

PENGUJIAN KUALITAS ARANG DARI SERBUK ULIN DENGAN 2 METODE PENGERINGAN

(Testing the Quality of Charcoal from Ulin Sawdust Using Two Drying Methods)

Alpian¹, Hendrik Segah¹, Efriyana Oksal², Chuchita², Zimon Pereiz², Wahyu Supriyati¹

¹ Program Studi Kehutanan Fakultas Pertanian, Universitas Palangka Raya, Jl. Yos Sudarso Kampus UPR Palangka Raya, 73111, Kalimantan Tengah

² Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Palangka Raya, Jl. Yos Sudarso Kampus UPR Palangka Raya, 73111, Kalimantan Tengah
Email : efriyana.oksal18@mipa.upr.ac.id

ABSTRACT

Charcoal is a widely used material in various industries, primarily as a fuel. Sawdust waste from Ulin wood, which is produced by the wood industry, has the potential to be processed into high-quality charcoal through the process of pyrolysis. This study aims to assess the quality of charcoal produced from Ulin wood sawdust using the pyrolysis method at temperature smoke 80°C for 8 hours, with 10 repetitions. The parameters measured include yield, moisture content, volatile matter, ash content, and fixed carbon content, which are then compared to the Indonesian National Standard (SNI) 1683:2021. The research involved two primary treatments: Ulin sawdust dried using a microwave at 450 watts for 1 hour and sawdust dried using air drying. The results show that the charcoal yield from microwave-dried Ulin sawdust reached 48.57%, while air-dried sawdust reached 46.73%. The moisture content in air-dried Ulin sawdust (5.72%) was higher compared to microwave-dried sawdust (3.89%). Meanwhile, the volatile matter content (42.35% and 50.50%) and fixed carbon content (56.72% and 48.52%) demonstrated statistically significant differences based on the T-test. However, the ash content (0.94% and 0.98%) showed no significant difference in the T-test results. The conclusion of this study is that the pyrolysis method at temperature smoke 80°C is effective in producing high-quality charcoal from Ulin wood sawdust, particularly with the microwave drying treatment. The quality of the produced charcoal meets the SNI standards, specifically in terms of moisture content and ash content.

Keywords: charcoal powder, Ulin, drying, pyrolysis, charcoal quality.

ABSTRAK

Arang merupakan salah satu bahan yang banyak digunakan dalam berbagai industri, terutama sebagai bahan bakar. Pemanfaatan serbuk kayu Ulin berupa limbah dari industri kayu, memiliki potensi untuk diolah menjadi arang berkualitas tinggi melalui proses pirolisis. Penelitian bertujuan untuk menguji

kualitas arang yang dihasilkan dari serbuk kayu Ulin dengan metode pirolisis pada suhu asap 80°C selama 8 jam, menggunakan 10 ulangan. Parameter yang diukur meliputi rendemen, kadar air, kadar zat mudah menguap, kadar abu, dan kadar karbon terikat, yang dibandingkan dengan standar SNI 1683:2021. Metode penelitian dilakukan dengan dua perlakuan utama, yaitu serbuk Ulin yang dikeringkan menggunakan gelombang mikro dengan daya 450 Watt selama 1 jam dan serbuk yang dikeringkan dengan metode pengeringan udara. Hasil pengujian menunjukkan bahwa rendemen arang dari serbuk Ulin dengan pengeringan gelombang mikro mencapai 48,57%, sedangkan yang dikeringkan udara mencapai 46,73%. Kadar air pada serbuk Ulin kering udara (5,72%) lebih tinggi dibandingkan dengan serbuk gelombang mikro (3,89%), sementara berturut-turut untuk kadar zat mudah menguap (42,35% dan 50,50%) dan kadar karbon terikat (56,72% dan 48,52%) menunjukkan hasil uji T menunjukkan berpengaruh signifikan. Kadar abu (0,94% dan 0,98%) menunjukkan hasil uji T menunjukkan tidak berpengaruh signifikan. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa metode pirolisis pada suhu asap 80°C efektif dalam menghasilkan arang dengan kualitas yang baik dari serbuk kayu Ulin, terutama pada perlakuan pengeringan menggunakan gelombang mikro. Kualitas arang yang dihasilkan memenuhi standar SNI, yaitu kadar air dan kadar abu.

