

Pemanfaatan Limbah Pelepah Kelapa Sawit dan Ampas Tebu sebagai Sumber Energi Biopellet dengan Perekat Tepung Tapioka

Jenius Halawa ^{a,1}, Ratna Sri Harjanti ^{b,2,*}

^{a,b} Politeknik LPP Yogyakarta, Indonesia;

¹ jeniusshalawa17@gmail.com ; ² rsh@polteklpp.ac.id

*Correspondent Author

Received:

Revised:

Accepted:

KATAKUNCI

Biopellet
Pelepah kelapa sawit
Ampas tebu
Karbonisasi
Perekat tepung tapioka

KEYWORDS

Biopellet
Oil palm fronds
Baggasse
Carbonization
Tapioca Flour Adhesive

ABSTRAK

Pelepah kelapa sawit dan ampas tebu merupakan biomassa hasil dari pabrik pengolahan kelapa sawit dan pabrik gula. Kedua biomassa tersebut dapat dijadikan biopellet sebagai bahan bakar energi terbarukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi pembuatan biopellet dari pelepah sawit dan ampas tebu, serta mengetahui komposisi bahan terbaik yang dapat menghasilkan biopellet yang memenuhi standar SNI No. 8021:2014. Pembuatan arang pelepah sawit dan ampas tebu dilakukan dengan proses karbonisasi pada suhu 400°C selama 4 jam. Sampel dibuat dengan perbandingan komposisi pelepah sawit dan ampas tebu yaitu: 80% : 20%; 70% : 30%; 60% : 40%; 50% : 50%. Campuran bahan baku ditambahkan dengan perekat tepung tapioka 15% dari berat campuran bahan baku. Biopellet yang telah dicetak dilakukan uji kadar air, kadar abu, kadar zat mudah menguap, dan nilai kalor. Kualitas biopellet dari semua uji analisa memenuhi standar SNI No 8021:2014 kecuali pada uji analisa kadar abu. Biopellet dengan komposisi 50% pelepah kelapa sawit dan 50% ampas tebu memiliki kualitas nilai kalor yang paling tinggi yaitu 5995,4589 kal/gram.

Abstract

Oil palm fronds and bagasse are biomass produced from palm oil and sugar processing waste. These both types of biomass can be used as biopellets as renewable energy fuel. This study aims to determine the potential for making biopellets from palm fronds and bagasse, as well as to find out the composition of the best ingredients that can produce biopellet that meet the Indonesian National Standard No. 8021:2014. The manufacture of palm frond charcoal and bagasse was carried out by the carbonization process at a temperature of 400°C for 4 hours. Samples were made by comparing the composition of palm fronds and bagasse as follows: 80% : 20%; 70% : 30%; 60% : 40%; and 50% : 50%. Mixture of raw materials was added with tapioca flour adhesive with the composition of 15% of the weight of the mixture of raw materials. The printed biopellets were tested for moisture content, ash content, volatile matter content, and calorific value. The quality of the biopellets from all analytical tests meets the SNI No. 8021:2014 except for the ash content analysis test. Biopellet with a composition of 50% oil palm fronds and 50% sugarcane bagasse has the highest calorific value quality, 5995,4589 cal/gram.

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Pendahuluan

Aktivitas perekonomian untuk menghasilkan produk di Indonesia membutuhkan energi yang tidak sedikit dalam setiap prosesnya. Berdasarkan data yang dikeluarkan oleh Dewan energi Nasional pada tahun 2019, bahwa total energi yang dikonsumsi tanpa memperhitungkan biomassa tradisional pada tahun 2018 mencapai sekitar 114 Million *Tonnes of Oil Equivalent* (MTOE) yang terdiri dari transportasi 40%, industri 36%, rumah tangga 16%, dan sektor lainnya 2%. Sebagian besar kebutuhan energi tersebut dipenuhi dengan mengandalkan sumber energi fosil. Sumber energi fosil ini, ikut menyumbang peningkatan emisi karbon dan gas rumah kaca serta bersifat tidak dapat diperbaharui [1]. Permintaan energi yang semakin meningkat mengakibatkan persediaan bahan bakar fosil menurun, sehingga mengalami kenaikan harga.

