

Effect of Temperature and Pressure on the Density of Organic Waste Briquettes

Pengaruh Temperatur dan Tekanan Terhadap Densitas Briket Sampah Organik

Riky Satria^{1*}, Yolli Fernanda¹, Refdinal¹, Sri Rizki Putri Primandari¹

Abstract

Organic waste is one way of utilizing biomass to produce energy. The advantage of biomass is that it tends to be renewable. The energy from biomass that will be used to make briquettes is processed and compressed into a more regular form with a high calorific value. This research will involve organic waste as a source of biomass. To obtain briquettes that are dense, tight, and in good condition, tests were conducted with various temperature and pressure settings. Organic waste with particle size between 18 and 30 mesh is used in this method. Briquetting using heat-treated molds, with temperatures of 200, 250 and 300 °C with a holding time of 5 minutes and also applying pressures of 5 MPa, 10 MPa, 15 MPa and 20 MPa. At 300 °C, 10 and 20 MPa pressure, the briquettes were dense, tight and had high density values.

Keywords

Biomass, Temperature, Pressure, Briquettes

Abstrak

Sampah organik merupakan salah satu cara pemanfaatan biomassa untuk menghasilkan energi. Keuntungan dari biomassa adalah bahwa hal itu cenderung diperbaharui. Energi dari biomassa yang akan digunakan untuk membuat briket diolah dan dikompresi menjadi bentuk yang lebih teratur dengan nilai kalor yang tinggi. Penelitian ini akan melibatkan limbah sampah organik sebagai sumber biomassa. Untuk mendapatkan briket yang padat, rapat, dan dalam kondisi baik, dilakukan pengujian dengan berbagai pengaturan suhu dan tekanan. Sampah organik dengan ukuran partikel antara 18 dan 30 mesh digunakan dalam metode ini. Pembriketan menggunakan cetakan yang diberi panas, dengan suhu 200, 250 dan 300 °C dengan waktu penahanan 5 menit dan juga pemberian tekanan 5 MPa, 10 MPa, 15 MPa dan 20 MPa. Pada suhu 300 °C, tekanan 10 dan 20 MPa dihasilkan briket yang padat, rapat dan memiliki nilai densitas yang tinggi.

Kata Kunci

Biomassa, Suhu, Tekanan, Briket

¹ Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang
Jln. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar, Padang, Sumatera Barat, Indonesia

* rikysatria7@gmail.com

Submitted : May 23, 2023. Accepted : July 17, 2023. Published : July 19, 2023.

PENDAHULUAN

Meningkatnya minat terhadap energi berdampak buruk terhadap aksesibilitas sumber bahan bakar. Kebutuhan energi dalam jumlah yang sangat besar dari elektif energi karena konsumsi minyak bumi dan kebutuhan energi yang semakin meningkat [1]. Energi alternatif, atau sumber energi baru dan terbarukan, tersedia untuk mengatasi masalah ini seperti air, angin dan biomassa adalah sumber energi terbarukan. Limbah sampah organik merupakan sumber biomassa potensial yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi. Indonesia memiliki potensi 146,7 juta ton biomassa per tahun. 53,7 juta ton biomassa dapat diproduksi dari barang tidak terpakai pada tahun 2020 [2].

Kelimpahan biomassa yang tidak ada habis-habisnya memicu sumber energi yang ekonomis [2]. Biomassa memiliki kelebihan yang dapat dimanfaatkan secara langsung, namun untuk dimanfaatkan secara langsung memiliki kelemahan yaitu nilai kalori biomassa yang rendah dan kandungan air di biomassa yang tinggi. Biomassa yang digunakan secara langsung tanpa diolah berpotensi menimbulkan pencemaran udara yang signifikan [3]. Briket dibuat dari biomassa untuk mengatasi masalah ini.

