

Nilai Uji Proksimat Limbah Biomassa Yang Dikarbonisasi *Biomass Waste Proximate Test Value Carbonized*

Khoirul Fahmi ¹⁾, Mokh. Hairul Bahri ²⁾, Rohimatush Shoffiyah ³⁾

¹Mahasiswa Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muammadiyah Jember
email:khoirulami811@gmail.com

²Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muammadiyah Jember
email:mairulbahri@unmuhjember.ac.id

³Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muammadiyah Jember
email:rshoffiyah@unmuhjember.ac.id

Abstrak

Energi merupakan salah satu komoditas yang sangat penting keberadaannya bagi manusia. Konsumsi energi nasional terbesar didominasi oleh sektor industri yaitu sebesar 45% diikuti oleh sektor transportasi sebesar 37% dan sisanya di konsumsi untuk sektor rumah tangga, komersial, serta sektor lainnya. Pada penelitian ini dilakukan uji analisa proksimat pada tiga limbah biomassa, yaitu; limbah jerami padi, limbah ampas tebu, dan batang jagung, dengan menggunakan metode pembakaran pirolisis untuk mengetahui kadar abu, kadar karbon terikat, dan nilai kalori. Setelah dilakukan pembakaran pada 3 limbah biomassa dengan metode pirolisis pada suhu 500°C selama 1 jam, maka diperoleh 3 jenis sampel bioarang jerami padi, serat tebu dan batang jagung, yang selanjutnya diuji analisa proksimat. Kadar abu tertinggi terdapat pada bioarang jerami padi dengan nilai 56,1844%, Sedangkan kadar abu terendah terdapat pada bioarang ampas tebu 3,8079%, Untuk kadar karbon terikat tertinggi terdapat pada bioarang ampas tebu dengan nilai 67,3017%, Sedangkan kadar karbon terendah terdapat pada bioarang jerami padi dengan nilai 27,7628%, Untuk nilai kalori tertinggi terdapat pada bioarang ampas tebu dengan nilai 5799,1251 Kal/gr.

Kata Kunci : Biomassa, Karbonisasi, Limbah, Nilai Kalori dan Uji Proksimat

Abstract

Energy is a very important commodity for humans. The largest national energy consumption is dominated by the industrial sector, namely 45%, followed by the transportation sector at 37% and the remaining consumption is for the household, commercial and other sectors. In this study, proximate analysis tests were carried out on three biomass wastes, namely; rice straw waste, sugarcane bagasse waste, and corn stalks, using the pyrolysis combustion method to determine ash content, bonded carbon content, and calorific value. After burning the 3 biomass wastes using the pyrolysis method at a temperature of 500oC for 1 hour, 3 types of biochar samples were obtained from rice straw, sugarcane fiber and corn stalks, which were then tested for proximate analysis. The highest ash content was found in rice straw biochar with a value of 56.1844%, while the lowest ash content was found in sugarcane bagasse biochar 3.8079%. The highest bound carbon content was found in bagasse biochar with a value of 67.3017%, while the lowest carbon content found in bagasse biochar with a value of 67.3017%, while the lowest carbon content is found in bagasse biochar with a value of 67.3017%, while the lowest carbon content is found in bagasse biochar with a value of 67.3017%, while the lowest carbon content is found in bagasse biochar with a value of 67.3017%. It is found in rice straw biochar with a value of 27.7628%. The highest calorific value is found in sugarcane bagasse biochar with a value of 5799.1251 Cal/gr.

Keywords: Biomass, Carbonization, Waste, Proximate Test and Calorie Value.

1. PENDAHULUAN

Energi merupakan salah satu komoditas yang sangat penting keberadaannya bagi manusia. Contoh penggunaannya dalam sehari-hari seperti ; listrik, kebutuhan rumah tangga, kebutuhan pekerjaan, hingga alat transportasi. Berdasarkan kementerian energi di tahun 2022, konsumsi energi nasional terbesar didominasi oleh sektor industri yaitu sebesar 45% diikuti oleh sektor transportasi sebesar 37% dan sisanya di konsumsi untuk sektor rumah tangga, komersial, serta sektor lainnya. Berdasarkan data tersebut, maka dibutuhkan adanya energi baru terbarukan sebagai energi alternatif dan solusi kebutuhan energi yang tiap tahun semakin meningkat. (DEN, 2021)