Kata kunci : serbuk arang, ulin, pengeringan, pirolisis, kualitas arang

I. PENDAHULUAN

Arang adalah salah satu bahan penting yang telah digunakan manusia selama ribuan tahun, baik sebagai sumber energi maupun bahan baku untuk berbagai aplikasi industri, seperti bahan bakar, penyaring air, dan adsorben dalam proses kimia. Kebutuhan akan arang terus meningkat, terutama di sektor industri sehingga diperlukan inovasi dalam proses produksinya agar dapat menghasilkan arang berkualitas tinggi dengan efisiensi yang lebih baik. Salah satu bahan yang memiliki potensi untuk diolah menjadi arang adalah serbuk kayu Ulin.

Kayu Ulin (*Eusideroxylon zwageri*), yang dikenal karena kekerasan dan ketahanannya terhadap serangan hama, sering kali menghasilkan limbah dalam bentuk serbuk yang belum dimanfaatkan secara optimal. Potensi serbuk Ulin untuk diolah menjadi arang berkualitas tinggi menjadi perhatian dalam penelitian ini. Teknik pirolisis telah banyak digunakan untuk memproduksi arang dari berbagai jenis biomassa, termasuk kayu, limbah pertanian, dan serbuk gergaji. Pirolisis adalah proses pemanasan bahan organik pada suhu tinggi tanpa adanya oksigen, yang mengakibatkan dekomposisi termal biomassa

menjadi arang, cairan pirolisis, dan gas. Proses ini terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas arang, khususnya dalam hal kandungan karbon terikat, kadar abu, dan kadar zat mudah menguap. Dalam penelitian ini, serbuk Ulin diolah melalui proses pirolisis pada suhu asap 80°C. Selain itu, metode pengeringan serbuk sebelum pirolisis juga menjadi faktor penting yang mempengaruhi kualitas arang yang dihasilkan.

Berbagai penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa metode pengeringan sebelum pirolisis dapat mempengaruhi sifat-sifat fisik dan kimia arang. Pengeringan dengan menggunakan gelombang mikro telah diketahui mampu mempercepat proses penghilangan kadar air dari biomassa, sehingga dapat meningkatkan efisiensi proses pirolisis. Pengeringan udara, yang lebih konvensional, cenderung membutuhkan waktu yang lebih lama, namun masih sering digunakan dalam skala industri karena biaya yang lebih rendah. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil pirolisis serbuk Ulin yang dikeringkan menggunakan gelombang mikro dengan yang dikeringkan secara alami melalui pengeringan udara, serta mengevaluasi kualitas arang yang

dihasilkan berdasarkan rendemen, kadar air, kadar zat mudah menguap, kadar abu, dan kadar karbon terikat. Penggunaan serbuk kayu sebagai bahan baku pembuatan arang telah menjadi topik penelitian yang menarik dalam beberapa tahun terakhir, terutama karena ketersediaannya sebagai limbah industri.

Penelitian Varma et al. (2019), pirolisis pada suhu tinggi dapat menghasilkan arang dengan kandungan karbon terikat yang lebih tinggi, serta kadar air dan kadar zat mudah menguap yang lebih rendah. Penelitian ini juga menemukan bahwa jenis kayu yang digunakan serta kondisi pirolisis, seperti waktu dan suhu, sangat berpengaruh pada kualitas arang yang dihasilkan. Metode pengeringan juga memainkan peran penting dalam menentukan kualitas arang yang dihasilkan dari biomassa. Penelitian Ingole et al. (2016), penggunaan gelombang mikro sebagai metode pengeringan sebelum pirolisis mampu mengurangi kadar air dalam biomassa secara signifikan dalam waktu yang lebih singkat dibandingkan metode pengeringan udara konvensional. Hal ini dapat meningkatkan rendemen arang dan memperbaiki kualitasnya, khususnya dalam hal stabilitas termal dan kandungan karbon. Di sisi lain, pengeringan udara yang lebih lambat mungkin tidak mengurangi kadar air secara efisien, yang dapat mempengaruhi hasil pirolisis. Standar kualitas arang SNI 1683:2021, Berdasarkan standar ini, arang berkualitas baik harus memiliki kadar air $\leq 10\%$, kadar zat mudah menguap $\leq 4\%$, kadar abu antara 10-17%, dan kadar karbon terikat $\geq 79\%$. Penelitian ini mengikuti pedoman tersebut untuk mengevaluasi kualitas arang yang dihasilkan. Hasil dari penelitian sebelumnya oleh Pereira et al. (2022), menunjukkan bahwa metode pirolisis dapat digunakan untuk menghasilkan arang yang memiliki potensi besar untuk digunakan dalam berbagai aplikasi industri, termasuk sebagai bahan bakar yang ramah lingkungan dan material penyaring air yang efisien.

