

Produksi dan Karakteristik Briket Limbah Ampas Kopi dan Tempurung Kelapa sebagai Energi Alternatif Terbarukan

Fefi Nur Afifah¹, Erry Ika Rhofita^{1*}, Shifni Wazna Auvaria¹

¹Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya

Jl. Dr. Ir. H. Soekarno No.682, Kec. Gn. Anyar, Surabaya, Jawa Timur 60294, Indonesia

*Corresponding author: erryyikarhofita@uinsa.ac.id

Abstract

The increasing demand for energy and environmental issues caused by climate change encourage interest in utilizing crop waste such as coffee grounds and coconut shells as briquettes. This study investigates the impact of the composition ratio between coffee grounds and coconut shells (25:75%, 50:50%, and 75:25%) and the quantity of molasses as a binder (5 and 10%). The experimental evaluation focused on the proximate characteristics of briquettes, such as water content, ash content, volatile matter content, fixed carbon content, and the calorific value of the briquettes that have been produced. The results indicate that the composition ratio of 25% coffee charcoal and 75% coconut shells for briquette production with 5% binder can generate the highest calorific value of 30.02 MJ/kg; indirectly, it will affect the carbon content value. Conversely, the highest values of water, ash, and volatile matter content in a similar composition, but with 10% binder, can generate 2.74%, 4.68%, and 59.05%, respectively. The findings highlight that the binder quantity significantly affects the quality of briquettes. Therefore, this study demonstrates the potential of biomass residue briquettes as a viable and sustainable energy source, offering economic and environmental benefits through effective utilization to reduce carbon emissions.

Keywords: coffee ground, briquette, binder quantity, biomass composition, coconut shell.

Abstrak

Meningkatnya kebutuhan energi dan isu lingkungan penyebab perubahan iklim, mendorong minat untuk memanfaatkan limbah perkebunan seperti ampas kopi dan tempurung kelapa sebagai briket. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki dampak perbandingan komposisi ampas kopi dan tempurung kelapa (25:75%, 50:50%, dan 75:25%) dan adalah jumlah molases sebagai perekat (5 dan 10%). Evaluasi eksperimental tersebut difokuskan pada karakteristik proksimat briket seperti kadar air, kadar abu, kadar zat volatil, dan kadar karbon tetap, serta nilai kalor briket yang telah diproduksi. Hasilnya menunjukkan bahwa briket dengan komposisi 25% arang kopi dan 75% tempurung kelapa dengan perekat 5% menghasilkan nilai kalor tertinggi 30.02 MJ/kg; dan secara tidak langsung berpengaruh terhadap kadar karbon briket. Sebaliknya, nilai kadar air, kadar abu, dan kadar zat volatil tertinggi pada komposisi bahan yang sama tetapi menggunakan 10% perekat yaitu sebesar 2.74%, 4.68% dan 59.05%, secara berturut-turut. Temuan ini menyoroti kualitas briket secara signifikan dipengaruhi oleh jumlah perekat tertentu. Dengan demikian, studi ini menunjukkan potensi briket limbah biomassa sebagai sumber energi yang layak dan berkelanjutan, menawarkan manfaat ekonomi dan lingkungan melalui pemanfaatan yang efektif untuk mengurangi emisi karbon.

Kata kunci: ampas kopi, briket, jumlah perekat, komposisi biomassa, tempurung kelapa.

1. Pendahuluan

Pemanasan global dan perubahan iklim adalah dua hal yang tidak dapat dihindari dan membutuhkan perhatian global sebagai akibat dari meningkatnya konsumsi energi fosil [1]. Hal ini menjadikan diperlukannya kebijakan untuk mensubstitusi energi fosil yang tidak terbarukan dengan energi terbarukan seperti energi biomassa. Energi biomassa adalah energi yang diperoleh dari pemanfaatan sumber daya hayati primer, sekunder, atau

tersier untuk menghasilkan listrik dan panas. Salah satu sektor yang berkontribusi besar terhadap penyediaan energi biomassa adalah sektor pertanian dan kehutanan [2]. Sebagai contoh, limbah ampas kopi dan tempurung kelapa merupakan limbah biomassa yang belum dimanfaatkan secara optimal dan banyak berakhir di tempat pembuangan akhir atau *landfill*. Jika ditinjau dari komposisi kimianya, ampas kopi memiliki 12.4% selulosa, 39.1% hemiselulosa, dan 23.9% lignin [3]. Berbeda dengan

tempurung kelapa memiliki kandungan selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang lebih tinggi yaitu antara 54–65%, 4–5%, dan 30–42% secara berturut-turut [4]. Oleh karena itu, limbah tersebut memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan.

Secara umum briket adalah bahan bakar padat berbahan baku limbah biomassa yang dibuat melalui berbagai proses seperti pengkarbonan dengan suhu tertentu, penambahan perekat dengan jumlah tertentu, dan pemadatan [5]. Apabila dibandingkan dengan bahan bakar biomassa konvensional seperti kayu bakar dan arang, briket menghasilkan panas yang lebih tinggi, lebih stabil, lebih lama, dan lebih merata selama proses pembakaran. Selain itu, biobriket juga mempermudah penyimpanan dan pengangkutan, dan lebih ramah lingkungan karena membantu dalam mengelola limbah biomassa [6]. Proses pembuatan briket dimulai dengan proses karbonasi yang bertujuan untuk mengurangi kadar air dan zat-zat yang mudah menguap, menghasilkan nilai kalor yang lebih tinggi, dan meningkatkan kepadatan [7]. Lama proses karbonisasi ditentukan oleh kandungan bahan organik yang digunakan, ukuran bahan, kerapatan bahan dan jumlah oksigen yang digunakan selama proses pembakaran [5]. Tempurung kelapa yang dikarbonisasi pada suhu 500°C memiliki nilai kalor sebesar 34.91 MJ/kg [8]. Guo dkk., (2020) dalam penelitiannya mendapatkan nilai kalor briket hingga 25 MJ/kg pada suhu karbonisasi optimal antara 400 sampai 500°C. Sementara Lubwama dan Yiga, (2017) menyimpulkan bahwa nilai kalor dari briket yang dikarbonisasi lebih tinggi (23 MJ/kg) dibandingkan dengan briket limbah biomassa tanpa karbonisasi (16 MJ/kg) [9]. Selain itu, konsentrasi dan jenis bahan pengikat juga mempengaruhi karakteristik fisik briket yang dikarbonisasi termasuk nilai kalor [10]. Nilai kalor briket tempurung kelapa dengan konsentrasi perekat 10% lebih tinggi 2 MJ/kg dibandingkan dengan penggunaan konsentrasi perekat 5% [11]. Bahkan