Berdasarkan data dari badan pusat statistik di tahun 2024, jumlah luas panen untuk tanaman pangan di Indonesia tahun 2023 sekitar 10.196.887 Ha. Pada sektor pertanian banyak sekali limbah yang dihasilkan seperti jerami padi dan ampas tebu. Selama ini pemanfaatan limbah pertanian tersebut biasanya diolah untuk pakan ternak, atau dibakar dan dibiarkan begitu saja. (Badan Pusat Statistik, 2024)

Jerami padi adalah sisa dari pertanaian dari proses pemanenan tanaman padi. Jerami padi pada lingkungan peternakan biasa menjadi pakan ternak karena mengandung karbohidrat, protein dan mineral. Berdasarkan data dari badan pusat statistik di tahun 2024, Untuk hasil panen padi di Indonesia tahun 2023 mencapai 53.625.540ton (Badan Pusat Statistik, 2024).

Batang jagung adalah sisa dari pertanian dari sisa pemanenan jagung. Batang jagung biasanya di lingkungan sekitar hanya diperuntukan untuk pakan ternak dan dijadikan kayu bakar. Berdasarkan data dari badan pusat statistik di tahun 2024, untuk hasil panen jagung pipilan sekitar 2.487.191 ton.

Ampas tebu meupakan bahan sisa dari batang tebu yang telah mengalami ekstraksi. Ampas tebu sebagian besar yang berada di dalam pabrik langsung di peruntukan untuk bahan bakar dari ketel untuk peroses

pembuatan gula. Berdasarkan data dari badan pusat statistik di tahun 2024, di Indonesia pada tahun 2023 memiliki perkebunan tebu seluas 504.800 Ha.(Badan Pusat Statistik, 2024).

Berdasarkan data tersebut kita dapat menyimpulkan bawa hasil pertanian kita sangat melimpah. Dari melimpahnya hasil sisa pertanian diatas bisa kita manfaatkan sebagai energi alternatif masa depan. Maka dari itu kita perlu mengadakan penelitian lagi mengenai limba pertanian ini. Bioarang adalah arang yang berasal dari limbah pertanian yang dipanaskan dengan sedikit adanya oksigen maupun tanpa oksigen yang dinamakan dengan proses pirolisis.

Pada penelitian ini menggunakan analisa proksimate dari batang jagung, ampas tebu dan jerami padi dengan suhu yang sama. Dari penelitian ini kita pencari uji kadar abu, kadar karbon dan nilai kalor. Dari semua anasis kita mengikuti Standard Nasional Indonesia(SNI). Standarisasi bioarang merupakan baku mutu terhadap kualitas arang yang terbuat dari biomassa. Standarisasi yang digunakan untuk perbandingan dalam kualitas kandungan bioarang berasal dari negara Indonesia sendiri ataupun dari luar negeri.(Hastuti et al., 2015)

Adapun rincian standarisasi yang pada umumnya diterapkan adalah sebagai berikut :

- 1) SNI 01-1683-1989 (Arang kayu)
- 2) SNI 01-1506-1989 (Arang kayu peleburan logam)
- 3) SNI 06-4369-1996 (Bubuk arang tempurung kelapa)
- 4) SNI 01-6235-2000 (Briket arang kayu)
- 5) Negara Amerika
- 6) Negara Eropa
- 7) Negara Jepang
- 8) Negara Inggris
- 9) Negara Malaysia

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Biomassa

Biomassa dikenal pula dengan istilah “fitomassa” dan umumnya dipahami sebagai bioresource atau sumber daya yang berasal dari makhluk hidup. Biomassa merupakan limbah padat yang dapat digunakan sebagai

bahan bakar. Energi biomassa berpotensi menjadi alternatif untuk menggantikan bahan bakar fosil (minyak bumi) karena karakteristiknya yang dapat diperbarui dan relatif rendah kandungan sulfur, sehingga tidak menimbulkan pencemaran udara. (Sugiharto & Firdaus, 2021)