Sumber energi alternatif yang banyak dikembangkan saat ini ialah energi biomassa dengan ketersediaannya yang masih sangat banyak dan mudah diperoleh, sehingga dapat diperbaharui dengan cepat. Biomassa yang digunakan untuk bahan bakar merupakan biomassa yang memiliki nilai ekonomi rendah dan merupakan hasil ekstraksi produk primer [2]. Indonesia merupakan negara yang memiliki banyak potensi sumber energi baru terbarukan antara lain panas bumi, sinar matahari, tenaga angin, tenaga air, dan biomassa. Biomassa ini menempati urutan keempat yang dapat memenuhi sekitar 14% kebutuhan energi dunia [3]. Biomassa dapat dikonversi menjadi biopellet sehingga meningkatkan kualitasnya sebagai bahan bakar [4]. Pemanfaatan sumber energi biomassa memiliki keuntungan karena karbon biomassa bersifat netral sampai negatif, artinya CO₂ yang dihasilkan pada saat pembakaran dapat diserap kembali oleh tumbuhan dan dipergunakan dalam proses fotosintesis [5].

Kinerja perusahaan perkebunan, khususnya kelapa sawit mengalami peningkatan luas lahan yang mencapai 16,38 juta hektar pada akhir tahun 2019, hal ini berdasarkan Kepmentan No. 833 Tahun 2019 [6]. Luasnya perkebunan sawit dan banyaknya pabrik pengolahan kelapa sawit di Indonesia menyebabkan keberadaan pelepah sawit yang juga semakin banyak dan biomassa ini belum optimal penggunaannya. Pelepah sawit merupakan salah satu sumber energi yang memiliki potensi besar karena memiliki kandungan selulosa sebesar 43,89% , hemiselulosa 27,14% dan lignin 19,87 % [7].

Sementara itu, ampas tebu banyak dihasilkan oleh pabrik gula di Indonesia. Upaya pemerintah untuk mewujudkan swasembada gula meningkatkan produktivitas perkebunan tebu yang mencapai 2,2 juta ton pada akhir tahun 2019, ini berdasarkan Direktorat Jenderal Perkebunan [8]. Ampas tebu yang dihasilkan oleh pabrik gula merupakan hasil samping dari proses pemerahan. Pabrik gula menghasilkan ampas tebu sekitar 35-40 % dari berat tebu yang telah digiling [9]. Menurut rumus Pritzelwitz [10], tiap kilogram ampas tebu memiliki kandungan gula sekitar 2,5% dengan nilai kalor sebesar 1.825 kkal.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi pemanfaatan pelepah kelapa sawit dan ampas tebu menjadi biopellet dengan penambahan larutan tepung kanji sebagai perekat. Selain itu, penelitian ini juga ditujukan untuk mengetahui perbandingan komposisi bahan yang memberikan hasil optimal dilihat dari kualitas nilai kalor yang dihasilkan. Biopellet yang dihasilkan akan dibandingkan dengan karakteristik biopellet menurut SNI No. 8021:2014 [11].

Biopellet merupakan salah satu jenis bahan bakar padat yang dibuat dari limbah organik dengan ukuran yang lebih kecil dibandingkan dengan ukuran briket [12]. Produksi biopellet pertama kali dilakukan di Swedia pada tahun 1980 [13]. Pada pembuatan biopellet ini biasanya ditambahkan perekat tapioka dan sagu, karena kedua bahan ini relatif mudah diperoleh, harganya relatif murah, dan dapat memberikan daya rekat yang tinggi. Namun penggunaan perekat ini tidak boleh terlalu banyak, dikarenakan akan meningkatkan kadar air dalam biopellet. Hal ini akan mengurangi nilai pembakaran biopellet [14]. Faktor utama yang mempengaruhi ketahanan dan kekuatan pellet adalah kadar air, bahan baku, ukuran partikel, perekat, kondisi pengempaan, alat densifikasi serta perlakuan setelah proses produksi [15].