konsentrasi perekat yang tinggi mampu menaikkan kadar zat volatil (*volatile matter*) sekitar 8-10%, tetapi menurunkan kadar abu sekitar 15-20% [12]. Sementara Setiawan dkk (2022) menjelaskan bahwa proses pengeringan dan ukuran partikel briket mempengaruhi kadar air dan tingkat keretakannya. Pada percobaannya briket tempurung kelapa yang dikeringkan pada suhu 125°C dengan ukuran partikel dan dimensi yang lebih kecil memiliki nilai kadar air sebesar 1.88%, tetapi menghasilkan tingkat keretakan tertinggi (67%) dibandingkan dengan briket yang dikeringkan pada suhu <125°C dan dimensi >1.5 cm [13]. Secara ringkas Tabel 1 menunjukkan beberapa penelitian terkait potensi limbah tempurung kelapa dan ampas kopi sebagai bahan baku briket dengan berbagai jenis dan konsentrasi perekat.

Selain itu, perbedaan kandungan selulosa dan lignin secara tidak langsung akan berpengaruh signifikan terhadap energi yang diberikan pada saat pembakaran. Secara tidak langsung variasi komposisi biomassa menjadi salah satu penentu kualitas briket yang dihasilkan, seperti pada penelitian Mandasini dkk (2018) menyimpulkan bahwa komposisi batubara dan tempurung kelapa dengan perbandingan 20%:80% memberikan hasil terbaik dengan nilai kalor, sebesar 27.19 MJ/kg dibandingkan dengan campuran batubara dan arang kulit durian dengan perbandingan 80:20 (23.82 MJ/kg) [19]. Sedangkan penelitian Mustain dkk (2021) karakteristik briket terbaik dengan nilai kalor tertinggi 25.09 MJ/kg diproduksi dari campuran arang ampas tebu dan arang tempurung kelapa dengan perbandingan 30:70. Pada penelitian tersebut penambahan arang ampas tebu maupun arang tempurung kelapa sebesar 20% akan menurunkan nilai kalor briket sebesar 10 sampai 15% [15]. Pada produksi briket diperlukan perekat tambahan meskipun lignin yang terkandung pada biomassa bertindak sebagai bahan pengikat alami selama proses pengepresan. Perekat sebagai bahan tambahan secara signifikan dapat memengaruhi kepadatan,

kekuatan, dan nilai kalor (kandungan energi) briket [20]. Oleh karena itu, jenis dan jumlah perekat yang digunakan dalam produksi briket harus dipertimbangkan untuk meningkatkan kualitas briket yang dihasilkan. Berberapa perekat seperti pati dan molase meningkatkan kohesi selama proses pembriketan, sementara perekat lain seperti kotoran sapi dinilai mampu meningkatkan efisiensi pembakaran.

Sedangkan tanah liat dan natrium silikatmenwarkan manfaat untuk meningkatkan [21]. Berdasarkan beberapa uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan kualitas briket yang dibuat dari campuran ampas kopi dan tempurung kelapa dengan berbagai variasi komposisi bahan dan jumlah molase yang diaplikasikan sebagaiperekat.

Tabel 1. Penelitian terkait pemanfaatan limbah tempurung kelapa dan ampas kopi sebagai briket.

Limbah biomassa	Karbonisasi	Perekat		Nilai kalor (MJ/kg)	Kadar abu (%)	Kadar zat volatil (%)	Karbon terikat (%)	Referensi
		Jenis perekat	Jumlah (%)					
Tempurung kelapa	✓	Tepung jagung	10	31.51	7.19	22.02	70.79	[11]
Sabut dan tempurung kelapa	✓	Molase	10	24.37–25.97	2.86–3.63	32.40–33.45	56.63–59.35	[14]
Tempurung kelapa dan ampas tebu	✓	Tepung tapioka	60	25.09	3.50	24.75	64.82	[15]
Tempurung kelapa dan sekam padi	✓	Tepung jagung	N/A	14.77–18.60	26–38	N/A	N/A	[16]
Ampas kopi	N/A	Xanthan, guar gum	5 & 10	23.50–24.45	0.52–0.91	76.33–78.88	18.00–19.20	[17]
Sampah organik, tempurung kelapa, dan ampas kopi	✓	Tepung tapioka	20	12.99–19.40	1.10–13.52	25.76–68.24	20.03–53.58	[18]