Biomassa bisa dimanfaatkan melalui proses pengolahan, salah satunya adalah dengan mengubahnya menjadi briket arang. Ada beberapa elemen yang memengaruhi karakteristik briket arang, seperti densitas bahan bakar atau densitas serbuk arang, tingkat kehalusan serbuk, suhu saat karbonisasi, dan tekanan saat pencetakan. Namun, untuk memaksimalkan penggunaannya, biomassa yang akan dipakai perlu menjalani beberapa proses pengolahan terlebih dahulu sehingga siap menjadi briket biomassa. Briket biomassa terdiri dari gumpalan atau batang yang terbuat dari materi biomassa (bahan yang mudah lapuk). Sebenarnya, biomassa adalah bahan yang lunak yang, lewat proses tertentu, diolah menjadi arang yang keras. Kualitas biomassa ini tidak kalah dibandingkan dengan batubara atau jenis bahan bakar arang lainnya (Rumiyanti et al., 2018).

B. Jerami Padi

Jerami padi dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk memproduksi bahan bakar, panas, atau listrik melalui berbagai proses termal-kimia, fisika, atau biologi. Saat ini, cara yang paling sering digunakan untuk mengkonversi jerami padi secara termal adalah dengan membakar langsung di lahan terbuka. Faktor utama yang mendorong pembakaran jerami padi adalah biaya yang rendah dan kurangnya tenaga kerja. Pembakaran sering terjadi karena penggunaan mesin pemanen combine yang membuat jerami berserakan dan sulit untuk dikumpulkan.

Pembakaran jerami dapat membantu mengendalikan gulma, hama dan penyakit. Efek negatif pembakaran meliputi kehilangan unsur hara, penipisan bahan organik tanah, dan pengurangan biota tanah. Jerami yang terbakar di lahan juga menyebabkan emisi gas rumah kaca (GRK) dan polutan seperti CH₄,

SO₂, NO_x, HCl, dioksin, dan furan hingga debu kasar (PM₁₀) dan debu halus (PM_{2.5}) yang mempengaruhi kualitas udara regional (Haryanto et al., 2020).

C. Batang Jagung

Batang jagung adalah bagian dari tanaman jagung yang memiliki struktur batang tunggal, dengan bentuk silindris yang terdiri dari beberapa ruas dan buku ruas. Di setiap buku ruas, terdapat tunas yang kemudian bertumbuh menjadi tongkol. Dua tunas di bagian atas tumbuh menjadi tongkol yang menghasilkan biji. Batang mengandung tiga jenis jaringan utama, yaitu epidermis, jaringan pembuluh, dan bagian tengah batang. Jaringan pembuluh tersusun dalam lingkaran konsentris dengan kepadatan yang tinggi, dimana lingkaran ini mengarah menuju perikarp yang berdekatan dengan epidermis. Kepadatan jaringan mulai menurun saat mendekati bagian tengah batang.

Batang jagung mempunyai antara 10 hingga 40 ruas. Umumnya, tanaman jagung tidak memiliki cabang. Ketinggian jagung biasanya antara 1,5 hingga 2,5 meter dengan pelepah daun yang tersusun berselang dari setiap buku, yang terlihat dengan jelas. Bagian atas batang memiliki bentuk silindris, sedangkan bagian bawah batang agak pipih dan bulat (Albary dan Endar 2022).

D. Ampas Tebu

Ampas tebu mengandung selulosa dan lignit. Memiliki panjang seratnya antara 1,7 sampai 2 mm dengan diameter sekitar 20 mikro. *Bagasse* mengandung air 48-52% dan serat *bagasse* tidak dapat larut dalam air dan sebagian serat terdiri atas selulosa, pentosan dan lignin. Pemanfaatan ampas tebu menjadi arang mempunyai prospek yang bagus dan ekonomis untuk dikembangkan. Arang ampas tebu yang dibuat melalui tahap pirolisis (proses karbonisasi) pada suhu tertentu. Komposisi ampas tebu terdiri dari 50% selulosa, 25% hemiselulosa, 25% lignin (Asyifa et al., 2019).

