjadi 8,16% b/b. Hal tersebut dikarenakan sifat higroskopis arang aktif terhadap uap air pada waktu pengeringan menyebabkan peningkatan kadar air (Shafiyya et al., 2022; Smith & Idrus, 2017). Peningkatan kadar air ini masih sesuai dengan standar baku briket SNI 01-6235-2000.



Gambar-3. Pengaruh Suhu Karbonisasi terhadap Kadar Air Biobriket

3.2.2. Pengaruh Suhu Karbonisasi terhadap Kadar Abu

Pengaruh suhu karbonisasi terhadap kadar abu biobriket ditunjukkan pada Gambar-4.



Gambar-4. Pengaruh Suhu Karbonisasi terhadap Kadar Abu Biobriket

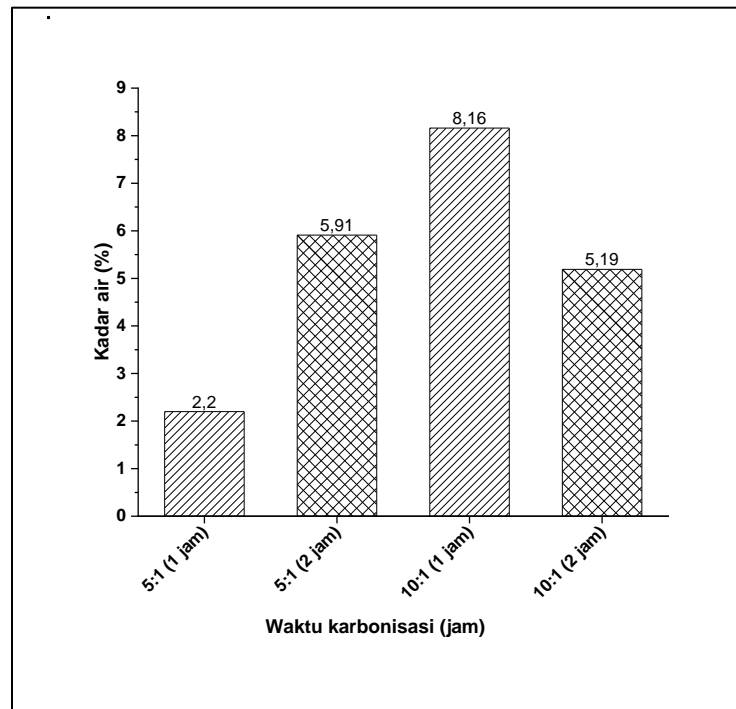
Meningkatnya suhu karbonisasi pada Gambar-4 menunjukkan semakin rendah rendemen *pellet* (kadar abu). Hal ini disebabkan karena suhu tinggi menyebabkan penguapan air yang terkandung pada biomassa sehingga kadar abu semakin rendah.

Menurut (Fatriani et al., 2018) pellet biobriket yang memiliki nilai kadar abu rendah termasuk dalam karakteristik pellet biobriket yang bermutu baik. Penemuan itu juga sejalan dengan penelitian (Hendrawan ddk,2003), (El-Hendawy, 2003) yang mengatakan bahwa dehidrasi uap air maupun senyawa yang mudah menguap terjadi jika suhu karbonisasi semakin tinggi. Dehidrasi dan hilangnya zat *volatile* yang terjadi secara sempurna dapat mendorong fraksi karbon keluar dari arang

3.3. Pengaruh Waktu Karbonisasi Terhadap Karakteristik Biobriket

3.3.1. Pengaruh Waktu Karbonisasi Terhadap Kadar Air

Pengaruh waktu karbonisasi terhadap kadar air biobriket ditunjukkan pada Gambar-5.