Briket adalah strategi yang digunakan untuk mengubah biomassa, sehingga masyarakat dapat lebih mudah menggunakannya di masa mendatang [4]. Energi biomassa yang diolah dan dicetak menjadi briket memiliki nilai kalor yang tinggi dan bentuk yang teratur [5]. Biomassa yang akan digunakan dalam penelitian ini berasal dari sampah organik. Tujuannya adalah untuk menjadi alternatif dalam penanggulangan sampah terutama sampah organik. Pengujian yang dilakukan adalah untuk mengetahui nilai densitas briket yang dicetak.

Biomassa

Biomassa adalah bahan alami yang dihasilkan melalui proses fotosintesis, baik yang telah jadi maupun yang belum jadi. Biomassa mengandung campuran alami seperti karbohidrat, lemak, dan protein, serta mineral tertentu seperti natrium, fosfor, kalsium, dan zat besi. Perbedaan utama dalam biomassa ini adalah komposisinya. Komponen utama biomassa adalah lignin, selulosa, dan hemiselulosa [6]. Biomassa dapat dimanfaatkan untuk bahan bakar [7].

Pyrolysis

Karena kadar airnya yang tinggi dan nilai densitas energi yang rendah, biomassa seperti serbuk sampah organik tidak dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi [8]. *Pretreatment* termokimia biomassa yang dikenal sebagai *torrefaction* memungkinkan ekstraksi senyawa oksigen dan air dari biomassa. Proses *torrefaction* menghasilkan padatan cokelat kehitaman yang seragam yang dikenal sebagai *torrefied* biomassa dengan nilai kalor tinggi dan kadar air rendah [9]. Proses *torrefaksi* melibatkan pemanasan biomassa di lingkungan *inert* hingga suhu antara 200 dan 300 °C, dengan laju pemanasan minimal 50 °C/menit [10].

Perekat alami (lignin & hemiselulosa) diproduksi dalam bahan baku dengan memanaskan saat mencetak briket. Perekat alami yang ditemukan dalam biomassa dapat bekerja dengan menaikkan suhu. Pada tekanan pemadatan rendah dan suhu antara 60 °C dan 90 °C, lignin menunjukkan karakteristik termoplastik *amorf* yang memungkinkannya beroperasi. Briket dengan tingkat kepadatan yang tinggi dapat dibuat dengan mengaktifkan perekat alami di bawah tekanan pemadatan yang tinggi dan suhu yang meningkat [11].

Densitas

Densitas atau rapat jenis (ρ) adalah ukuran untuk konsentrasi zat tersebut dan dinyatakan dalam massa persatuan volume. Densitas memiliki pengaruh yang signifikan karena berbanding lurus dengan laju pembakaran. Semakin padat atau halus sebuah briket maka akan semakin lama waktu pembakaran atau penyalaan briket [12]. Besar kecilnya densitas dipengaruhi oleh ukuran dan kehomogenan penyusun briket tersebut. Berdasarkan

hasil pengamatan dan hasil perhitungan yang dilakukan terhadap nilai densitas pada masing-masing perlakuan pada komposisi perekat. Ukuran partikel yang lebih kecil dapat memperluas bidang ikatan antar serbuk, sehingga dapat meningkatkan kepadatan briket [13]. Semakin kecil kepadatan (*density*) briket maka semakin rendah nilai kalornya. Namun, semakin besar kepadatan briket menyebabkan semakin tinggi nilai kalornya [14].

Briket Biomassa

pembriketan biomassa bertujuan untuk meningkatkan densitas dan menurunkan persoalan penanganan seperti penyimpanan dan pengangkutan. Secara umum pembriketan biomassa mempunyai beberapa keuntungan [15]:

- Meningkatkan nilai kalori per unit volume.
- Mudah disimpan dan diangkut.
- Mempunyai ukuran dan kualitas yang seragam.