E. Pirolisis

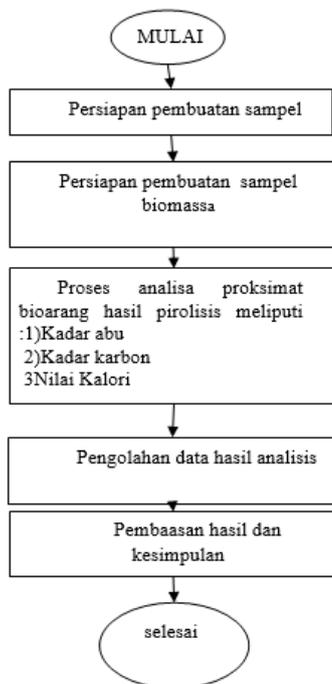
Teknologi pirolisis telah menjadi perhatian para peneliti saat ini dalam hal merubah biomassa menjadi bahan bakar. Pirolisis

biomassa merupakan teknologi yang efektif dalam proses pembakaran biomassa dan gasifikasi. Pirolisis merupakan dekomposisi atau penguraian bahan kimia organik dengan proses pemanasan tanpa keberadaan oksigen atau pereaksi lainnya. Di mana struktur kimia Bahan baku (*raw material*) akan mengalami pemecahan menjadi fase gas. Proses pirolisis akan menghasilkan tiga komponen yaitu komponen dengan fase cair, gas dan padat. (Darajat et al., 2021)

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini termasuk metode penelitian eksperimen yang bermaksud untuk mengetahui pengaruh variabel independen (treatment/ perlakuan) terhadap variabel dependen (hasil) dalam kondisi yang terkendalikan. Kondisi dikendalikan agar tidak ada variabel lain (selain variabel treatment) yang memengaruhi variabel dependen (hasil) Bahri, M. H. (2024).

Penelitian ini dimulai dengan mempersiapkan sampel limbah biomassa jerami padi dan ampas tebu yang dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Jember. Adapun prosedur yang harus disipkan ditunjukkan pada gambar 1



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Sumber: Data Penelitian, 2024.

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan kemudian melakukan proses Analisa dan pengolahan data. Adapun alat dan bahan yang di siapkan adalah :

- a) Limbah biomassa jerami padi
- b) Limbah biomassa batang jagung
- c) Limbah biomassa ampas tebu
- d) Pisau

- a) Wadah
 - b) Unit pirolisis
- Setela

A. Variabel Penelitian

Variabel penelitian ini terdiri dari variabel terikat dan variabel bebas yaitu :

Variabel terikat

- a) Limbah yang digunakan adalah jerami padi, batang jagung dan ampas tebu
- b) Temperatur pada proses pirolisis sebesar 500°C

Variabel bebas

- a) Limbah yang digunakan berasal dari limbah penelitian yang acak

B. Prosedur Kerja

Sampel limbah yang telah dipersiapkan akan melalui proses pirolisis menggunakan suhu sebesar 500°C untuk mendapatkan bioarang dengan hasil optimal. Bioarang hasil pirolisis akan dilakukan pengujian menggunakan uji analisa proksimat untuk mendapatkan kandungan dari bioarang limbah jerami padi dan ampas tebu tersebut. Sampel limbah yang telah dipersiapkan akan melalui proses pirolisis menggunakan suhu sebesar 500°C untuk mendapatkan bioarang dengan hasil optimal. Bioarang hasil pirolisis akan dilakukan pengujian menggunakan uji analisa proksimat untuk mendapatkan kandungan dari bioarang limbah jerami padi dan ampas tebu tersebut.

Bioarang hasil pirolisis akan melakukann pengujian menggunakan uji Analisa proksimat untuk mendapatkan kandungan dari batang jagung, Jerami padi, dan ampas tebu. Penelitian dimulai dengan persiapan bahan baku yaitu limbah Jerami padi batang jagung, dan ampas tebu. Setelah bahan siap maka dilakukan penjemuran teradap semua biomassa untuk memastikan biomassa kering

dan siap di proses. Proses selanjutnya adalah proses pembakaran melalui proses pirolisis teradap biomassa yang telah dikeringkan.