Gambar-5. Pengaruh Waktu Karbonasi terhadap Kadar Air Biobriket

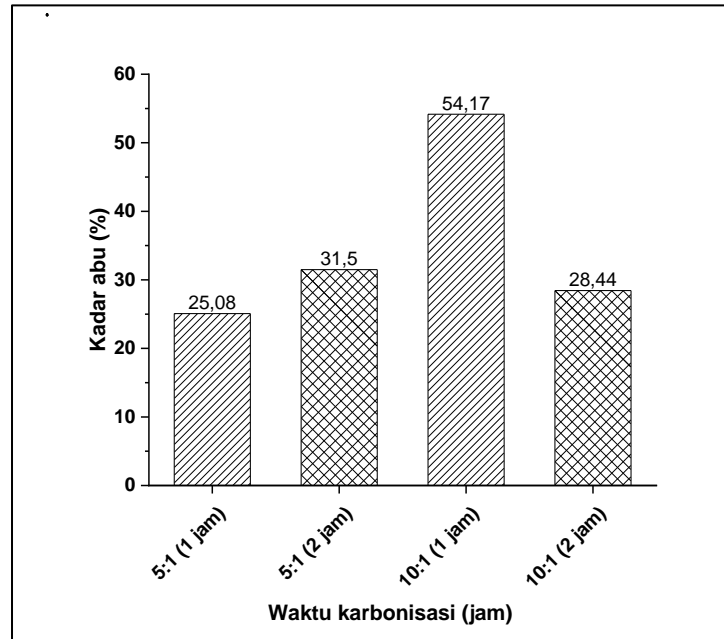
Berdasarkan Gambar-5, dengan peningkatan waktu karbonisasi dari 1 jam ke 2 jam dapat menurunkan kadar air pada produk biobriket untuk rasio bahan 10:1 dan meningkat kadar airnya untuk rasio bahan 5:1. Dalam proses karbonisasi untuk mendapatkan karakteristik briket sesuai standar adalah minimal waktu yang diperlukan adalah 0,5 hingga 1 jam (Amirmaransaby 2019)(Rahmadani; Hamzah, 2017; Shafiyya et al., 2022).

Kadar air yang tinggi dengan penambahan waktu karbonisasi kemungkinan disebabkan karena proses pengeringan yang tidak sempurna. Hal ini bersesuaian dengan penelitian (El-Hendawy, 2003) bahwa sifat hidroskopis, kandungan uap air di udara, proses pengeringan, dan pengayakan mempengaruhi tinggi dan rendahnya kadar air.

3.3.2. Pengaruh Waktu Karbonisasi Terhadap Kadar Abu

Pengaruh waktu karbonisasi terhadap kadar abu biobriket ditunjukkan pada Gambar-6. Hasil menunjukkan bahwa terdapat kenaikan kadar abu pada rasio bahan 5:1 dengan meningkatnya waktu karbonisasi dan penurunan kadar abu pada rasio bahan 10:1. Fenomena ini bersesuaian dengan fenomena kadar air pada poin 3.4.1. Kadar abu justru meningkat dengan waktu karbonisasi 2 jam. Hal ini disebabkan karena kurang maksimalnya proses pencampuran. Salah satu dampak proses pencampuran yang tidak sempurna adalah menyebabkan banyak pori terbentuk didalam campuran briket (Malakauseya & Nur Sasongko, 2013).

Hasil analisis dari penelitian (Syarief et al., 2021) menunjukkan bahwa jenis maupun konsentrasi perekat tidak berpengaruh signifikan terhadap kadar abu. Namun, kandungan abu yang tinggi dapat menurunkan nilai kalor briket. Hal ini dikarenakan di dalam abu terdapat silika (Si) yang dapat menurunkan nilai kalor. Selain itu, kenaikan kadar abu yang melebihi standar SNI 01-6235-2003 menurut (Pratiwi, 2020) diduga akibat proses karbonisasi pada bahan baku biobriket. Proses karbonisasi yang menggunakan panas menyebabkan peningkatan nilai kadar abu. Peningkatan suhu karbonisasi hingga 800°C menyebabkan peningkatan konsentrasi zat anorganik / kadar abu dalam biobriket.



Gambar-6. Pengaruh Waktu Karbonisasi terhadap Kadar Abu Biobriket

4. KESIMPULAN

Rasio biomassa : perekat sebesar 5:1 menghasilkan karakteristik biobriket dengan kadar air yang telah memenuhi standar SNI 01-6235-2000 yaitu < 8% b/b. Suhu karbonisasi sebesar 800°C dan lama waktu karbonisasi 1 jam menghasilkan kadar air dan kadar abu terendah yaitu berturut-turut 2,21% b/b dan 25,08% b/b.