2. Metode Penelitian

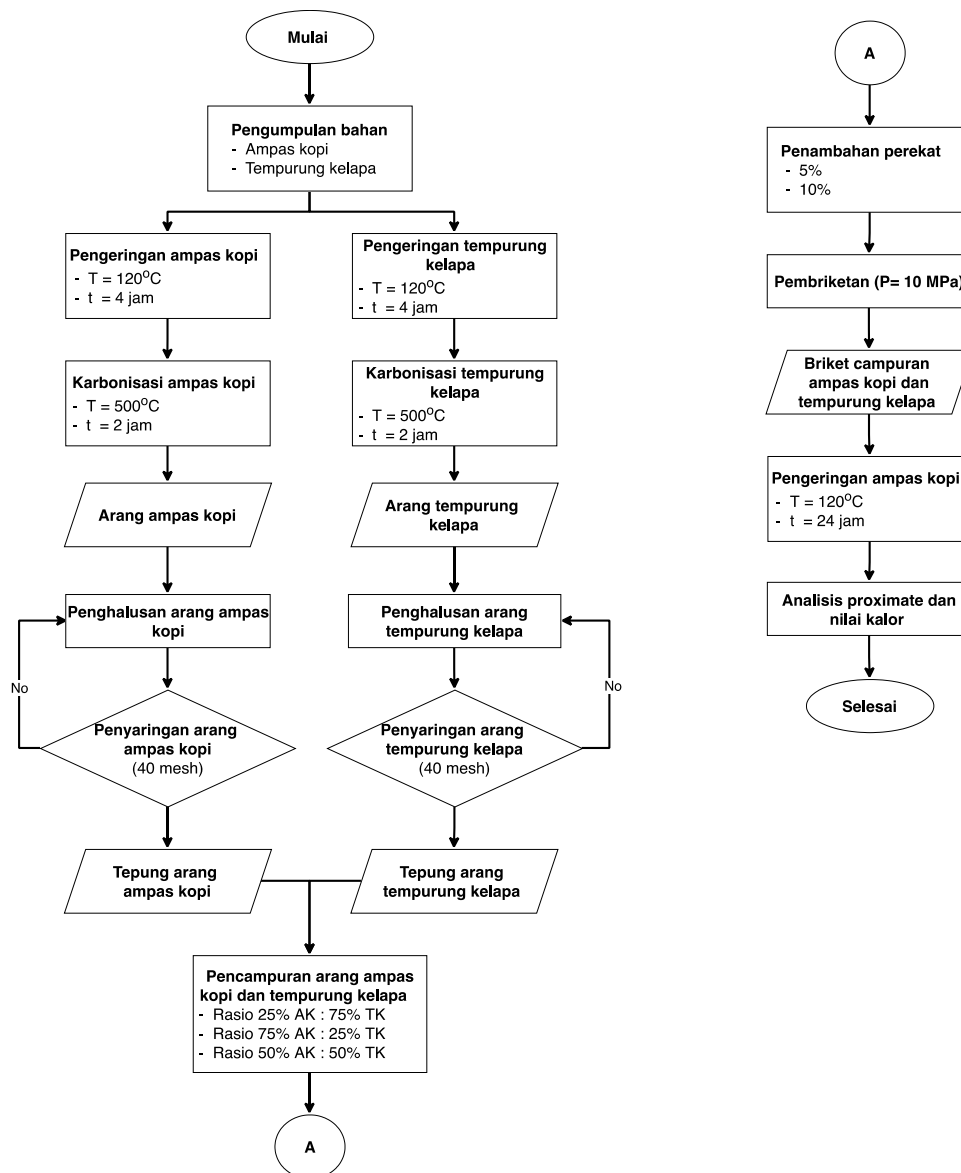
Mesin press briket dengan sistem hidrolisis dengan tekanan pengepresan 10 MPa dan tungku karbonisasi dengan pengaturan suhu 300–600°C digunakan dalam untuk memproduksi briket. Sedangkan bahan utama yang digunakan adalah ampas kopi dan tempurung kelapa dengan ukuran 40 mesh (0.42 mm) dan molases sebagai bahan tambahan atau perekat. Metode eksperimental dengan Rancangan acak lengkap (RAL) dua faktorial diaplikasikan dalam penelitian

untuk mengetahui perbedaan antara perbandingan komposisi bahan dan jumlah perekat terhadap kualitas briket. Faktor 1 adalah perbandingan komposisi ampas kopi (AK) dan tempurung kelapa (TK) sebesar 25:75%, 50:50%, dan 75:25% dan faktor 2 adalah jumlah perekat (5 dan 10%).

Proses pembuatan briket campuran ampas kopi dan tempurung kelapa diawali dengan pengeringan bahan selama 4 jam dengan suhu pengeringan 120°C. selanjutnya, bahan utama yang sudah kering dikarbonisasi di tungku karbonisasi pada

suhu 500°C selama 2 jam. Ampas kopi dan tempurung kelapa yang telah dikarbonisasi dihaluskan dengan grinder dan disaring untuk memperoleh ukuran partikel 40 mesh sebelum dilakukan proses pembriketan. Pencampuran bahan baku utama dan perekat dilakukan sesuai dengan dua faktor yang telah ditentukan. Selanjutnya, pembriketan

dilakukan dengan mesin press hidrolisis dengan tekanan pengepresan 10 MP. Briket tersebut selanjutnya di keringkan didalam oven selama 24 jam pada 120°C sebelum dianalisis proksimat dan nilai kalornya. Secara sederhana diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Analisis briket dilakukan untuk mengetahui kualitas briket, seperti kadar air, kadar abu, kadar zat volatil, kadar karbon, dan nilai kalor dengan metode SNI 1683:2021. Selanjutnya data hasil pengukuran dianalisis secara statistik dengan metode *kruskal wallis* untuk

membuktikan hipotesis penelitian, yang mana H0 menunjukkan tidak terdapat perbedaan variasi komposisi bahan dan perekat terhadap kualitas briket; sementara H1 menunjukkan terdapat perbedaan variasi persentase bahan dan perekat terhadap kualitas briket.

3. Hasil dan Pembahasan

Sebelum dilakukan proses pembriketan dengan tekanan 10 MPa, ampas kopi dan tempurung kelapa yang telah dikarbonisasi dan menjadi arang dianalisis untuk mengetahui karakteristik proksimat dengan tujuan untuk mengoptimalkan proses pembuatannya sehingga menghasilkan briket dengan kualitas yang baik (Tabel 2).

Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai kadar air dan zat mudah menguap mengalami penurunan yang signifikan

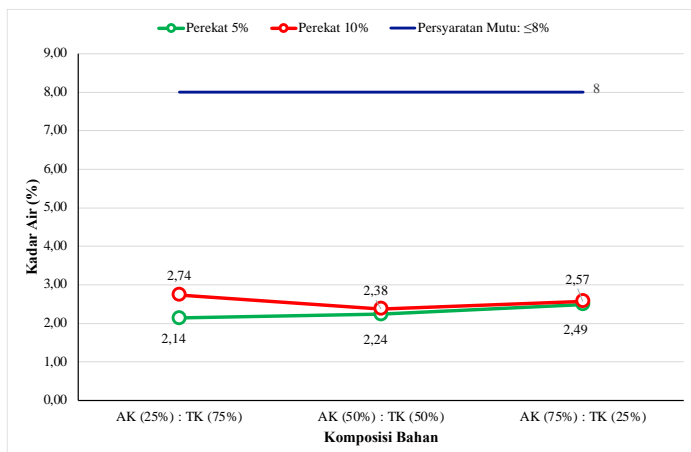
setelah dilakukan proses karbonisasi, tetapi menaikkan kadar abu dan karbon terikatnya. Proses karbonisasi dilakukan tanpa oksigen dengan suhu dan waktu tertentu berpengaruh secara signifikan terhadap analisis proksimat biomassa. Suhu karbonisasi yang tinggi akan meningkatkan kadar karbon yang lebih besar tetapi waktu proses yang berlebihan dapat menyebabkan kerapuhan pada biomassa. Disisi lain suhu karbonisasi yang rendah dapat menahan lebih banyak zat volatil dan akan menurunkan efisiensi pembakaran serta stabilitas briket [22].

Tabel 2. Hasil analisis proksimat ampas kopi dan tempurung kelapa.

Parameter	Satuan	Ampas kopi		Tempurung kelapa	
		Non-karbonisasi	Karbonisasi	Non-karbonisasi	Karbonisasi
Kadar air	%	6.23	3.49	10.77	5.55
Kadar abu	%	1.97	4.84	1.85	2.05
Zat volatil	%	97.71	70.16	97.30	69.64
Karbon terikat	%	0.32	25	0.85	28.31

3.1 Kadar air

Kadar air adalah salah satu faktor penting dalam menentukan kualitas briket, semakin rendah kadar air briket semakin tinggi nilai kalor yang dihasilkan. Nilai kadar air briket campuran arang ampas kopi dan tempurung kelapa telah memenuhi persyaratan mutu SNI 01-6235-2000 terkait kualitas briket arang, dengan nilai 2.14 sampai 2.74% (Gambar 2).



Gambar 2. Kadar air briket campuran arang ampas kopi dan tempurung kelapa.

Gambar 2 menunjukkan kadar air tertinggi pada briket campuran 25% AK dan 75% TK penggunaan perekat molase 10%; sementara kadar air terendah juga pada briket dengan komposisi yang sama namun mengaplikasikan perekat molase 5%. Perbedaan nilai kadar air dipengaruhi oleh kuantitas perekat yang diaplikasikan, yang mana nilai kadar air perekat molases pada penelitian ini sebesar 34%. Yirijor dan Bere (2024) menyimpulkan bahwa penambahan perekat tepung jagung dan tepung singkong 100% dari jumlah awal pada produksi briket arang tempurung kelapa mampu meningkatkan nilai kadar air briket sebesar 20–50% [11]. Penambahan jumlah perekat molases 50% dari jumlah awal pada pembuatan briket biomassa mampu meningkatkan nilai kadar air briket sebesar 12–20% terkait dengan jenis biomassa dan proses karbonisasi [23], [24]. Nurhilal dan Suryaningsih (2018) menganalisis bahwa penambahan 10% perekat pada pembuatan briket tempurung kelapa mampu meningkatkan kadar air sebesar 0.07% [14].

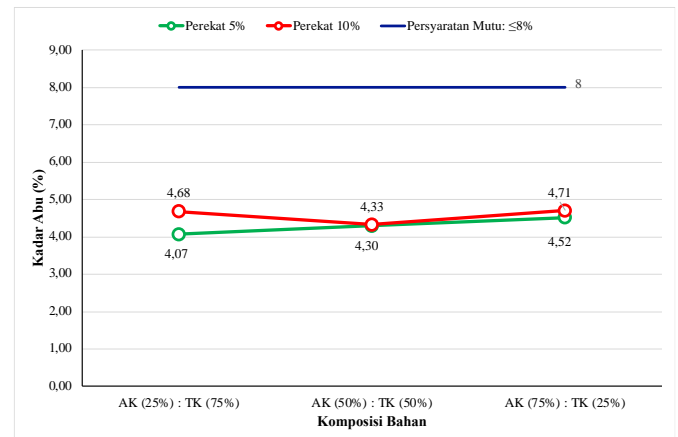
Selain itu, penambahan arang AK 25% mampu menurunkan kadar air briket sekitar 0.2%. Hal ini dipengaruhi oleh kadar air awal arang TK lebih tinggi dibandingkan dengan arang AK (Tabel 2). Aplikasi ampas kopi 100% pada pembuatan briket menghasilkan kadar air briket sebesar 9.56% [25]. Penambahan arang ampas kopi pada produksi briket campuran ampas kopi, sampah organik, dan sabut kelapa telah meningkatkan nilai kadar air briket sebesar 2.17% [18]. Yirijor dan Bere (2024) menjelaskan bahwa pembuatan briket campuran arang tempurung kelapa sebesar 10% mampu menurunkan kadar air sekitar 0.22% [14].