Untuk memperbaiki sifat fisik bahan baku dilakukan eksperimen membuat briket dengan metode *piston-press* pada tekanan 5, 10, dan 15 MPa dan *moisture content* sebesar 5, 10 dan 15% dari berat kering. Terjadi kenaikan yang signifikan (densitas bahan baku 42kg/m^3 menjadi $650\text{-}850\text{ kg/m}^3$). Densitas akan naik seiring dengan kenaikan tekanan kompaksi. Kandungan air mempunyai efek signifikan terhadap densitas, *durability*, dan *stability* [16].

Densitas naik seiring dengan naiknya tekanan kompaksi tetapi tidak berpengaruh terhadap nilai kalor briket tetapi berpengaruh terhadap energi densitas. Tekanan dalam pengepresan briket juga berperan dalam membuat briket tersebut memiliki nilai tekan dan ketahanan yang baik dan sesuai dengan standar. Ukuran partikel yang lebih kecil dapat memperluas bidang ikatan antar serbuk, sehingga dapat meningkatkan kepadatan briket. *Energy density* merupakan keseluruhan jumlah energi (nilai kalor) yang terkandung dalam tiap cm^3 briket. Densitas berperan penting terhadap kerapatan dari briket, karena semakin tinggi densitas maka kepadatan energi juga semakin tinggi [13].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, penelitian dimulai dari mempersiapkan bahan baku seperti serbuk sampah organik, pembuatan bahan baku menjadi briket dan pemberian treatment. Metode eksperimen ini dilakukan untuk mendapatkan briket padat dan baik. Bahan yang digunakan untuk membuat briket memiliki ukuran partikel 18 mesh, tetapi tidak lebih besar dari 30 mesh. Sebelum dilakukan pencetakan briket, Serbuk sampah organik yang menjadi bahan baku terlebih dahulu dikeringkan di dalam oven untuk mengurangi kadar airnya, kemudian dioven selama 7 jam pada suhu $120\text{ }^{\circ}\text{C}$. Oven yang digunakan adalah oven yang dirakit sendiri dengan *heater* sebagai pemanasnya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Oven

Hasil dari pengeringan bahan baku dapat dilihat pada [Gambar 2](#), jika tidak ada pengurangan berat dari bahan baku maka serbuk sampah organik siap dilakukan pencetakan untuk dijadikan briket.



[Gambar 2](#). Bahan Baku (Serbuk Sampah Organik)

Alat yang digunakan untuk mencetak briket adalah alat pemadat yang terdiri dari pompa hidrolik, cetakan briket dan alat mengukur tekanan, dapat dilihat pada [Gambar 3](#).



(a)



(b)



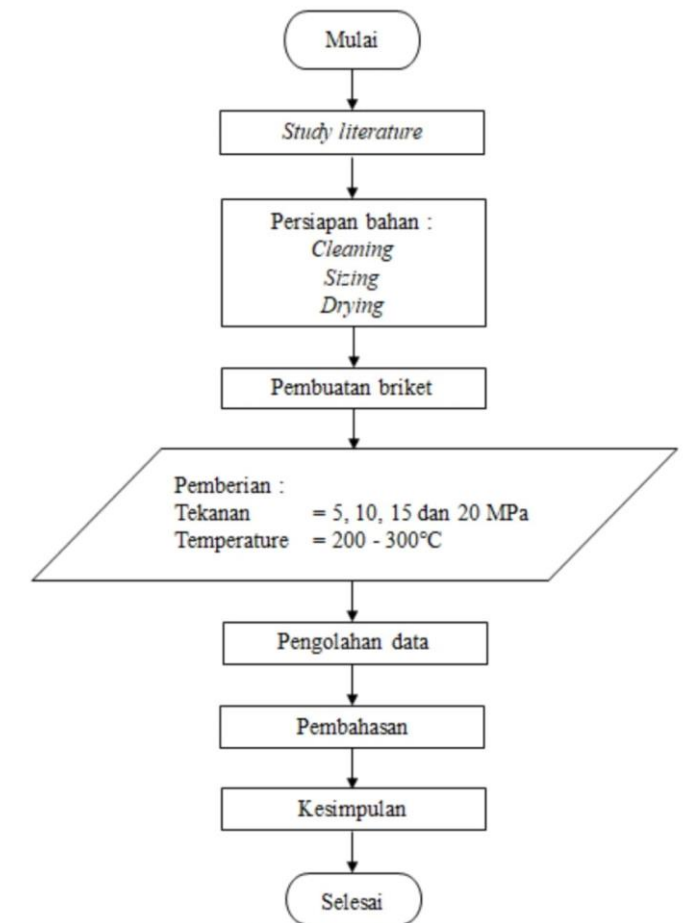
(c)