Metode

Pelepah kelapa sawit dan ampas tebu dibersihkan dari pengotor. Bahan baku dikeringkan di bawah sinar matahari untuk mengurangi kadar airnya. Pelepah kelapa sawit dan ampas tebu yang sudah dikeringkan kemudian dikarbonisasi. Proses karbonisasi dilakukan pada suhu 400°C selama 4 jam. Hasil karbonisasi didinginkan, kemudian ditumbuk menggunakan mortar dan diayak dengan ukuran 60 mesh untuk mendapatkan ukuran yang seragam, kemudian disimpan dalam wadah tertutup. Sampel yang sudah diayak kemudian dicampurkan dengan kombinasi pelepah sawit dan ampas tebu yakni 80% : 20%; 70% : 30%; 60% : 40%; 50% : 50%. Campuran yang dibuat dengan berat 50 gram kemudian ditambahkan perekat larutan tepung tapioka sebanyak 15% dari berat total bahan baku yang digunakan. Perekat larutan tepung tapioka dibuat dengan cara memasak tepung tapioka dengan air menggunakan perbandingan 1:10 pada suhu 70°C sampai terbentuk gel. Perekat tepung tapioka yang sudah jadi dicampur dengan arang pelepah sawit dan arang ampas tebu sesuai dengan komposisinya, lalu diaduk hingga merata sampai terbentuk adonan. Hasil adonan biopellet dimasukkan ke dalam cetakan pipa paralon berbentuk silinder dengan diameter 1,5 cm dengan panjang 3 cm. Biopellet kemudian dipadatkan, setelah itu dikeringkan dalam oven selama satu jam pada suhu 110°C agar kadar air yang masih terkandung dalam biopellet berkurang. Uji Analisa yang akan dilakukan sesuai dengan SNI 8021:2014, antara lain uji kadar air, kadar abu, kadar zat mudah menguap, dan uji nilai kalor.

Hasil dan Pembahasan

1. Proses Karbonisasi

Karbonisasi adalah metode yang digunakan untuk menghasilkan arang pada pelepah kelapa sawit dan ampas tebu, proses karbonisasi dilakukan dengan wadah tertutup rapat supaya oksigen yang dihasilkan dari proses pembakaran sedikit. Proses karbonisasi juga merupakan proses penghilangan selulosa, hemiselulosa dan lignin yang terkandung didalam biomassa sehingga hanya dihasilkan arang untuk memperoleh nilai kalor yang tinggi dan mendapatkan kualitas biopellet yang sangat baik dan bagus yang akan digunakan untuk keperluan industri dan rumah tangga. Karbonisasi dilakukan pada suhu 400°C selama kurang lebih 4 jam sampai dihasilkan arang yang berwarna hitam. Hasil dari karbonisasi pada penelitian ini diperoleh arang dari pelepah kelapa sawit dan ampas tebu masing-masing sebanyak 600 gram dan 420 gram.

2. Pembuatan Perekat

Pemilihan perekat tepung tapioka pada penelitian ini dikarenakan mudah didapat dan harganya relatif terjangkau, selain itu juga dikarenakan perekat tepung tapioka ini memiliki daya rekat yang lebih tinggi dibandingkan dengan perekat lainnya. Tepung tapioka memiliki kadar amilopektin yang tinggi yaitu 83% dan amilosa 17 %. Kandungan amilosa pada tepung tapioka memberikan efek keras dan kandungan amilopektinnya memberikan efek lengket [16].

3. Pembuatan Biopellet

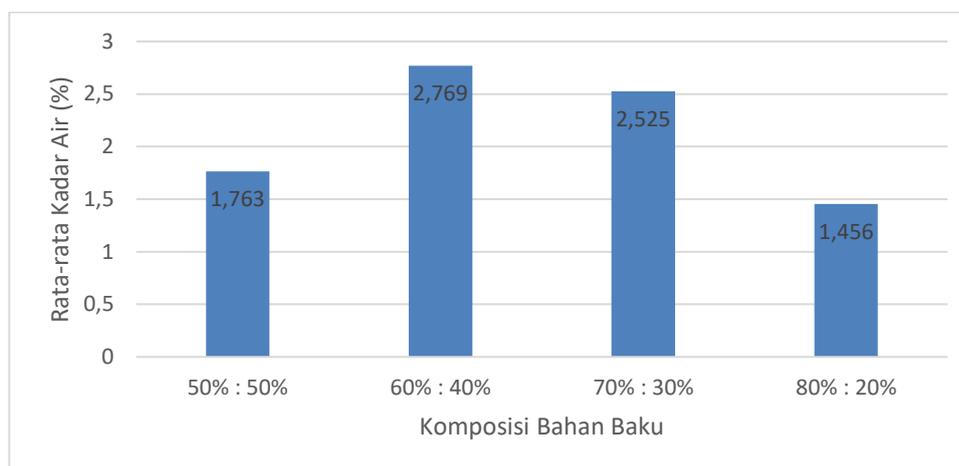
Proses pencampuran dilakukan dengan mencampurkan 50 gram bahan arang dan 7,5 gram perekat tepung tapioka. Pembuatan biopellet dilakukan secara manual. Berat biopellet yang dihasilkan rata-rata 4 gram per sampel biopellet. Hasil biopellet yang sudah dicetak kemudian dilakukan pengujian sesuai standar SNI 8021:2014 untuk melihat kualitas biopellet yang dibuat dari kombinasi arang pelepah kelapa sawit dan aram ampas tebu. Standar yang digunakan sebagai pembanding sebagai berikut:

Tabel 1. Standar Biopelet SNI 8021:2014

Parameter	Satuan	Persyaratan
Kadar Air	%	Maksimal 12
Kadar Abu	%	Maksimal 1,5
Zat yang mudah menguap	%	Maksimal 80
Nilai kalor	Kal/gram	Minimal 4000

4. Kadar Air

Kadar air merupakan persentase kandungan air pada suatu bahan yang dapat dinyatakan dalam berat basah. Air di dalam biopelet merupakan salah satu komponen yang sangat penting karena akan mempengaruhi jumlah asap yang dihasilkan, laju pembakaran, dan daya simpan biopelet. Tingginya kadar air pada biopelet akan mempengaruhi kualitas nilai kalor dan menyebabkan asap yang dihasilkan menjadi banyak saat dibakar. Uji Analisa dilakukan selama satu jam pada suhu 110°C sampai diperoleh kadar air yang konstan. Nilai kadar air yang diperoleh pada pengujian sampel sebagai berikut:

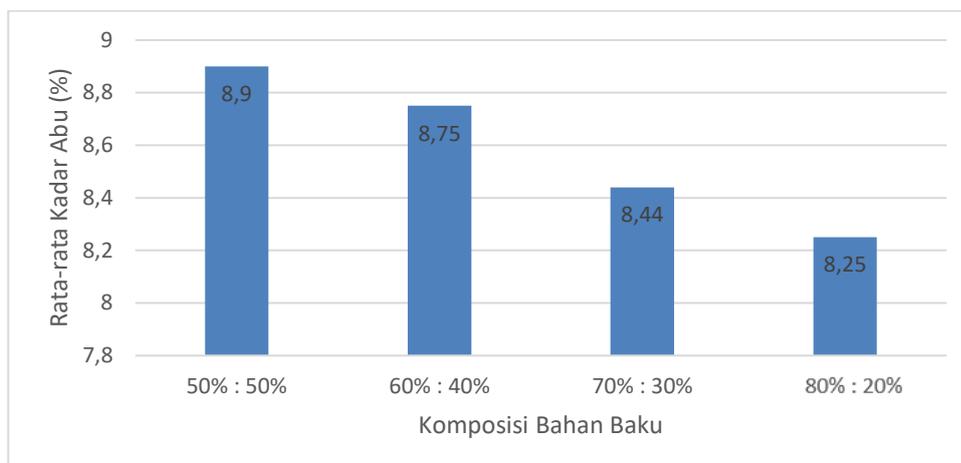


Gambar 1. Nilai Kadar Air pada Biopelet dari Arang Pelelah Kelapa Sawit dan Arang Ampas Tebu

Kualitas biopelet dengan kadar air paling rendah terdapat pada perlakuan 80% : 20% yaitu sebesar 1,456%, hal ini disebabkan karena penambahan pelelah kelapa sawit dapat mengurangi nilai kadar air pada produk biopelet, sedangkan kadar air paling tinggi terdapat pada perlakuan 60% : 40% yaitu sebesar 2,769%, hal ini karena penggunaan perekat juga berpengaruh dengan besarnya nilai kadar air. Perbedaan persentase setiap komposisinya bisa terjadi karena pengaruh proses karbonisasi, karena jika proses karbonisasi tidak sempurna, maka kandungan air di dalam bahan masih ada dan ditambah lagi dengan kandungan air dari perekat yang ditambahkan. Berdasarkan hasil tersebut, nilai kadar air yang diperoleh masih di bawah batas maksimal yang diperkenankan dalam standar SNI 8021:2014.