Hasil analisis statistik *kruskal wallis* untuk mengidentifikasi perbedaan antara faktor variasi komposisi bahan dan jumlah perekat terhadap nilai kadar air yang digunakan dalam penelitian ini. Hasilnya menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan antara variasi komposisi ampas kopi dan tempurung kelapa dengan kadar air briket dengan nilai signifikansi (*p-value*) sebesar 0.390 ($p > 0.05$). Sedangkan untuk hasil analisis statistik pada faktor jumlah perekat terhadap kadar air juga menunjukkan tidak ada perbedaan antara keduanya karena nilai signifikansi sebesar 0.055 ($p > 0.05$). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa hipotesis penelitian menunjukkan tidak terdapat perbedaan variasi persentase bahan dan perekat terhadap kualitas briket, yang berarti H_0 diterima dan H_1 ditolak.

3.2 Kadar abu

Kadar abu adalah komponen biomassa yang tidak terbakar dari proses pembakaran briket yang terdiri dari berbagai komponen mineral oksida (seperti kalsium, magnesium, kalium, natrium, fosfor, besi, dan silikon) dan pengotor [26]. Briket biomassa yang memiliki kualitas pembakaran yang baik harus memiliki kadar abu yang rendah untuk menghasilkan nilai kalor briket yang tinggi. Hasil analisis kadar abu briket campuran arang ampas kopi dan tempurung kelapa dengan nilai 4.07 sampai

4.71% dan telah memenuhi persyaratan mutu SNI 01-6235-2000 (Gambar 3).



Gambar 3. Kadar abu briket campuran arang ampas kopi dan tempurung kelapa

Gambar 3 menunjukkan bahwa pengaplikasian 75% AK dan 25% TK dan 10% perekat molases pada pembuatan briket menghasilkan nilai kadar abu tertinggi (4.71%). Sedangkan kadar abu terendah pada briket campuran 25% AK dan 75% TK dengan penggunaan 5% perekat molases (4.07%). Kadar abu meningkat seiring dengan peningkatan jumlah ampas kopi, yang mana nilai kadar abu ampas kopi lebih tinggi (4.84%) dibandingkan dengan nilai kadar abu tempurung kelapa (2.05%). Hasfianti dkk (2020) menjelaskan bahwa komposisi kimia dan jumlah mineral dari setiap biomassa secara tidak langsung berpengaruh terhadap nilai kadar abu briket yang dihasilkan [27]. Bahkan kadar abu memiliki pengaruh signifikan terhadap durasi dan suhu karbonisasi. Handayani dkk (2017) menganalisis bahwa durasi karbonisasi 150 menit menghasilkan kadar abu tertinggi sebesar 12.91% meningkat dua kali lipat dibandingkan aplikasi durasi waktu 30 menit [28]. Semakin lama durasi karbonisasi, semakin banyak kadar abu briket karena karbon akan terbakar habis dan menyisakan abu yang merupakan hasil pembakaran.

Selain itu, pada Gambar 3 juga ditunjukkan bahwa penggunaan perekat molases 10% menghasilkan kadar abu briket lebih tinggi dibandingkan dengan perekat molases 5%. Aplikasi perekat molases 5%

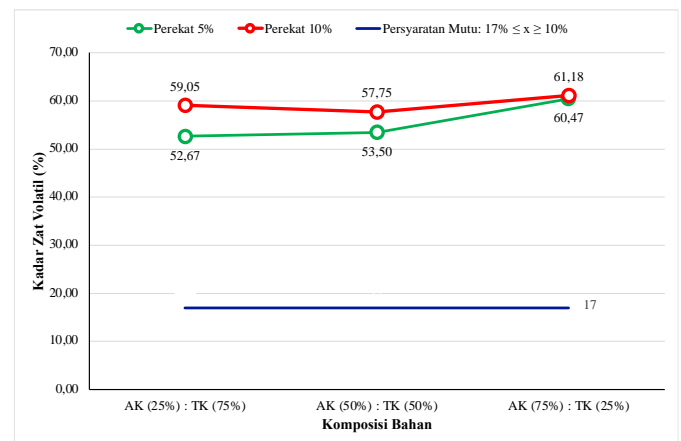
menghasilkan nilai kadar abu <4.5%. Namun, Nurhilal dan Suryaningsih (2018) menganalisis bahwa briket arang tempurung kelapa dengan perekat molases 10% menghasilkan kadar abu (2.13%) lebih rendah dibandingkan dengan briket yang diproduksi tanpa perekat (2.37%)[14]. Kadar abu briket nampaknya tidak berpengaruh secara signifikan terhadap penggunaan jumlah perekat pati yang digunakan [22]. Menurut Ng et al (2024) kadar abu briket biomassa dengan perekat pati terkadang tidak meminimalkan kadar abu briket setelah pembakaran, meskipun pati sebagai perekat mengandung mengandung elemen yang tidak mudah terbakar dan akan menambah total residu abu [29]. Kadar abu juga dapat mempengaruhi nilai kalor briket; ketika kadar abu briket tinggi maka secara tidak langsung nilai kalor akan menurun sehingga akan mempengaruhi perpindahan panas dan difusi oksigen selama pembakaran [11]. Oleh karena itu, kadar abu yang terkandung dalam briket harus serendah mungkin agar kualitas briket tetap terjaga.

Hasil analisis statistik *kruskal wallis* pada penelitian ini digunakan untuk mengidentifikasi perbedaan antara faktor variasi komposisi bahan dan jumlah perekat terhadap nilai kadar abu briket yang dihasilkan. Hasil tersebut menyatakan bahwa antara kedua faktor tidak terdapat perbedaan yang signifikan sehingga hipotesis penelitian menunjukkan tidak terdapat perbedaan perbandingan komposisi bahan dan perekat terhadap kualitas briket, yang berarti H_0 diterima dan H_1 ditolak. Nilai signifikansi (*p-value*) untuk mengetahui perbedaan antara komposisi bahan, dan jumlah perekat terhadap nilai kadar abu briket sebesar 0.219 dan 0.078 ($p>0.05$), secara berturut-turut. Oleh karena itu hasil statistik menyimpulkan bahwa perbedaan secara nyata pada analisis kadar abu tidak terbukti.