[Gambar 3](#). (a) Alat tekan dengan pompa hidrolik, (b) Alat cetak briket, (c) Alat ukur tekanan

Tekanan yang digunakan untuk mencetak briket adalah 5, 10, 15 dan 20 MPa. Pada tekanan 10 Mpa briket telah terlihat padat dan keras, dan tidak mengalami keretakan pada briket. Pencetakan briket dengan metode pemberian panas membentuk lapisan film pada briket yang menjadikan tahan akan gesekan maupun guncangan. Variasi Suhu dalam pencetakan briket adalah 200, 250 dan 300 °C karena temperatur *torrefaction* 200 °C-300 °C. Waktu pemberian panas pada saat pencetakan briket yaitu selama 5 menit.

Flowchart

Diagram alir penelitian pada Gambar 4 menggambarkan langkah-langkah dalam penelitian ini.



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

Uji Densitas Briket

Nilai densitas dapat dihitung dengan menimbang berat briket, mengukur diameter dan tinggi briket, serta menghitung volume dari briket. Densitas dapat dihitung menggunakan persamaan [17]:

$$\rho = \frac{m(g)}{v(cm^3)} \quad (1)$$

Dimana:

ρ = densitas (g/cm³)

m = massa briket (g)

v = volume briket (cm³)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pencetakan Briket

Serbuk sampah organik yang masih mentah terlihat terbuat dari serat-serat dan memiliki permukaan yang kasar. Namun, ketika suhu pencetakan briket naik, serat-serat tidak terlihat dan permukaan yang kasar menjadi berkurang. Struktur berserat ini disebut *fibrous*, dan itulah yang membuat briket menjadi tidak padat dan mudah rapuh, sedangkan Ketika struktur ini mulai berkurang briket menjadi lebih padat sehingga nilai densitasnya tinggi. Dan begitu juga saat suhu naik, pengukur *volatile meter* yang lebih ringan berkurang, meninggalkan material yang lebih berat.

Menurut Tabel 1, pencetakan briket sampah organik pada suhu 200 °C dan 5 menit masih belum sempurna dikarenakan pada bentuk briket yang telah di cetak masih memiliki serat dari sampah organik dan belum mengalami perubahan warna.

Tabel 1. Hasil Pencetakan Briket Sampah Organik pada Suhu 200 °C selama 5 menit

No	Briket	Tekanan	Tinggi Briket	Berat Akhir Briket
1		5 MPa	13,50 mm	3,562 gr
2		10 MPa	12,80 mm	3,606 gr
3		15 MPa	11,70 mm	3,664 gr
4		20 MPa	11,45 mm	3,604 gr

Menurut Tabel 2, pencetakan briket sampah organik pada suhu 250 °C dan waktu penahanan (*holding time*) 5 menit, pada tekanan 5, 10 dan 15 MPa masih terlihat serat-serat serbuk sampah organik sedangkan untuk tekanan 20 MPa telah berubah warna menjadi gelap.