SARAN

Penelitian ini merupakan penelitian pendahuluan untuk memastikan keberhasilan pembuatan biobriket dari limbah daun dan batang kayu putih. Secara umum, informasi hasil yang menyangkut karakteristik briket masih terbatas pada pengujian segi kadar air dan kadar abu. Kedepan agar dapat diteliti parameter nilai kalor maupun uji nyala.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajimotokan, H. A., Ehindero, A. O., Ajao, K. S., Adeleke, A. A., Ikubanni, P. P., & Shuaib-Babata, Y. L. (2019). Combustion characteristics of fuel briquettes made from charcoal particles and sawdust agglomerates. *Scientific African*, 6, e00202. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00202>
- Anizar, H., Sribudiani, E., & Somadona, S. (2020). Pengaruh bahan perekat tapioka dan sugu terhadap kualitas briket arang kulit buah nipah. 16(1), 11–17.
- Briyatendra, E. I., & Widayat, W. (2019). Pengaruh Ukuran Partikel dan Tekanan Kompaksi Terhadap Karakteristik Briket Limbah Daun Cengkeh. 14–22.
- El-Hendawy, A.-N. A. (2003). Influence of HNO₃ oxidation on the structure and adsorptive properties of corncob-based activated carbon. *Carbon*, 41(4), 713–722. [https://doi.org/10.1016/S0008-6223\(03\)00029-0](https://doi.org/10.1016/S0008-6223(03)00029-0)
- Erwin Junary, Julham Prasetya Pane, & Netti Herlina. (2015). Pengaruh Suhu dan Waktu Karbonisasi terhadap Nilai Kalor dan Karakteristik pada Pembuatan Bioarang Berbahan Baku Pelepah Aren (*Arenga pinnata*). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(2), 46–52. <https://doi.org/10.32734/jtk.v4i2.1470>
- Fatriani, F., Sunardi, S., & Arfianti, A. (2018). Kadar air, Kerapatan, dan Kadar Abu Wood Pellet Serbuk Gergaji Kayu Galam (*Melaleuca cajuputi Roxb*) dan Kayu Akasia (*Acacia mangium Wild*). *EnviroScienceteae*, 14(1), 77. <https://doi.org/10.20527/es.v14i1.4897>
- Haryanti, N. H., Suryajaya, Wardhana, H., Husain, S., Anggraini, Y., & Sofi, N. (2018). Characterization of Briquette from Halaban Charcoal and Coal Combustion Ashes. *Journal of Physics: Conference Series*, 1120, 012046. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1120/1/012046>
- Haryono, H., Rahayu, I., & Deawati, Y. (2020). Pengaruh Suhu Karbonisasi terhadap Kualitas Briket dari