3.3 Kadar zat volatil.

Kadar zat volatil adalah komponen gas yang dilepas pada saat briket dipanaskan pada suhu 550–925°C, yang meliputi gas

yang mudah terbakar (misal metana dan karbon monoksida) dan gas yang tidak mudah terbakar (misal karbon dioksida dan uap air) [30]. Menurut Hairudin et al. (2025) kadar zat volatil pada briket secara langsung akan mempengaruhi karakteristik penyalan dan pembakaran yang berarti akan berpengaruh terhadap nilai kalor briket [22]. Nilai kadar zat volatil pada penelitian ini melebihi SNI 1683:2021 yang mensyaratkan nilainya antara 10 sampai 17% (Gambar 4).



Gambar 4. Kadar zat volatil briket campuran arang ampas kopi dan tempurung kelapa

Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai kadar zat volatil terendah pada campuran briket 25% AK dan 75% TK dengan perekat molases 5% (52.67%), sementara nilai tertinggi pada campuran briket 75% AK dan 25% TK dengan perekat molases 10% (61.18%). Nilai tersebut lebih tinggi jika dibandingkan dengan kadar volatil briket arang sabut kelapa dengan perekat tepung tapioka 15% yang telah dianalisis oleh Yirijor dan Bere (2024) sebesar 31.25% [11], dan Mfomo et al (2020) yang telah menganalisis berbagai metode karbonisasi pada berbagai jenis limbah kayu yang menghasilkan kadar zat volatil briket berkisar antara 25–35%, briket tidak akan menghasilkan *smoky flame* selama pembakaran yang berarti pembakaran tidak sempurna tidak terindikasi [31]. Sedangkan Nurhilal dan Suryaningsih (2018) menjelaskan bahwa penambahan perekat molases 10% pada produksi briket arang tempurung kelapa mampu menaikkan nilai

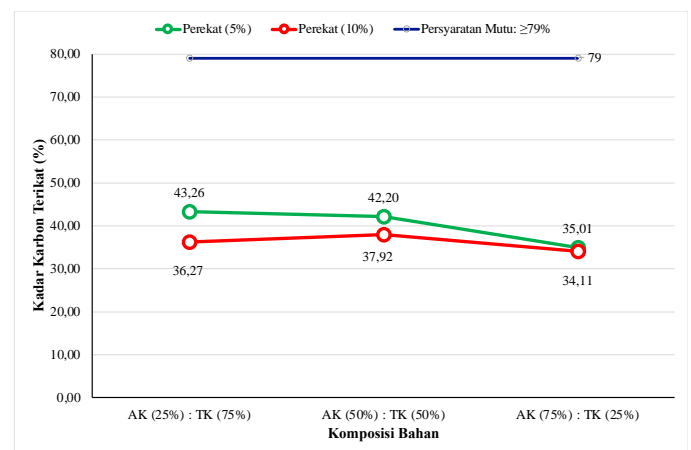
kadar zat volatil sebesar 2.96% menjadi 30.26%, sementara penambahan komposisinya pada produksi briket campuran arang tempurung dan sabut kelapa tidak menunjukkan perubahan yang signifikan[14]. Menurut Yirijor dan Bere (2024) umumnya limbah biomassa memiliki kadar zat volatil kurang kurang dari 40% untuk meningkatkan karakteristik briket [11]. Namun pada penelitian ini, kadar zat volatil arang ampas kopi dan arang tempurung kelapa sekitar 70% (Tabel 2) sehingga menjadi salah satu faktor yang menentukan kadar zat volatil briket yang diproduksi. Perbedaan temuan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya dapat disebabkan oleh jumlah zat volatil selain air yang ada dalam limbah biomassa dan bahan perekat. Oleh karena itu, kadar zat volatil yang terkandung dalam briket menjadi parameter penting untuk menentukan kualitas briket. Narzary et al. (2023) menjelaskan bahwa kadar zat volatil yang tinggi menyebabkan laju pembakaran briket lebih cepat.

Hasil analisis statistik *kruskall wallis* untuk mengidentifikasi perbedaan antara faktor variasi komposisi bahan dan jumlah perekat terhadap nilai kadar zat volatil. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai signifikansi antara faktor komposisi bahan terhadap kadar zat volatil sebesar sebesar 0.174 ($p > 0.05$), yang menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan antar keduanya. Hal yang sama juga terjadi pada antara faktor jumlah perekat terhadap kadar zat volatil dengan nilai signifikansi 0.337 ($p > 0.05$). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa hipotesis penelitian menunjukkan tidak terdapat perbedaan variasi perbandingan komposisi bahan dan perekat terhadap kualitas briket, yang berarti H_0 diterima dan H_1 ditolak.

3.4 Kadar karbon tetap

Kadar karbon terikat adalah komponen karbon yang tersisa setelah zat volatil dihilangkan selama pembakaran dan dikurangi dengan kadar abu sebagai sisa pembakaran. Menurut Racero-Galaraga (2024) karbon tetap dalam biomassa sangat

penting untuk menghasilkan energi dan bereaksi dengan oksigen untuk membentuk karbon dioksida dan panas sebagai produk dalam reaksi pembakaran. Oleh karena itu, jumlah dan kualitas karbon tetap berpengaruh signifikan terhadap efisiensi pembakaran, yang mana biomassa yang mengandung karbon tetap tinggi lebih efektif dalam memproduksi panas dan emisi yang dihasilkan selama pembakaran (seperti karbon monoksida dan *particulate matter*) [32].



Gambar 5. Kadar karbon terikat briket campuran arang ampas kopi dan tempurung kelapa.