Tabel 2. Hasil Pencetakan Briket Sampah Organik pada Suhu 250 °C selama 5 menit

No	Briket	Tekanan	Tinggi Briket	Berat Akhir Briket
1		5 MPa	13,80 mm	3,430 gr
2		10 MPa	13,20 mm	3,434 gr
3		15 MPa	14,65 mm	3,302 gr
4		20 MPa	11,25 mm	3,102 gr

Menurut Tabel 3, pencetakan briket sampah organik pada suhu 300 °C dan waktu penahanan (*holding time*) 5 menit, pada tekanan 5 MPa terlihat bentuk briket belum padat dan masih terlihat seratnya. Untuk di tekanan 10 MPa briket terlihat sempurna dimana warna briket telah berubah dan terlihat padat. Sedangkan untuk tekanan 15 dan 20 MPa briket terlihat rapuh dan tidak padat. Dan didapatkan briket yang bagus dan sempurna dengan suhu 300 °C, tekanan 20 MPa dan waktu penahanan (*holding time*) 5 menit. Briket pada tekanan 20 MPa sudah tidak terlihat serat-serat dari serbuk sampah organik dan juga telah berubah warna menjadi gelap.

Tabel 3. Hasil Pencetakan Briket Sampah Organik pada Suhu 300 °C selama 5 menit

No	Briket	Tekanan	Tinggi Briket	Berat Akhir Briket
1		5 MPa	11,95 mm	2,948 gr
2		10 MPa	12,55 mm	3,034 gr
3		15 MPa	9,90 mm	2,510 gr
4		20 MPa	8,50 mm	3,102 gr

Hasil pencetakan briket sampah organik pada suhu 200 °C, briket masih belum berubah warna, serbuk dari sampah organik masih terlihat dan briket belum padat dapat dilihat dari tinggi briket. Hasil cetak briket pada suhu 250 °C, briket mulai mengalami perubahan warna tetapi masih terlihat serat-serat dari serbuk sampah organik dan untuk hasil cetak briket pada suhu 300 °C telah mengalami perubahan warna dan terlihat telah padat.

Pengujian Densitas

Densitas atau rapat jenis (ρ) adalah suatu zat ukuran untuk konsentrasi zat tersebut dan dinyatakan dalam massa persatuan volume. Densitas memiliki pengaruh signifikan terhadap laju pembakaran, sehingga kualitas briket juga ditentukan dari densitas briket [12]. Penelitian ini mengutamakan tekanan dan temperatur dalam proses pencetakan briket. Untuk proses pembriketan ini tidak menggunakan perekat, lebih mengutamakan kerapatan dari briket tersebut. Nilai densitas dari briket sampah organik dapat dilihat pada Tabel 4, Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 4. Nilai Densitas Briket Sampah Organik Pada Suhu 200 °C

No.	Tekanan (MPa)	Massa Briket (gram)	Volume Briket (cm ³)	Massa Jenis ρ (gr / cm ³)
1	5	3,562	3,856705	0,923586
2	10	3,606	2,903872	1,24179
3	15	3,664	2,654321	1,350391
4	20	3,604	2,813126	1,281137

Tabel 5. Nilai Densitas Briket Sampah Organik Pada Suhu 250 °C

No.	Tekanan (MPa)	Massa Briket (gram)	Volume Briket (cm ³)	Massa Jenis ρ (gr / cm ³)
1	5	3,43	3,130737	1,095589
2	10	3,434	2,994618	1,146724
3	15	3,302	3,312229	0,996912
4	20	3,102	2,540888	1,220833

Terlihat pada [Tabel 5](#), nilai densitas sampah organik tekanan 15 MPa mengalami penurunan dikarenakan pada saat proses pencetakan briket tidak stabil antara suhu dan tekanan sehingga hasil briket mengalami perubahan mengakibatkan nilai densitas briket tekanan 15 MPa mengalami penurunan.