Penggunaan serbuk kayu Ulin, yang merupakan limbah dari industri kayu, dalam proses pirolisis dapat memberikan nilai tambah dan berkontribusi pada ekonomi sirkular dengan memanfaatkan limbah sebagai produk

yang bernilai tinggi. Berdasarkan latar belakang dan tinjauan pustaka tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menguji kualitas arang yang dihasilkan dari serbuk kayu Ulin melalui proses pirolisis pada suhu asap 80°C dengan menggunakan dua metode pengeringan, yaitu pengeringan gelombang mikro dan pengeringan udara. Membandingkan hasil rendemen dan parameter kualitas arang, seperti kadar air, kadar zat mudah menguap, kadar abu, dan kadar karbon terikat antara kedua metode pengeringan. Mengevaluasi apakah hasil arang dari kedua metode pengeringan tersebut memenuhi standar SNI 1683:2021 untuk arang yang berkualitas.

II. BAHAN DAN METODE

A. Bahan dan Alat

Penelitian ini menggunakan bahan utama berupa serbuk kayu Ulin yang berasal dari limbah industri pengolahan kayu. Pemilihan serbuk kayu Ulin didasarkan pada karakteristiknya yang memiliki potensi untuk diolah menjadi arang berkualitas tinggi melalui proses pirolisis. Bahan penelitian dari serbuk kayu Ulin yang telah diayak hingga homogen. Peralatan penelitian berupa klin untuk proses pirolisis yang diatur pada suhu asap 80°C . Gelombang mikro dengan kapasitas 450 Watt, digunakan untuk pengeringan serbuk kayu Ulin sebelum pirolisis. Oven digunakan untuk pengujian kadar air. Furnace digunakan untuk pengujian kadar zat mudah menguap dan kadar abu. Timbangan analitik dengan ketelitian 0,01 gram untuk mengukur berat serbuk sebelum dan sesudah proses pirolisis. Desikator, digunakan untuk mendinginkan arang setelah pirolisis guna mencegah oksidasi. Termometer suhu untuk memantau suhu selama proses pirolisis berlangsung. Plastik klip untuk menyimpan sampel uji serbuk arang ulin. Komputer dengan perangkat lunak statistik untuk analisis uji T.

B. Prosedur Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan, sebagai berikut :

- a) Pengeringan Serbuk Kayu Ulin menggunakan 2 metode, meliputi metode pengeringan gelombang mikro. Serbuk kayu Ulin dikeringkan menggunakan gelombang mikro dengan

daya 450 Watt selama 1 jam. Pengeringan ini bertujuan untuk mengurangi kadar air secara signifikan sebelum proses pirolisis dimulai. Metode pengeringan udara, serbuk kayu Ulin dikeringkan secara alami dengan dibiarkan di udara terbuka selama beberapa hari hingga kadar airnya berkurang secara alami. Pengeringan ini merupakan metode konvensional yang masih banyak digunakan dalam skala industri.

- b) Proses Pirolisis, serbuk kayu Ulin yang sudah dikeringkan melalui kedua metode (gelombang mikro dan udara) dimasukkan ke dalam tungku pirolisis. Suhu pirolisis yang diukur adalah suhu asap pada 80°C (Gambar 1) berlangsung selama 8 jam tanpa adanya oksigen. Penelitian lanjutan akan lakukan inovasi untuk menambah jumlah tungku atau memperbesar kapasitas tungku pengapiannya untuk menghasilkan suhu yang lebih tinggi.
- c) Proses pirolisis terjadi dekomposisi termal serbuk kayu Ulin, yang menghasilkan arang sebagai produk utama, serta gas dan cairan pirolisis sebagai produk sampingan. Setelah pirolisis selesai, arang yang dihasilkan didinginkan, kemudian dimasukkan ke plastik klip agar kedap udara sebelum dilakukan pengujian lebih lanjut.