Pembakaran dilakukan menggunakan suhu 500°C selama 1 jam. Setelah 1 jam akan dilakukan pendinginan secara normal sampai suhu arang hasil pembakaran mencapai suhu ruangan. Setelah itu bioarang hasil pirolisis akan dilakukan pengujian menggunakan uji analisa proksimat untuk mendapatkan nilai kadar abu, karbon terikat, dan nilai kalor. Kemudian hasil analisa tersebut diolah menggunakan analisa kualitas untuk mencari nilai yang terbaik dan terburuk, kemudian proses selanjutnya adalah penarikan kesimpulan dari hasil pengolahan data tersebut.

C. Analisa Data Penelitian

Hasil analisa proksimat akan diolah menggunakan analisa data kualitas untuk mencari nilai yang terbaik dan terburuk dari masing-masing spesimen. Proses yang selanjutnya adalah penarikan kesimpulan dari hasil pengolahan data tersebut untuk menghasilkan bioarang yang memiliki kandungan terbaik menurut Standar Nasional Indonesia (SNI).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini adalah hasil dari analisa uji proksimat yang telah dilakukan dapat dilihat pada.

Tabel 1. Hasil Analisa Proksimat

Bahan	Hasil Analisa Uji Proksimat		
	Kadar Abu (%)	Kadar Karbon Terikat (%)	Nilai Kalori (Kal/gr)
Jerami Padi	56,1844	27,7628	3816,0432
Batang Jagung	14,8728	61,9048	5270,1572
Ampas Tebu	3,8079	67,3017	5799,1251

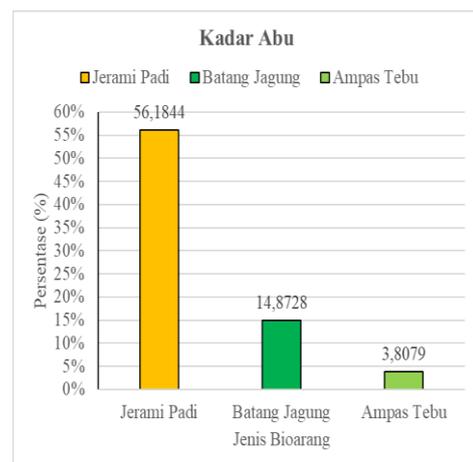
Sumber: Hasil Penelitian, 2024

Pada tabel 1. menunjukkan hasil analisa uji proksimat terhadap variasi bioarang diatas, didapatkan kadar abu, karbon terikat, dan nilai kalori pada setiap variasi bioarang. Kadar abu tertinggi terdapat pada bioarang jerami padi

dengan nilai 56,1844% sedangkan kadar abu terendah terdapat pada bioarang ampas tebu 3,8079%. Untuk kadar karbon terikat tertinggi terdapat pada bioarang ampas tebu dengan nilai 67,3017% sedangkan kadar karbon terendah terdapat pada bioarang jerami padi dengan nilai 27,7628%. Untuk nilai kalori tertinggi terdapat pada bioarang ampas tebu dengan nilai 5799,1251 Kal/gr sedangkan nilai kalori terendah terdapat pada bioarang jerami padi dengan nilai 3816,0432 Kal/gr.

A. Kadar abu

Kadar abu yang tinggi akan menimbulkan kerak serta menurunkan kualitas pembakaran pada bioarang dengan menurunkan nilai kalor dan laju pembakaran saat di bakar. Maka dari itu bioarang seharusnya memiliki nilai kadar abu serendah mungkin untuk menaikkan nilai kalor dan laju pembakarannya.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Kadar Abu pada Variasi Bioarang

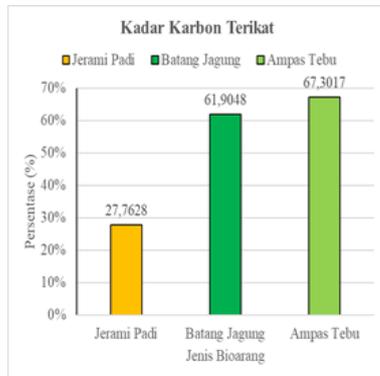
Sumber: Hasil Penelitian, 2024.

Pada gambar 3 di atas didapatkan nilai kadar abu pada bioarang batang jagung sebesar 14,8728%, pada bioarang ampas tebu sebesar 3,8079%, dan pada bioarang jerami padi sebesar 56,1884%. Nilai kadar abu tertinggi terdapat pada bioarang jerami padi, sedangkan nilai kadar abu terendah terdapat pada bioarang ampas tebu.