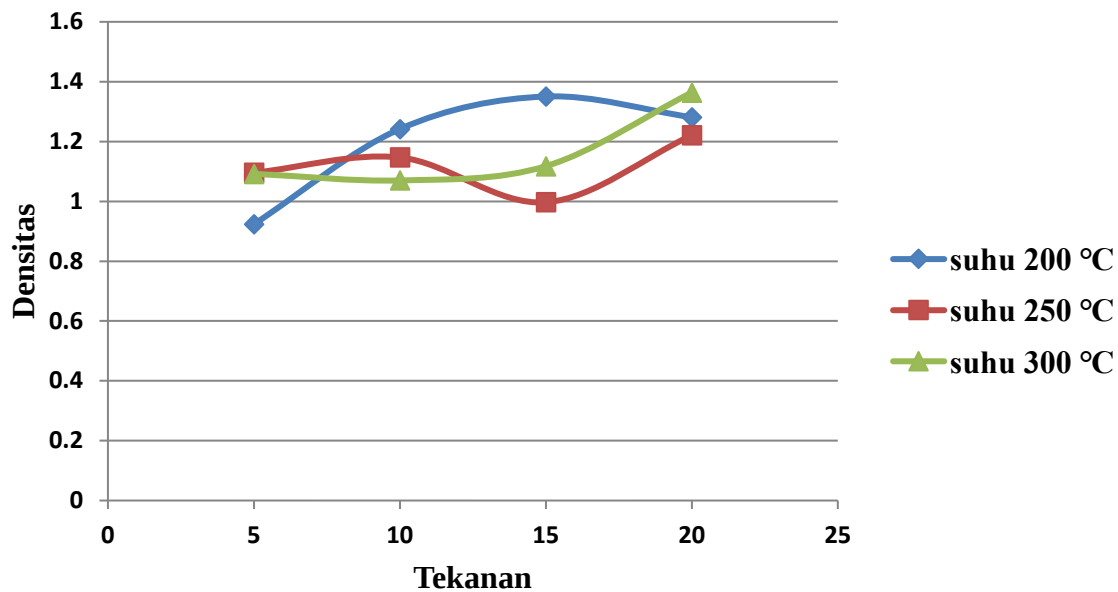
Tabel 6. Nilai Densitas Briket Sampah Organik Pada Suhu 300 °C

No.	Tekanan (MPa)	Massa Briket (gram)	Volume Briket (cm ³)	Massa Jenis ρ (gr / cm ³)
1	5	2,948	2,699694	1,091976
2	10	3,034	2,835813	1,069887
3	15	2,51	2,245964	1,11756
4	20	2,63	1,928353	1,363858

Dilihat dari nilai densitas yang didapat, bahwasannya nilai densitas berkisar antara 0,9 gr/cm³ - 1,3 gr/cm³. Briket sampah organik yang dihasilkan memiliki nilai densitas terendah adalah pada sampel briket dengan suhu 200 °C dan tekanan 5 MPa. Sedangkan untuk nilai densitas tertinggi terdapat pada sampel briket dengan suhu 300 °C dan tekanan 20 MPa.

Hasil uji densitas terlihat pada [Gambar 5](#), bahwa nilai densitas yang stabil naiknya yaitu pada suhu 300 °C dimana semakin tinggi suhu maka densitas semakin tinggi. Sedangkan nilai densitas pada suhu 200 °C dan suhu 250 °C tidak stabil dikarenakan pada suhu tersebut serbuk sampah organik belum mengalami perubahan struktur dan briket yang dicetak pada suhu tersebut belum mengalami perubahan warna yang signifikan. Serbuk sampah organik dalam bentuk mentah masih terlihat permukaan yang kasar yang terdiri dari serat-serat yang halus, namun ketika suhu meningkat terlihat permukaan yang kasar dan berserat ini akan semakin berkurang, tekstur yang berserat ini disebut *fibrous* yang cenderung menyebabkan densitasnya rendah. Sedangkan Ketika struktur ini mulai berkurang susunan partikel menjadi lebih padat sehingga densitas menjadi lebih tinggi dan begitu juga ketika temperature naik *volatile matter* yang ringan semakin berkurang meninggalkan material yang lebih berat. Analisis kadar volatil bertujuan untuk mengetahui jumlah zat (volatile matter) yang dapat menguap sebagai hasil dekomposisi senyawa-senyawa yang masih terdapat di dalam arang selain air. Tinggi rendahnya kadar zat volatil briket yang dihasilkan dipengaruhi oleh jenis

bahan baku, sehingga perbedaan jenis bahan baku berpengaruh nyata terhadap kadar zat volatil briket [18].