Gambar 1. Pirolisis Serbuk Limbah Kayu Ulin dengan Suhu asap 80°C selama 8 Jam



(Figure 1. Pyrolysis of Ulin Wood Waste Sawdust at 80°C for 8 Hours)

C. Pengujian Kualitas Arang

Kualitas arang yang dihasilkan dari kedua metode pengeringan diuji berdasarkan beberapa parameter meliputi rendemen arang (rasio antara berat arang yang dihasilkan dengan berat serbuk kayu Ulin sebelum proses pirolisis), dan pengujian terhadap mutu arang mengacu pada SNI 1683:2021 (kadar air $\leq 10\%$, kadar zat mudah menguap $\leq 4\%$, kadar abu 10-17% dan kadar karbon terikat $\geq 79\%$).

D. Analisis Data

Data hasil pengujian dari masing-masing parameter dianalisis secara statistik menggunakan uji T. Uji T ini digunakan untuk membandingkan kualitas arang yang dihasilkan dari dua metode pengeringan (gelombang mikro dan udara) pada parameter yang diukur. Uji T membantu menentukan apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua metode pengeringan.

Hipotesis Nol (H_0): tidak ada perbedaan signifikan antara kedua metode pengeringan terhadap kualitas arang yang dihasilkan. Hipotesis Alternatif (H_1): ada perbedaan signifikan antara kedua metode pengeringan terhadap kualitas arang yang dihasilkan. Tingkat signifikansi (α) yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0,05. Jika p-value $< 0,05$, maka hipotesis nol ditolak, yang berarti ada perbedaan signifikan antara metode pengeringan terhadap kualitas arang (Pratist, 2004)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian kualitas arang diringkas pada Tabel 1 yang menampilkan hasil pengujian kualitas arang yang dihasilkan dari serbuk kayu Ulin yang dikeringkan menggunakan dua metode: pengeringan gelombang mikro dan pengeringan udara. Parameter yang diuji meliputi rendemen arang, kadar air, kadar zat mudah menguap, kadar abu, dan kadar karbon terikat.

Tabel 1. Analisis Pengujian Uji T Kualitas Arang dari Serbuk Ulin

Table 1. T-Test Analysis of the Quality of Charcoal from Ulin Sawdust

Parameter Pengujian (Parameter Tested)	Rata-rata (Average)		Standar (Standars) SNI 1683:2021		Uji T (Tested T)
	Serbuk dimicro-wave (Microwave sawdust)	Serbuk Kering Udara (Air dry sawdust)	Pertama (First)	Kedua (Second)	
Rendemen (Yeild, %)	48,57	46,73	-	-	-
Kadar Air (Moisture contents, %)	3,89	5,72	≤ 8	≤ 10	Berpengaruh Signifikan (Significant)
Kadar Zat Mudah Menguap (Volatil matter, %)	42,35	50,50	≤ 4	≤ 4	Berpengaruh Signifikan (Significant)
Kadar Abu (Ash content, %)	0,94	0,98	10-17	10-17	Tidak Berpengaruh Signifikan (No Significant)
Kadar Karbon Terikat (Fixed carbon, %)	56,72	48,52	≥ 79	≥ 79	Berpengaruh Signifikan (Significant)

Hasil pengujian kualitas arang dari serbuk kayu Ulin menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara dua metode pengeringan yang digunakan (pengeringan gelombang mikro dan pengeringan udara) pada beberapa parameter.