B. Kadar Karbon Terikat

Semakin tinggi kadar karbon terikat suatu bioarang maka semakin baik kualitas arang yang dihasilkan, sebaliknya jika kadar

karbon terikat suatu bioarang rendah maka semakin buruk juga kualitas arang yang dihasilkan.

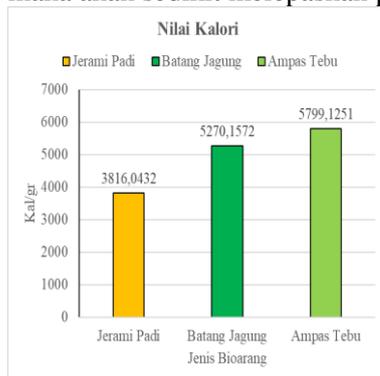


Gambar 4. Grafik Perbandingan Kadar Karbon Terikat pada Variasi Bioarang.
 Sumber: Data Penelitian, 2024.

Pada gambar 4 di atas didapatkan nilai kadar karbon terikat pada bioarang batang jagung sebesar 61,9048%, pada bioarang ampas tebu sebesar 67,3017%, dan pada bioarang jerami padi sebesar 27,7628%. Nilai karbon terikat tertinggi terdapat pada bioarang ampas tebu, sedangkan nilai karbon terikat terendah terdapat pada bioarang jerami padi.

C. Nilai Kalori

Semakin tinggi nilai kalor maka semakin baik juga kualitas suatu bioarang. Hal ini disebabkan bioarang dengan nilai kalor yang tinggi dapat lebih banyak melepaskan panas ketika terjadi pembakaran. Sebaliknya, jika bioarang memiliki nilai kalor yang rendah maka akan sedikit melepaskan panas.



Gambar 5. Grafik Perbandingan Nilai Kalor pada Variasi Bioarang
 Sumber: Data Penelitian, 2024.

Pada gambar 5 di atas didapatkan nilai kalor pada bioarang batang jagung sebesar

5270,1572 kal/gr, pada bioarang ampas tebu sebesar 5799,1251 kal/gr, dan pada bioarang jerami padi sebesar 3816,0432 kal/gr. Nilai kalori tertinggi terdapat pada bioarang ampas tebu, sedangkan nilai karbon terikat terendah terdapat pada bioarang jerami padi.

D. Perbandingan Hasil Analisa Uji Proksimate Bioarang Terhadap Standart

Berikut ini adalah perbandingan hasil dari analisa uji proksimat bioarang yang telah dilakukan terhadap standart yang sudah ada, hasilnya dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Perbandingan nilai uji proksimat

No	Spesimen dan Standar	Kadar Abu (%)	Kadar Karbon Terikat (%)	Nilai Kalori (Kal/gr)
1	Jerami Padi	56,1844	27,7628	3816,0432
2	Batang Jagung	14,8728	61,9048	5270,1572
3	Ampas Tebu	3,8079	67,3017	5799,1251
4	SNI 01-1683-1989 (Arang kayu)	Maks. 4	-	-
5	SNI 01-1506-1989 (Arang kayu peleburan logam)	Maks. 4	Min. 80	Min. 8000
6	SNI 01-1506-1989 (Arang kayu peleburan logam)	Maks. 5	Min. 70	Min. 7000
7	SNI 01-1506-1989 (Arang kayu peleburan logam)	Maks. 8	-	Min. 5000
8	SNI 01-1506-1989 (Arang kayu peleburan logam)	Maks. 3	60-80	-
9	SNI 01-1506-1989 (Arang kayu peleburan logam)	Maks. 3	60-70	-
10	SNI 01-1506-1989 (Arang kayu peleburan logam)	Maks. 3	70-85	-
11	SNI 01-1506-1989 (Arang kayu peleburan logam)	1-3	Min. 80	-
12	SNI 01-1506-1989 (Arang kayu)	4	Min. 70	Min. 7000

peleburan
logam)

Sumber: BSN,1989;SNI, 1989.