Pada penelitian ini kadar karbon terikat berkisar antara 34.11–43.26% (Gambar 5). Secara keseluruhan hasil tersebut belum memenuhi SNI 1683:2021 yang mensyaratkan kadar karbon terikat briket $\geq 79\%$. Gambar 5 menunjukkan bahwa briket campuran 25% AK dan 75% TK dengan penambahan perekat molases 5% menghasilkan kadar karbon terikat tertinggi (43.26%), dan sebaliknya briket campuran 75% AK dan 25% TK dengan perekat molases 10% menghasilkan kadar karbon terikat terendah (34.11%). Penambahan perekat molases yang mengandung pati telah mempengaruhi penurunan kadar karbon terikat briket. Seperti halnya penelitian Hairudin et al. (2025) yang menjelaskan bahwa penambahan perekat pati dari 2% menjadi 5% mampu menurunkan kadar karbon terikat briket arang kayu sebesar 21.66% [22]. Hal ini menunjukkan bahwa briket dengan perekat dengan jumlah rendah

cenderung lunak, ringan, dan mampu terbakar dalam waktu lama, sehingga untuk mengoptimalkan konsentrasi perekat sangat penting untuk meningkatkan kandungan karbon tetap.

Selain itu pada penelitian ini nilai karbon terikat briket juga ditentukan oleh kadar karbon terikat arang ampas kopi dan tempurung kelapa sebesar 25 dan 28.31% (Tabel 2). Secara tidak langsung jumlah komposisi material yang digunakan dalam produksi briket juga mempengaruhi kadar karbon terikatnya, yang mana kadar karbon terikat meningkat seiring dengan peningkatan komposisi tempurung kelapa. Bahkan Yirijor dan Bere (2024) penelitian menyimpulkan bahwa kadar terikat pada briket biomassa juga ditentukan oleh ukuran partikel. Briket yang diproduksi dari arang tempurung kelapa berukuran 60 mesh dengan perekat tepung tapioka menghasilkan kadar karbon terikat (68.52%) lebih tinggi dibandingkan briket yang diproduksi dari arang tempurung kelapa berukuran 40 mesh (57.58%) [11]. Kadar karbon terikat yang tinggi pada briket akan meningkatkan nilai kalor briket, tetapi jika dikaitkan dengan pembakaran, karbon terikat akan lebih lambat terbakar dibandingkan dengan zat volatil. Hairudin et al. (2025) menjelaskan bahwa kadar karbon terikat yang tinggi adalah komponen biomassa yang mudah terbakar dan nilainya berbanding terbalik dengan nilai zat volatile [22].

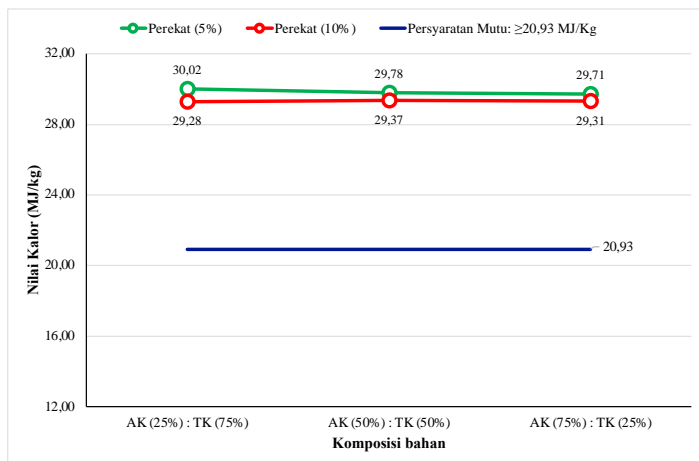
Hasil analisis statistik *kruskal wallis* untuk mengidentifikasi perbedaan antara faktor variasi komposisi bahan dan jumlah perekat terhadap nilai kadar karbon briket. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai signifikansi antara faktor komposisi bahan terhadap kadar zat karbon sebesar sebesar 0.219 ($p > 0.05$), yang menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan antar keduanya. Hal yang sama juga terjadi pada antara faktor jumlah perekat terhadap kadar karbon dengan nilai signifikansi 0.337 ($p > 0.05$). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa hipotesis penelitian menunjukkan tidak terdapat perbedaan

variasi perbandingan komposisi bahan bahan dan perekat terhadap kadar karbon briket, yang berarti H0 diterima dan H1 ditolak.

3.5 Nilai kalor

Nilai kalor adalah parameter penting untuk menentukan kualitas pembakaran briket melalui penentuan energi yang dihasilkan pada saat briket dibakar dengan menggunakan *bomb calorimeter*. Nilai kalor dari briket campuran arang ampas kopi dan tempurung kelapa berkisar antara 29.16 sampai 30.27 MJ/kg (Gambar 6); apabila ditinjau dari SNI 1683:2021 nilai kalor briket telah memenuhi persyaratan mutu yaitu ≥ 20.93 MJ/kg. Nilai kalor tertinggi tercatat pada perlakuan komposisi 25% AK dan 75% TK dengan perekat molases 5% sebesar 30.02 MJ/kg diikuti perlakuan komposisi 50% AK dan 50% TK dengan perekat 5%. Sedangkan nilai kalor terendah pada perlakuan komposisi 25% AK dan 75% TK dengan perekat molases 10% sebesar 29.28 MJ/kg. Nilai kalor yang diperoleh dari penelitian ini lebih tinggi daripada temuan Yirijor dan Bere (2024), yang melaporkan bahwa nilai kalor briket arang tempurung kelapa dengan perekat tepung jagung 5% sebesar 26.79 MJ/kg [11]; serta temuan dari Espuelas et al (2020), yang melaporkan nilai kalor briket ampas kopi dengan penambahan dosis perekat 5 dan 10% berkisar antara 23.50–24.45 MJ/kg [17]. Secara umum, nilai kalor briket tidak nampak mengalami perubahan yang berarti. Hairudin et al. (2025) menjelaskan bahwa penambahan persentase perekat yang mengandung pati ke dalam briket mampu menurunkan nilai kalor briket karena jumlah kandungan perekat sebagai material tambahan yang berlebihan akan mengurangi kepadatan briket yang menyiratkan waktu pembakaran menjadi lebih pendek [22]. Perekat berpotensi menurunkan nilai kalor briket karena dapat meningkatkan sifat mekanis briket dengan mengganti sebagian kandungan karbon dan energi dari biomassa, dan sifat perekat itu sendiri yang tidak mudah terbakar [21]. Jenis dan jumlah perekat yang diaplikasikan dalam produksi briket biomassa memiliki