A. Rendemen Arang

Rendemen adalah rasio antara massa arang yang dihasilkan dengan massa awal serbuk kayu sebelum proses pirolisis. Berdasarkan Tabel 1, arang yang dihasilkan dari serbuk yang dikeringkan menggunakan gelombang mikro memiliki rendemen yang lebih tinggi, yaitu 48,57%, dibandingkan dengan serbuk yang dikeringkan menggunakan udara, yaitu 46,73%. Meskipun perbedaan ini tidak terlalu besar, pengeringan gelombang mikro cenderung menghasilkan arang dengan rendemen yang lebih tinggi karena lebih efisien dalam mengurangi kadar air selama pengeringan. Hal ini sesuai dengan temuan Ethaib et al. (2020), yang menunjukkan bahwa penggunaan gelombang mikro sebagai metode pengeringan dapat mempercepat penghilangan air dalam biomassa tanpa banyak merusak struktur kimia awalnya, sehingga rendemen lebih tinggi dapat dicapai. Rendemen hasil penelitian ini lebih besar dari hasil penelitian Alpian, et al. (2011) bahwa rendemen arang kayu gelam berkisar antara 28,090-28,526%.

B. Kadar Air

Kadar air adalah salah satu parameter penting dalam menentukan kualitas arang. Kadar air yang tinggi dapat mengurangi efisiensi pembakaran dan mempengaruhi stabilitas arang. Data hasil pengujian, kadar air dalam arang yang dihasilkan dari serbuk yang dikeringkan dengan gelombang mikro adalah 3,89% jauh lebih rendah dibandingkan dengan serbuk yang dikeringkan secara alami di udara (5,72%). Kedua metode pengeringan memenuhi standar SNI 1683:2021, yaitu ≤ 10%. Pengeringan gelombang mikro lebih efektif dalam mengurangi kadar air dalam waktu yang lebih singkat. Uji T pada kadar air menunjukkan nilai p-value < 0,05, yang berarti terdapat perbedaan signifikan antara kadar air pada arang yang dihasilkan dari metode pengeringan gelombang mikro dan pengeringan udara.

Metode pengeringan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kadar air arang. Penelitian Motasemi & Afzal (2013) menunjukkan bahwa biomassa yang mengalami pengeringan dengan metode cepat seperti gelombang mikro dapat secara efektif menghilangkan kandungan air dengan waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan metode pengeringan alami, yang dapat membutuhkan beberapa hari atau minggu untuk mencapai tingkat kelembapan yang sama. Rahmadani (2017) menyatakan untuk mudah dalam penyalaan atau pembakaran kadar air dalam

arang harus rendah agar menghasilkan nilai kalor yang tinggi. Kadar Air hasil penelitian ini hamper sama dengan hasil penelitian Alpian, *et. al* (2023) bahwa kadar air berkisar antara 5,05-5,95%.

C. Kadar Zat Mudah Menguap

Kadar zat mudah menguap merupakan parameter yang menggambarkan seberapa banyak komponen volatil yang tersisa dalam arang. Semakin rendah kadar zat mudah menguap, semakin baik kualitas arang, terutama untuk digunakan sebagai bahan bakar. Berdasarkan hasil pengujian, kadar zat mudah menguap pada arang dari serbuk yang dikeringkan dengan gelombang mikro adalah 42,35%, sedangkan arang dari serbuk yang dikeringkan secara udara memiliki kadar yang lebih tinggi, yaitu 50,50%. Meskipun kadar zat mudah menguap dari kedua metode ini tidak memenuhi standar SNI ($\leq 4\%$), arang dari pengeringan gelombang mikro tetap menunjukkan hasil yang lebih baik. Uji T pada kadar zat mudah menguap hasil menunjukkan perbedaan signifikan pada kadar zat mudah menguap antara kedua metode pengeringan ($p\text{-value} < 0,05$).

Pengeringan menggunakan gelombang mikro dapat mengurangi zat mudah menguap lebih baik dibandingkan pengeringan udara Antal dan Grønli (2003), yang menemukan bahwa metode pengeringan yang lebih efisien dapat mengurangi kadar zat mudah menguap. Metode pengeringan yang lebih cepat, seperti gelombang mikro dengan pemanasan membantu menguapkan senyawa volatil yang lebih cepat. Zulfian *et al.* (2015) yang menjelaskan bahwa nilai kadar zat mudah menguap mempengaruhi nilai kadar karbon terikat, semakin tinggi nilai kadar zat mudah menguap maka nilai kadar karbon terikat akan semakin rendah.