Berdasarkan dari penelitian mendapatkan hasil dari uji proksimate dapat disimpulkan bahwa kualitas bioarang dari limbah Jerami padi memiliki kadar abu yang sangat tinggi Berdasarkan tabel perbandingan hasil analisa uji proksimate terhadap standar diatas, dapat diketahui kualitas bioarang jerami padi memiliki kadar abu yang sangat tinggi sehingga tidak sesuai dengan kualifikasi seluruh standar, begitu pula dengan kadar karbon dan nilai kalori yang begitu rendah sehingga tidak sesuai dengan kualifikasi seluruh standar.

Untuk kualitas bioarang batang jagung memiliki kadar abu yang tinggi sehingga sehingga tidak sesuai dengan kualifikasi seluruh standar, Namun untuk kadar karbonnya sesuai dengan kualifikasi dari negara Amerika dan Eropa, sedangkan untuk nilai kalorinya sesuai dengan kualifikasi dari SNI 01-6235-2000.

Untuk kualitas bioarang jerami padi memiliki kadar abu yang rendah sesuai dengan kualifikasi SNI 01-1683-1989, SNI 01-1506-1989, SNI 06-4369-1996, SNI 01-6235-2000, dan kualifikasi arang negara Malaysia. Untuk kadar karbonnya sesuai dengan kualifikasi dari negara Amerika dan Eropa. Sedangkan untuk nilai kalorinya sesuai dengan kualifikasi dari SNI 01-6235-2000.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan uraian dan pembahasan sebelumnya, maka diperoleh kesimpulan berupa nilai tertinggi kadar abu terdapat pada bioarang jerami padi sebesar 56,1884%, sedangkan nilai terendah terdapat pada bioarang ampas tebu sebesar 3,8079%. Nilai tertinggi karbon terikat terdapat pada bioarang ampas tebu sebesar 67,3017%, sedangkan nilai terendah terdapat pada bioarang jerami padi sebesar 27,7628%. Nilai kalori tertinggi terdapat pada bioarang ampas tebu sebesar 5799,1251 kal/gr, sedangkan nilai kalori terendah terdapat pada bioarang jerami padi sebesar 3816,0432 kal/gr.

Dari proses pengujian analisa proksimat menghasilkan bioarang ampas tebu yang memiliki nilai tertinggi pada kadar karbon terikat, dan nilai kalori. Bioarang ampas tebu juga memiliki nilai terendah pada kadar abu. Sehingga hal ini dapat disimpulkan bioarang ampas tebu memiliki kualitas arang yang paling baik dari variasi bioarang lainnya dengan karakteristik yang mudah terbakar, memiliki kadar karbon serta nilai kalor yang tinggi

b. Saran

Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai pembuatan bioarang dari limbah pertanian dengan variabel penelitian yang lainnya, untuk menemukan bioarang terbaik yang dapat digunakan untuk sumber energi terbarukan di masa depan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Allo, J. S. T., Setiawan, A., & Sanjaya, A. S. 2018. Pemanfaatan Sekam Padi untuk Pembuatan Biobriket Menggunakan Metode Pirolisa. *Jurnal Chemurgy*, 2(1), 17.
<https://doi.org/10.30872/cm.g.v2i1.1633>
- Arman, M. 2018. Pirolisis bahan batubara dan serbuk gergaji. *Journal Of Chemical Process Engineering*, 03(02), 27–32.
- Asyifa, D., Gani, A., & Rahmayani, R. F. I. 2019. Karakteristik Biochar Hasil Pirolisis Ampas Tebu (*Sacharum Officinarum*, Linn) Dan Aplikasinya Pada Tanaman Seledri (*Apium Graveolens* L). *Jurnal IPA & Pembelajaran IPA*, 3(1), 15–20.
<https://doi.org/10.24815/jipi.v3i1.13292>
- Badan Pusat Statistik Nasional. 2023. *Outlook Energi Indonesia*. Sekretariat Jendral Dewan Energi Nasional : Jakarta.
- Darajat, Z., Munira, M., Septiani, M., & Aladin, A. 2021. Pengaruh Ukuran Partikel Bahan dan Waktu Penahanan Pada Pirolisis Lambat Limbah Tongkol Jagung Menjadi Bioarang. *Journal of Chemical Process Engineering*, 6(2), 96–102.
- DEN, S. J. 2021. Outlook energi indonesia 2021. *Jakarta*, 1–85.