5. Kadar Abu

Kadar abu adalah bahan sisa dari proses pembakaran yang tidak memiliki nilai kalor maupun tidak memiliki unsur karbon. Nilai kadar abu ini dipergunakan untuk mengetahui banyaknya bahan yang tidak terbakar dan menjadi abu. Kadar abu yang terdapat pada biopelet akan mempengaruhi kemampuan pembakaran biopelet Ketika digunakan, apabila kadar abunya tinggi, maka akan semakin sebentar waktu pembakaran. Nilai rata rata hasil pengujian kadar abu pada biopelet yang dihasilkan dalam penelitian ini seperti pada gambar berikut:

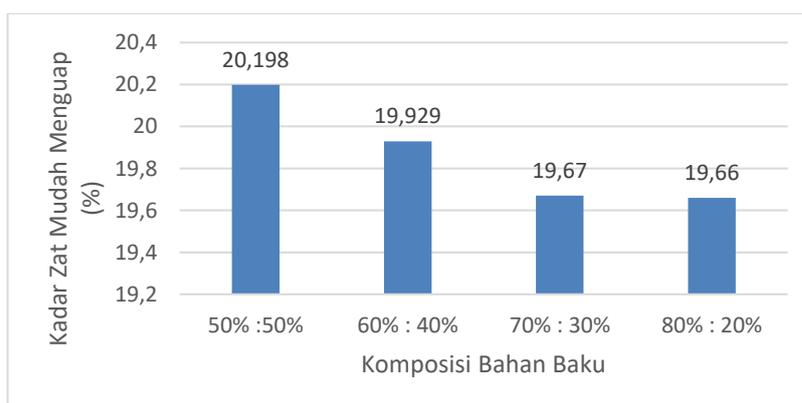


Gambar 2. Nilai Kadar Abu pada Biopelet dari Arang Pelepah Kelapa Sawit dan Arang Ampas Tebu

Berdasarkan di atas, dapat diketahui bahwa nilai rata-rata kadar abu yang dihasilkan melebihi batas maksimal kadar abu yang diijinkan pada SNI. Tingginya kadar abu dapat dipengaruhi oleh suhu dan waktu karbonisasi serta bahan baku yang digunakan. Ampas tebu memiliki kandungan silika yang sangat tinggi yaitu 68,5%, sedangkan pada kelapa sawit 1,34%. Semakin tinggi kadar abu yang dihasilkan maka semakin rendah kualitas biopelet yang dihasilkan. Adanya kandungan abu yang tinggi akan menyebabkan panas yang dihasilkan akan menurun karena adanya penumpukan abu pada saat pembakaran berlangsung sehingga dapat memberi dampak negatif pada biopelet yang dihasilkan [1].

6. Kadar Zat Mudah Menguap

Kadar zat mudah menguap merupakan persentase berat yang hilang pada biopelet ketika biopelet dipanaskan dengan tidak menggunakan udara dari luar. Kadar zat mudah menguap dapat diartikan sebagai zat aktif yang dapat mempercepat proses pembakaran pada produk biopelet. Nilai rata-rata kadar zat mudah menguap pada biopelet yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



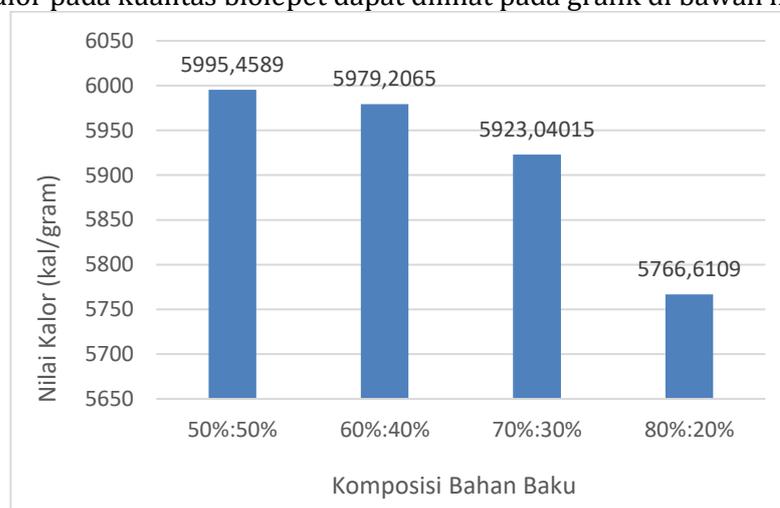
Gambar 3. Nilai Kadar Zat Mudah Menguap pada Biopelet dari Arang Pelepah Kelapa Sawit dan Arang Ampas Tebu