D. Kadar Abu

Kadar abu mengindikasikan jumlah residu anorganik yang tertinggal setelah pembakaran arang. Standar SNI menetapkan kadar abu yang diterima adalah 10-17%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar abu dalam arang dari kedua metode pengeringan sangat rendah, masing-masing 0,94% untuk pengeringan

gelombang mikro dan 0,98% untuk pengeringan udara. Kadar abu yang rendah menunjukkan bahwa arang dari serbuk Ulin ini memiliki sedikit material anorganik, yang dapat memberikan keuntungan dalam penggunaan industri karena lebih sedikit residu yang tertinggal setelah pembakaran.

Uji T pada kadar abu menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan pada kadar abu antara kedua metode pengeringan ($p\text{-value} < 0,05$). Ini berarti pengeringan menggunakan gelombang mikro menghasilkan kadar abu sama baik dengan pengeringan udara. Kadar abu yang rendah ini mendukung temuan Muhammad *et al.* (2013), yang menyatakan bahwa kadar abu yang rendah dapat meningkatkan kualitas arang, terutama dalam aplikasi yang memerlukan residu pembakaran yang minimal. Kadar Abu hasil penelitian ini lebih kecil dari hasil Penelitian Mahdie *et al.* (2016) bahwa kayu rambai dan api-api dengan nilai kadar abu sebesar 2,617%-4,947%

E. Kadar Karbon Terikat

Kadar karbon terikat merupakan salah satu parameter utama yang menentukan kualitas arang sebagai bahan bakar. Semakin tinggi kadar karbon terikat, semakin tinggi efisiensi pembakaran arang. Berdasarkan hasil pengujian, arang dari serbuk yang dikeringkan dengan gelombang mikro memiliki kadar karbon terikat sebesar 56,72%, sedangkan arang dari serbuk yang dikeringkan secara udara hanya memiliki kadar karbon terikat sebesar 48,52%. Keduanya tidak memenuhi standar SNI ($\geq 79\%$), namun hasil ini menunjukkan bahwa pengeringan dengan gelombang mikro menghasilkan arang dengan kandungan karbon yang lebih tinggi, yang berarti lebih baik untuk aplikasi pembakaran.

Uji T pada kadar karbon terikat hasil uji menunjukkan perbedaan signifikan pada kadar zat mudah menguap antara kedua metode pengeringan ($p\text{-value} < 0,05$). Hasil ini berarti pengeringan menggunakan gelombang mikro dapat mengurangi zat mudah menguap lebih baik dibandingkan pengeringan udara. Kadar karbon yang lebih tinggi juga berkontribusi pada peningkatan energi arang, sehingga arang tersebut dapat digunakan dalam skala industri

untuk aplikasi pembakaran besar, seperti dalam pabrik energi atau boiler industri.

Penelitian ini konsisten dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa metode pengeringan biomassa sebelum pirolisis mempengaruhi hasil kualitas arang. Studi oleh Antal dan Gronli (2019) juga menemukan bahwa pengeringan cepat, seperti yang dilakukan dengan gelombang mikro, lebih efektif dalam mempersiapkan biomassa untuk pirolisis dengan mengurangi kandungan air dan zat volatil lebih cepat dibandingkan pengeringan udara konvensional. Biomassa yang kering sempurna memiliki potensi yang lebih tinggi untuk menghasilkan arang dengan kualitas yang lebih baik, terutama dalam hal karbon terikat yang lebih tinggi. Nadjib (2016), semakin tinggi kandungan karbon terikat dalam suatu bahan, semakin tinggi pula nilai kalor yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan positif antara kadar karbon terikat dan nilai kalor, yang pada akhirnya meningkatkan kualitas bahan bakar. Dalam penelitian ini, meskipun kadar karbon terikat belum mencapai standar SNI, arang dari pengeringan gelombang mikro menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan metode pengeringan udara.