- Tongkol Jagung dengan Limbah Plastik Polietilen Terephthalat sebagai Bahan Pengikat*. 14(2), 49–54. <https://doi.org/10.24198/jt.vol14n2.3>
- Imanningsih, N. (2012). Profil Gelatinasi Beberapa Formulasi Tepung-Tepungan untuk Pendugaan Sifat Pemasakan. *Panel Gizi Makan*, 35(1), 13–22.
- Iriany, Cindy Carnella, & Cici Novita Sari. (2016). Pembuatan Biobriket Dari Pelepah Dan Cangkang Kelapa Sawit: Pengaruh Variasi Komposisi Bahan Baku Dan Waktu Karbonisasi Terhadap Kualitas Briket. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 5(3), 31–37. <https://doi.org/10.32734/jtk.v5i3.1542>
- Kamal, D. M. (2022). Penambahan Serbuk Ampas Kopi Sebagai Upaya Meningkatkan Nilai Kalor Briket Limbah Kertas. *Jurnal Inovasi Penelitian*, 2(12), 3913–3920.
- KESDM. (2006). Blueprint Pengelolaan Energi Nasional Tahun 2006-2025. *Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral*, 1–78.
- Malakauseya, J. J., & Nur Sasongko, M. (2013). Pengaruh prosentase campuran briket limbah serbuk kayu gergajian dan limbah daun kayuputih terhadap nilai kalor dan kecepatan pembakaran. *Rekayasamesin.Ub.Ac.Id*, 4(3), 194–198. <https://rekayasamesin.ub.ac.id/index.php/rm/article/view/217>
- Malakeauseya, J. J., Sudjito, S., & Sasongko, M. N. (2013). Pengaruh prosentase campuran briket limbah serbuk kayu gergajian dan limbah daun kayuputih terhadap nilai kalor dan kecepatan pembakaran. *Rekayasamesin.Ub.Ac.Id*, 4(3), 194–198. <https://rekayasamesin.ub.ac.id/index.php/rm/article/view/217>
- Muharyani, R., Pratiwi, D., Asip, F., Teknik, J., Fakultas, K., & Universitas, T. (2012). *Pengaruh suhu serta komposisi campuran arang jerami padi dan batubara subbituminus pada pembuatan briket bioarang*. 18(1), 47–53.
- Pratiwi, V. D. (2020). Effect of Burning Temperature on The Quality of Alternatife Bio-energy from Coffee Waste. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 8(3), 615. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v8i3.615>
- Qistina, I., Sukandar, D., & Trilaksono, T. (2016). Kajian Kualitas Briket Biomassa dari Sekam Padi dan Tempurung Kelapa. *Jurnal Kimia VALENSI*, 2(2), 136–142. <https://doi.org/10.15408/jkv.v2i2.4054>
- Rahmadani; Hamzah, F. H. F. H. (2017). Pembuatan Briket Arang Daun Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dengan Perikat Pati Sagu (Metroxylon sago Rott.). *JOM FAPERTA UR*, 32(6), 514–520.
- Ridjayanti, S. M., Hidayat, W., Bazenet, R. A., Banuwa, I. S., & Riniarti, M. (2022). Pengaruh Variasi Kadar Perikat Tapioka terhadap Karakteristik Briket Arang Limbah Kayu Sengon (*Falcataria moulleucana*). *ULIN: Jurnal Hutan Tropis*, 6(1), 38. <https://doi.org/10.32522/ujht.v6i1.5597>
- Shafiyya, J. V. A., Kusumasari, H. S., Praharsiwi, I. M., & Mujiburohman, M. (2022). Pengaruh Kondisi Operasi dan Jenis Perikat Terhadap Karakteristik Briket Ampas Teh. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 3(3), 249–258. <https://doi.org/10.14710/jebt.2022.14930>
- Sitorus, M. F., Komalasari, K., & Helwani, Z. (2017). Karbonisasi Pelepah Sawit dengan Variasi Temperatur dan Waktu Karbonisasi. *Jom FTEKNIK*, 4(1).
- Smith, H., & Idrus, S. (2017). Pengaruh Penggunaan Perikat Sagu Dan Tapioka Terhadap Karakteristik Briket Dari Biomassa Limbah Penyulingan Minyak Kayu Putih Di Maluku. *Majalah BIAM*, 13(2), 21. <https://doi.org/10.29360/mb.v13i2.3546>
- Sunardi, Djuanda, & Mandra, M. A. S. (2019). Characteristics of charcoal briquettes from agricultural waste with compaction pressure and particle size variation as alternative fuel. *International Energy Journal*, 19(3), 139–147.
- Syarief, A., Nugraha, A., & Ramadhan, M. N. (2021). Variasi Komposisi dan Jenis Perikat Terhadap Sifat Fisik dan Karakteristik Pembakaran Briket Limbah Arang Kayu Alaban. *Prosiding Seminar ...*, 6(April), 1–12. <http://snllb.ulm.ac.id/prosiding/index.php/snllb-lit/article/view/446%0Ahttp://snllb.ulm.ac.id/prosiding/index.php/snllb-lit/article/download/446/456>
- Tambaria, T. N., & Serli, B. F. Y. (2019). Kajian Analisis Proksimat pada Briket Batubara dan Briket Biomassa. *Jurnal Geosains Dan Teknologi*, 2(2), 77. <https://doi.org/10.14710/jgt.2.2.2019.77-86>