Hasil analisis komposisi untuk kualitas zat mudah menguap diperoleh bahwa nilai rata-rata kadar zat mudah menguap berkisar antara 19,660 – 20,198%. Hasil dari kadar zat mudah menguap yang diperoleh menyatakan bahwa kualitas biopelet yang dihasilkan semuanya

memenuhi standar SNI yaitu sebesar max 80%. Kadar zat mudah menguap yang dihasilkan dapat dijadikan acuan untuk mengukur banyaknya asap yang dihasilkan pada pembakaran. Semakin tinggi kadar zat mudah menguap dari bahan bakar biopellet, maka jumlah asap yang dihasilkan akan semakin tinggi. Proses karbonisasi dapat mengurangi kadar zat mudah menguap yang dihasilkan, karena tidak adanya oksigen pada saat proses karbonisasi yang dapat mengakibatkan hilangnya komponen zat mudah menguap pada bahan, sehingga karbon yang terbentuk kualitasnya baik.

7. Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan salah satu parameter penting dalam melihat kualitas biopellet yang dihasilkan. Nilai kalor juga dapat diartikan sebagai panas yang dilepaskan dari pembakaran sebuah bahan bakar. Produk yang dihasilkan dari proses pembakaran yaitu berupa abu, gas CO₂, SO₂, Nitrogen dan air, tetapi tidak termasuk air yang menjadi uap. Pengujian nilai kalor bertujuan untuk mengetahui kualitas nilai panas pembakaran biopellet. Bila nilai kalor yang dihasilkan semakin tinggi, maka kualitas bahan bakar biopellet yang didapat juga semakin baik. Rata-rata nilai kalor pada kualitas biopellet dapat dilihat pada grafik di bawah ini:



Gambar 4. Nilai Kalor pada Biopellet dari Arang Pelelah Kelapa Sawit dan Arang Ampas Tebu

Nilai kalor juga dipengaruhi oleh kadar air yang terdapat pada bahan baku dan perekat yang digunakan, karena jika kadar air dalam bahan baku dan perekat yang digunakan sedikit maka nilai kalor dan laju pembakaran yang dihasilkan semakin tinggi. Akan tetapi, jika kadar airnya tinggi maka nilai kalor dan laju pembakarannya akan semakin rendah. Dari data di atas menunjukkan bahwa penambahan komposisi yang tepat antara pelelah kelapa sawit dan ampas tebu yang menghasilkan nilai kalor yang tinggi yaitu pada komposisi 50%:50%.

Nilai kalor yang dihasilkan berbanding terbalik dengan kadar air, kadar abu, dan kadar zat mudah menguap yang dihasilkan. Perlakuan komposisi 50% pelelah sawit dan 50% ampas tebu di semua analisa berpengaruh pada nilai kalor yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan faktor kadar lignin yang ada pada bahan baku. Kadar lignin yang tinggi pada bahan baku akan menaikkan nilai kalor yang dihasilkan, ini yang menyebabkan hasil yang didapatkan berbanding terbalik dengan analisa lainnya. Hasil dari data di atas menunjukkan bahwa nilai kalor dalam campuran bahan baku pelelah kelapa sawit dan ampas tebu memenuhi kualitas dari standar SNI yaitu minimal 4000 kal/gram.

Simpulan

Limbah pelelah kelapa sawit dan ampas tebu dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biopellet yang *renewable*. Hasil pengujian kualitas menunjukkan bahwa biopellet

yang dihasilkan dari campuran komposisi antara arang pelepah kelapa sawit dan arang ampas tebu pada semua komposisi telah memenuhi kualitas standar SNI 8021:2014, kecuali pada kadar abu. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk dapat menurunkan kadar abu yang dihasilkan.