Hasil penelitian ini memiliki beberapa implikasi penting untuk industri dan penelitian lanjutan. Dari perspektif industri, arang yang dihasilkan dari serbuk kayu Ulin memiliki beberapa keunggulan utama, seperti kadar abu yang sangat rendah dan kadar air yang rendah yang sangat baik untuk digunakan sebagai bahan bakar padat. Dalam konteks pembakaran industri, arang dengan kadar abu yang rendah dapat mengurangi kebutuhan perawatan peralatan karena lebih sedikit residu yang dihasilkan selama pembakaran. Selain itu, kadar air yang rendah meningkatkan efisiensi energi dan stabilitas termal arang. Pengeringan menggunakan gelombang mikro, yang terbukti lebih efisien dalam meningkatkan kualitas arang, membuka peluang untuk pengembangan teknologi pengeringan cepat berbasis gelombang mikro dalam skala industri. Metode ini dapat mempersingkat waktu produksi dan meningkatkan efisiensi proses pirolisis

secara keseluruhan. Selain itu, teknologi ini dapat diterapkan pada berbagai jenis biomassa lain selain serbuk kayu Ulin, yang akan memungkinkan pemanfaatan limbah biomassa menjadi arang berkualitas tinggi dan bernilai ekonomi.

KESIMPULAN

Metode pengeringan serbuk kayu Ulin sebelum pirolisis berpengaruh signifikan terhadap kualitas arang yang dihasilkan. Pengeringan menggunakan gelombang mikro terbukti lebih unggul dibandingkan pengeringan udara dalam hal rendemen, kadar air, kadar zat mudah menguap, dan kadar karbon terikat. Rendemen arang dari pengeringan gelombang mikro (48,57%) lebih tinggi dibandingkan dengan pengeringan udara (46,73%). Kadar air arang yang dihasilkan dari pengeringan gelombang mikro (3,89%) lebih rendah dibandingkan pengeringan udara (5,72%), yang menunjukkan stabilitas termal yang lebih baik. Kadar zat mudah menguap lebih rendah pada pengeringan gelombang mikro (42,35%) dibandingkan dengan pengeringan udara (50,50%), meskipun keduanya tidak memenuhi standar SNI. Kadar abu sangat rendah pada kedua metode, dan kadar karbon terikat lebih tinggi pada pengeringan gelombang mikro (56,72%), meski belum mencapai standar SNI.

SARAN

Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengoptimalkan proses pirolisis guna meningkatkan kadar karbon terikat dan mengurangi kadar zat mudah menguap. Selain itu, penerapan teknologi pengeringan gelombang mikro dalam skala industri serta eksplorasi potensi arang untuk aplikasi non-bahan bakar seperti adsorben atau penyaring air perlu dikembangkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih Kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi (KEMENDIKBUDRISTEK), Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan

Teknologi Republik Indonesia, atas pemberian Hibah Penelitian PFR dengan Nomor 0667/E5/AL.04/2024 Pengumuman Penerima Pendanaan Program Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Tahun Anggaran 2024. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Program Studi Kehutanan dan Laboratorium Terpadu, Universitas Palangka Raya, Kalimantan Tengah untuk pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Alpian, A., Prayitno, T.A., Sutapa, G.J., & Budiadi, B. (2011). Quality Charcoal Made from Gelam Wood (*Melaleuca cajuputy*). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*, 9 (2), 141-152.
- Alpian, A., Sianipar, D., Koroh, D. N., Yanciluk, Y., Nuwa, N., Supriyati, W., Luhan, G & Wanasetya, A. (2023). Kualitas Briket Arang Serbuk Limbah Bangkirai, Rengas dan Agathis: Charcoal Briquette Quality of Bangkirai, Rengas and Agathis Waste Powders. *Daun: Jurnal Ilmiah Pertanian dan Kehutanan*, 10 (2), 184-204.
- Antal, M.J. and Gronli, M. (2003) *The Art, Science, and Technology of Charcoal Production*. *Industrial Engineering Chemistry Research*, 42, 1619-1640.
- Ethaib, S., Omar, R., Kamal, S. M. M., Awang Biak, D. R., & Zubaidi, S. L. (2020). Microwave-assisted pyrolysis of biomass waste: A mini review. *Processes*, 8 (9), 1190.
- Ingole, P. M., Ranveer, A. C., Deshmukh, S. M., & Deshmukh, S. K. (2016). Microwave assisted pyrolysis of biomass: a review. *Int. J. Adv. Technol. Eng. Sci*, 4 (6), 78-84.
- Mahdie, M.F., Subari, D., Sunardi, Ulfah, D. 2016. Pengaruh Campuran Limbah Kayu Rambai dan Api-Api Terhadap Kualitas Biopellet Sebagai Energi Alternatif dari Lahan Basah. *Jurnal Hutan Tropis* 4 (3): 246-253.
- Motasemi, F. & M. T. Afzal (2013). A review on the microwave-assisted pyrolysis technique, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28 (2013), 317-330.
- Muhammad, D. R. A., Parnanto, N. H. R., & Widadie, F. (2013). Kajian peningkatan mutu briket arang tempurung kelapa dengan alat pengering tipe rak berbahan bakar biomassa. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 6 (1).
- Nadjib, S. 2016. *Optimasi proses pembuatan biopellet dari ampas kopi instan dan arang tempurung kelapa dengan response surface method*. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Pereira, E. G., Fauller, H., Magalhães, M., Guirardi, B., & Martins, M. A. (2022). Potential use of wood pyrolysis coproducts: A review. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 41 (1), e13705.
- Pratisto, A., 2004. *Cara Mudah Mengatasi Masalah Statistik dan Rancangan Percobaan dengan SPSS12*. PT. Elex Media Komputindo, Kelompok Gramedia. Jakarta
- Rahmadani, R., Hamzah, F., & Hamzah, F. H. (2017). *Pembuatan briket arang daun kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dengan perekat pati sagu (*Metroxylon sago* Rott.)* (Doctoral dissertation, Riau University).
- SNI 1683, 2021. *Arang Kayu*. Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- Varma, A. K., Thakur, L. S., Shankar, R., & Mondal, P. (2019). Pyrolysis of wood sawdust: Effects of process parameters on products yield and characterization of products. *Waste Management*, 89, 224-235.
- Zulfian, Diba, F., Setyawati, D., Nurhaida & Roslinda, E. 2015. Kualitas Biopellet dari Limbah Batang Kelapa Sawit pada Berbagai Ukuran Serbuk dan Jenis Perekat. *Jurnal Hutan Lestari* 3(2):208-216.