Gambar 5. Grafik Densitas

Volatile matter yang tinggi pada briket akan mempermudah proses pembakaran. Semakin banyak *volatile matter* pada briket mengakibatkan kadar *fixed carbon* menjadi semakin rendah. Efek kadar *volatile matter* yang tinggi akan menimbulkan asap yang relatif banyak pada saat briket dinyalakan [19].

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Pemberian tekanan sekaligus pemanasan pada briket membuat briket lebih padat tanpa adanya perekat, pembuatan briket dari sampah organik ini dapat mengurangi populasi sampah. Hasil pengambilan data dari sample briket menunjukkan semakin tinggi temperature maka semakin tinggi nilai densitas dari briket tersebut. Nilai densitas tertinggi dari briket adalah suhu 300 °C dengan tekanan 20 MPa dengan nilai 1,383858 g/cm³. Briket yang bagus adalah briket yang memiliki nilai densitas yang tinggi. Dapat dilihat pada grafik densitas briket suhu 300 °C memiliki garis grafik yang naik dimana semakin tinggi tekanan maka semakin tinggi nilai densitas.

Saran

Berdasarkan Penelitian yang telah dilakukan, penelitian ini hanya berfokus pada perbedaan tekanan dan temperatur saat proses pencetakan, dan juga densitas dari hasil briket. Oleh karena itu diharapkan untuk pengujian selanjutnya ada uji elemental briket sampah organik untuk melihat kandungan C (carbon), H (hidrogen), O (oksigen), N (nitrogen) pada briket sampah organik untuk melihat kandungan energinya.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] J. Kumar, K. Kumar, M. Petchimuthu, ... S. I.-M. T., and undefined 2021, "Comparative analysis of briquettes obtained from biomass and charcoal," *Elsevier*, Accessed: Apr. 06, 2023. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785320317089>