Daftar Pustaka

- [1] Herianto, Santoso, M., Simatupang, R.Y., Supriyati, W., Mujaffar, A. "Karakteristik Pelet Serbuk Gergaji Tiga Jenis Kayu Limbah Industri Mebel sebagai Energi Alternatif Terbarukan". Jurnal Hutan Tropika. vol. 16, no. 2. pp. 167-174. 2021, doi: <https://doi.org/10.36873/jht>.
- [2] El Bassam n. dan P. Maigard. 2004. *Integrated Renewable energy or Rural Communities. Planning Guidelines Technologies and Applieations Elsevier*. Amsterdam. Diunduh pada 2 Februari 2022. Available on: https://www.researchgate.net/publication/223261909_Combustion_Characteristics_of_Different_Biomass_Fuels
- [3] Demirbas, A. "Combustion Characteristics of Different Biomass Fuels". *Progress in energy and Combustion Science*. vol. 30, no. 2. pp. 219-230. 2004, doi: <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2003.10.004>.
- [4] Hendra, D. "Rekayasa Pembuatan Mesin Pellet Kayu dan Pengujian Hasilnya". *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. vol. 30, no. 2. pp.144-154. 2012, doi: <https://doi.org/10.20886/jphh.2012.30.2.144-154>
- [5] Hasna, A.H., J.P.G. Sutapa dan Denny, I. "Pengaruh Ukuran Serbuk dan Penambahan Tempurung Kelapa Terhadap Kualitas Pelet Kayu Sengon". *Jurnal Ilmu Kehutanan*. Vol.13. pp. 170-180. 2019, doi: <https://doi.org/10.22146/jik.52428>.
- [6] Direktorat Jenderal perkebunan. 2019. *Luas Perkebunan Kelapa Sawit 2019*. Departemen Pertanian
- [7] Padil, A., Yelminda, dan Masfika, C. "Optimasi Hidrolisis Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Ekstrak Abu TKS Menggunakan Rancangan Percobaan Response Surface Methode". *Jurnal Sains dan Teknologi*. Vol. 10. no. 1. Pp. 42-46. 2011.
- [8] Direktorat Jenderal Perkebunan. 2019. *Produksi Tebu Menurut Provinsi di Indonesia, 2017-2021*. <https://www.pertanian.go.id>.
- [9] Miskah, S., Anggun, L., Eka, P.D. "Pengaruh Variasi Komposisi Jumlah Campuran Perekat Tepung Tapioka dan Semen Terhadap Pembuatan Biobriket Ampas Tebu". *Jurnal Teknik Kimia*. Vol. 22. No. 4. Pp. 11-18. 2016. <https://123dok.com/document/zw04p4gy-pengaruh-variiasi-jumlah-campuran-perekat-tapioka-pembuatan-biobriket.html>
- [10] Braymand, B. L., Nirwan, A., Usman. 2021. "Analisis Potensi Ampas Tebu Sebagai Pembangkit Listrik Biomassa di Pabrik Gula Takalar". *Prosiding Seminar Nasional Teknik elektro dan Informatika*. Makasar, 21 September 2021. Available on: <file:///C:/Users/msi730/Downloads/2824-7564-1-PB.pdf>.
- [11] Badan Standardisasi Nasional. 2014. *Pelet Kayu SNI 8021:2014*. Available on: <file:///C:/Users/msi730/Downloads/12%20Pelet%20kayu.pdf>.
- [12] Windarwati, S. 2011. "Biopellet, Alternatif Pemanfaatan Biomassa" . *Seminar Nasional Teknologi Kimia Kayu*. Bogor. Diunduh pada 20 Februari 2022. Available on: http://kms.ipb.ac.id/2495/1/27-09-2011_Biopellet_Alternatif_Pemanfaatan_Biomassa.pdf
- [13] Wida, B.K. dan Sasa, S.M. "Prospect of Biopellet as an Alternative Energy to Substitute Solid Fuel Based. *Energy Procedia*. Vol 47. Pp. 303-309. 2014, doi: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.01.229>.
- [14] Zamirza F. 2009. *Pembuatan Biopellet dari Bungkil Jarak Pagar (Jathropa curcas L.) dengan Penambahan Sludge dan Perekat Tapioka*. (Skripsi): Fakultas Terkonologi Pertanian IPB, Bogor.
- [15] Johannes, L., Jose Pereira, da Silva., Christoph, S., Thomas, N., Wolfgang, Z., Bruno, G. "Nutrient Availability and Leaching in an Archeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: Fertilizer, Manure and Charcoal Amendments. *Plant and Soil*. Vol. 249. Pp. 343-357. 2003.

Doi: <https://doi.org/10.1023/A:1022833116184>.

- [16] Lina, L., Aripin, Tanti, Zainudin, Sukmawati, Marliani. "Analisis Kualitas Briket Arang Tongkol Jagung yang Menggunakan Bahan Perekat Sagu dan Kanji". *Jurnal Aplikasi Fisika*. Vol. 6. No. 2. Pp. 93-96. 2010. Available on: [https://jaf-unhalu.webs.com/5_JAF-agustus_10_\(Lina_Lestari,_Aripin\).pdf](https://jaf-unhalu.webs.com/5_JAF-agustus_10_(Lina_Lestari,_Aripin).pdf).