Lampiran Perhitungan Uji T (*Appendix of T-Test Calculations*)

Kadar Air (*Moisture contents*)

Group Statistics					
	Perlakuan (Treatment)	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
<i>Moisture contents</i>	Gelombang mikro (Microwave)	10	3.8860	.73435	.23222
	Kering Udara	10	5.7190	.78217	.24734

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
<i>Moisture contents</i>	Equal variances assumed	.907	.354	-5.403	18	.000	-1.83300	.33927	-2.54579	-1.12021
	Equal variances not assumed			-5.403	17.929	.000	-1.83300	.33927	-2.54599	-1.12001

Kadar Zat Mudah Menguap (*Volatil matter*)

Group Statistics					
	Perlakuan (Treatment)	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
<i>Volatil matter</i>	Gelombang mikro (Microwave)	10	42.3490	2.02394	.64003
	Kering Udara	10	50.5040	2.33471	.73830

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
<i>Volatil matter</i>	Equal variances assumed	.037	.850	-8.346	18	.000	-8.15500	.97710	-10.20781	-6.10219
	Equal variances not assumed			-8.346	17.645	.000	-8.15500	.97710	-10.21078	-6.09922

Kadar Abu (*Ash content*)

Group Statistics					
	Perlakuan (Treatment)	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
<i>Ash content</i>	Gelombang mikro (Microwave)	10	.9360	.03596	.01137
	Kering Udara	10	.9780	.12309	.03892

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
<i>Ash content</i>	Equal variances assumed	1.546	.230	-1.036	18	.314	-.04200	.04055	-.12720	.04320
	Equal variances not assumed			-1.036	10.525	.324	-.04200	.04055	-.13175	.04775

Kadar Karbon Terikat (*Fixed carbon*)

Group Statistics									
	Perlakuan (Treatment)	N	Mean	Std.					
				Deviation	Std. Error Mean				
<i>Fixed carbon</i>	Gelombang mikro (Microwave)	10	56.7170	2.01592	.63749				
	Kering Udara	10	48.5190	2.30491	.72888				

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
<i>Fixed carbon</i>	Equal variances assumed	.034	.855	8.466	18	.000	8.19800	.96832	6.16363	10.23237
	Equal variances not assumed			8.466	17.686	.000	8.19800	.96832	6.16104	10.23496