- [2] L. Parinduri and T. Parinduri, "Konversi Biomassa Sebagai Sumber Energi Terbarukan," *JET (Journal Electr. Technol.*, vol. 5, no. 2, pp. 88–92, 2020.
- [3] G. Zhi, C. Peng, Y. Chen, D. Liu, G. Sheng, and J. Fu, "Deployment of coal briquettes and improved stoves: Possibly an option for both environment and climate," *Environ. Sci. Technol.*, vol. 43, no. 15, pp. 5586–5591, Aug. 2009, doi: 10.1021/ES802955D.
- [4] H. Nurdin, W. Wagino, D. S.- Teknomekanik, and undefined 2022, "Characteristics of Calorific Value of Briquettes Made From Cymbopogon Citratus Waste As an Alternative Fuel," *teknomekanik.ppj.unp.ac.id*, vol. 5, no. 1, pp. 42–47, 2022, doi: 10.24036/teknomekanik.v5i1.12572.
- [5] D. Hendra, "Pembuatan Briket Arang Dari Campuran Kayu, Bambu, Sabut Kelapa Dan Tempurung Kelapa Sebagai Sumber Energi Alternatif," *J. Penelit. Has. Hutan*, vol. 25, no. 3, pp. 242–255, 2007, doi: 10.20886/jphh.2007.25.3.242-255.
- [6] P. Bergman, A. Boersma, ... J. K.-2nd W. C., and U. 2005, "Torrefaction for entrained-flow gasification of biomaBergman, P., Boersma, A., ... J. K.-2nd W. C., & 2005, undefined. (n.d.). Torrefaction for entrained-flow gasification of biomass. Publicaties.Ecn.Nl. Retrieved August 22, 2022, from <https://publicaties.e>," *publicaties.ecn.nl*, 2005, Accessed: Aug. 22, 2022. [Online]. Available: <https://publicaties.ecn.nl/PdfFetch.aspx?nr=ECN-RX--04-029#page=78>
- [7] J. J. Chew and V. Doshi, "Recent advances in biomass pretreatment – Torrefaction fundamentals and technology," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 15, no. 8, pp. 4212–4222, Oct. 2011, doi: 10.1016/J.RSER.2011.09.017.
- [8] B. Lela, M. Barišić, and S. Nižetić, "Cardboard/sawdust briquettes as biomass fuel: Physical-mechanical and thermal characteristics," *Waste Manag.*, vol. 47, pp. 236–245, 2019, doi: 10.1016/j.wasman.2018.10.035.
- [9] X. Luo, "Torrefaction of biomass – a comparative and kinetic study of thermal decomposition for Norway spruce stump, poplar and fuel tree chips," pp. 1–82, 2020.
- [10] Z. Wang, C. J. Lim, J. R. Grace, H. Li, and M. R. Parise, "Effects of temperature and particle size on biomass torrefaction in a slot-rec- tangular spouted bed reactor," *Bioresour. Technol.*, vol. 244, pp. 281–288, 2019, doi: 10.1016/j.biortech.2019.07.097.
- [11] W. W. Saputro, DD, "Karakterisasi limbah pengolahan kayu sengan sebagai bahan bakar alternatif," *scholar.archive.org*, vol. 14 1, 2021.
- [12] M. A. Aljarwi, D. Pangga, and S. Ahzan, "Uji Laju Pembakaran Dan Nilai Kalor Briket Wafer Sekam Padi Dengan Variasi Tekanan," *ORBITA J. Kajian, Inov. dan Apl. Pendidik. Fis.*, vol. 6, no. 2, p. 200, 2020, doi: 10.31764/orbita.v6i2.2645.
- [13] M. Fahlevi, W. Aryadi, S. S.-J. I. Mesin, and undefined 2019, "Pengaruh Variasi Komposisi Bahan Perikat Terhadap Karakteristik Fisik dan Mekanik Briket Limbah Organik," *journal.unnes.ac.id*, no. 1, 2019, Accessed: May 22, 2023. [Online]. Available: <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/jim/article/view/40244>
- [14] Y. i. Sukowati d., Ikma I., Dimyati M., Masturi, "BRIKET KULIT BAWANG PUTIH DAN BAWANG MERAH SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF RAMAH LINGKUNGAN," vol. 06, no. 01, pp. 1–7, 2020.
- [15] S. C. Bhattacharya, M. A. Leon, and M. M. Rahman, "A study on improved biomass briquetting," *Energy Sustain. Dev.*, vol. 6, no. 2, pp. 67–71, 2002, doi: 10.1016/S0973-0826(08)60317-8.
- [16] D. D. Saputro, P. D. W. Rengga, and Karnowo, "Karakterisasi Briket Dari Sampah Organik Di Lingkungan Kampus Unnes," *Saintekno*, vol. 10, no. 1, pp. 23–29, 2020.
- [17] W. W.-J. I. Mesin and undefined 2019, "Pengaruh ukuran partikel dan tekanan kompaksi terhadap karakteristik briket kayu jati," *journal.unnes.ac.id*, Accessed: May 23, 2023. [Online]. Available: <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/jim/article/view/40242>

- [18] Y. Ristianingsih, P. Mardina, A. Poetra, and M. Y. Febrida, "PEMBUATAN BRIKET BIOARANG BERBAHAN BAKU SAMPAH ORGANIK DAUN KETAPANG SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF," *J. Info Tek.*, vol. 14, no. 1, pp. 74–80, 2019.
- [19] achmad Arif Ichwani, "Pengaruh Tekanan Kompaksi dan Perekat terhadap Karakteristik Briket Limbah Daun Cengkeh," vol. 4, no. 2, pp. 2–7, 2020.