- <https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-outlook-energi-indonesia-2019-bahasa-indonesia.pdf>
- Haryanto, A., Suharyatun, S., Rahmawati, W., & Triyono, S. 2020. Energi Terbarukan dari Jerami Padi: Review Potensi dan Tantangan Bagi Indonesia. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 7(2), 137–146. <https://doi.org/10.19028/jtep.07.2.137-146>
- Ilma, R. Z., Abidin, A., & Bahri, M. H. 2024. Produksi Briket Bioarang dari Limbah Serbuk Kayu Jati dengan Metode Pirolisis. *National Multidisciplinary Sciences*, 3(1), 423-432.
- Iqbal, 2022. Karakteristik Arang Dari Pirolisis Limbah Jagung (Issue 8.5.2017). www.aging-us.com
- Imani, A., Sukwika, T., & Febrina, L. 2021. Karbon Aktif Ampas Tebu sebagai Adsorben Penurun Kadar Besi dan Mangan Limbah Air Asam Tambang. *Jurnal Teknologi*, 13(1), 33–42. <https://dx.doi.org/10.24853/jurtek.13.1.33-42>
- Iskandar, T. 2012. Identifikasi Nilai Kalor Biochar dari Tongkol jagung dan Sekam Padi pada Proses Pirolisis. *Jurusan Teknik Kimia*, 7(1), 32–35. <http://ejournal.upnjatim.ac.id/index.php/tekkim/article/view/450>
- Istiqomah, I., Eka Kusumawati, D., Dita Serdani, A., & Abdul Choliq, F. 2022. Pemanfaatan Limbah Jerami, Sekam, dan Urine Sapi sebagai Pupuk Organik untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Produksi Padi. *VIABEL: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Pertanian*, 16(2), 101–113. <https://doi.org/10.35457/viabel.v16i2.2462>
- Novitri Hastuti, G. P. 2015. Kualitas Arang Enam Jenis Kayu Asal Jawa Barat. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 33(4), 337-346.
- Puspita, V., Syakur, S., & Darusman, D. 2021. Karakteristik Biochar Sekam Padi Pada Dua Temperatur Pirolisis. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 6(4), 732–739. <https://doi.org/10.17969/jimfp.v6i4.18404>
- Rumiyantri, L., Irnanda, A., & Hendronursito, Y. 2018. Analisis Proksimat Pada Briket Arang Limbah Pertanian. *Spektra: Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 3(1), 15–22. <https://doi.org/10.21009/spektra.031.03>
- Saparudin, S., Syahrul, S., & Nurhayati, N. 2015. Pengaruh Variasi Temperatur Pirolisis Terhadap Kadar Hasil Dan Nilai Kalor Briket Campuran Sekam Padi-Kotoran Ayam. *Dinamika teknik Mesin*, 5(1), 16–24. <https://doi.org/10.29303/d.v5i1.46>
- Sugiharto, A., & Firdaus, Z. 'Ilma. 2021. Pembuatan Briket Ampas Tebu Dan Sekam Padi Menggunakan Metode Pirolisis Sebagai Energi Alternatif. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 6(1), 17–22. <https://doi.org/10.31942/inteka.v6i1.4449>
- Surono, U. B. 2010. Peningkatan Kualitas Pembakaran Biomassa Limbah Tongkol Jagung sebagai Bahan Bakar Alternatif dengan Proses Karbonisasi dan Pembriketan. *Jurnal Rekayasa Proses*, 4(1), 13–18.
- Wulandari, Y. R., Silmi, F. F., Ermaya, D., Sari, N. P., & Teguh, D. 2023. Pengaruh Suhu Pirolisis Jerami Padi Terhadap Variabel Komposisi Produk Pirolisis Menggunakan Reaktor Batch. *Inovasi Teknik Kimia*, 8(3), 167–172.
- Yuniarti, Y., Megawati, E., Dewi, A., Ariyani, D., Vegatama, M. R., & Sahara, A. 2023. Pengaruh Suhu Terhadap Karakteristik Arang Hasil Pirolisis Kulit Kolang-Kaling (Arenga pinnata). *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 8(4), 1020–1030. <https://doi.org/10.33795/distilat.v8i4.410>