pengaruh cukup besar terhadap kadar kalor karena adanya penggabungan material antara perekat dan biomassa yang memiliki kandungan energi yang berbeda. Selain itu, hasil penelitian ini juga bertolak belakang dengan penelitian Yirijor dan Bere (2024) yang menyatakan bahwa nilai kalor briket arang tempurung kelapa akan meningkat seiring dengan penambahan perekat. Namun, secara tidak langsung ukuran partikel bahan memiliki pengaruh terhadap kontak oksigen selama pembakaran; yang mana semakin kecil ukuran partikel briket luas permukaan akan semakin tinggi sehingga memiliki kontak yang lebih baik dengan oksigen dan meningkatkan efisiensi pembakaran [11].



Gambar 6. Nilai kalor terikat briket campuran arang ampas kopi dan tempurung kelapa.

Gambar 6 menunjukkan bahwa penambahan arang ampas kopi saat pembuatan briket dapat menurunkan nilai kalor briket, meskipun perubahan tersebut tidak secara signifikan menurunkan nilainya. Berbeda dengan penelitian Ahmadien dkk (2024) yang melaporkan bahwa aplikasi 20% ampas kopi dan 80% sabut kelapa menghasilkan nilai kalor 20.54MJ/kg lebih rendah 4% dari briket yang dibuat dari 80% ampas kopi dan 20% sabut kelapa dengan perekat yang sama 15% tepung tapioka [33]. Setiap bahan baku memiliki nilai kalor yang berbeda sesuai dengan karakteristik bahan yang digunakan. Selain itu, nilai kalor juga berkorelasi dengan kadar abu briket, semakin tinggi kadar abu briket maka nilai kalornya akan

semakin rendah [23]. Oleh karena itu, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa briket campuran arang ampas kopi dan tempurung kelapa dapat digunakan sebagai energi alternatif yang memadai, dan mampu mengurangi pencemaran lingkungan akibat tidak optimalnya pengelolaan limbah biomassa, serta mengurangi penggunaan sumber daya, misalnya penebangan hutan untuk memenuhi permintaan energi.

Hasil analisis statistik *kruskal wallis* bertujuan untuk mengidentifikasi perbedaan antara faktor variasi komposisi bahan dan jumlah perekat terhadap nilai nilai kalor briket yang dihasilkan. Hasil tersebut menyatakan bahwa antara faktor perbandingan komposisi bahan terhadap nilai kalor tidak terdapat perbedaan yang signifikan dengan nilai signifikansi (*p-value*) 0.760 ($p > 0.05$). Hipotesis penelitian menunjukkan tidak terdapat perbedaan variasi komposisi bahan dan perekat terhadap nilai kalor briket, yang berarti H_0 diterima dan H_1 ditolak. Bertolak belakang dengan hasil analisis antara faktor jumlah perekat dengan nilai kalor menunjukkan bahwa nilai signifikansi (*p-value*) 0.004 ($p < 0.05$), yang berarti antara faktor jumlah perekat dan nilai kalor terdapat perbedaan signifikan, sehingga dapat disimpulkan bahwa hipotesis H_1 diterima dan H_0 ditolak.

4. Kesimpulan

Penelitian ini menyelidiki secara menyeluruh karakteristik proksimat briket yang terbuat dari ampas kopi dan tempurung kelapa, dengan fokus pada berbagai perbandingan komposisi bahan dan jumlah perekat molases. Analisis mengungkapkan bahwa briket dengan perekat molases 5% mencapai nilai kalor tertinggi antara 29.71 sampai 30.02 MJ/kg, sehingga menghasilkan energi pembakaran yang lebih tinggi. Studi ini juga menemukan bahwa briket dengan jumlah perekat molases 10% memiliki kadar air yang tinggi karena dipengaruhi oleh nilai kadar air perekat molases sebesar 34%. Sebaliknya, kadar zat volatil dan kadar abu briket yang diproduksi dengan perekat molases 10%

memiliki nilai yang lebih tinggi, yang berarti bahwa perpindahan panas dan difusi oksigen selama pembakaran rendah dan berdampak langsung pada penurunan nilai kalor briket. Aplikasi jumlah perekat dalam penelitian ini memiliki perbedaan signifikan terhadap nilai kalor yang dihasilkan, tetapi tidak menunjukkan perbedaan signifikan terhadap karakteristik proximate lainnya. Selain itu, perbandingan komposisi bahan melalui peningkatan jumlah ampas kopi yang diaplikasikan akan menaikkan nilai kadar abu briket. Meskipun demikian, penambahan komposisi ampas kopi pada proses pembuatan briket telah menghasilkan briket yang memenuhi persyaratan mutu SNI 01-6235-2000 untuk kadar air, kadar abu, dan kadar karbon terikat tetapi tidak berlaku untuk kadar zat volatil briket. Komposisi kimia dan jumlah mineral dari setiap biomassa secara tidak langsung berpengaruh terhadap karakteristik briket yang dihasilkan.

Berdasarkan temuan penelitian ini, sebuah rekomendasi diajukan untuk lebih meningkatkan efektivitas briket ampas kopi dan tempurung kelapa. Penyelidikan terkait stabilitas jangka panjang briket selama proses penyimpanan. Pemahaman tentang bagaimana karakteristik proksimat dan nilai briket ini berubah seiring waktu sangat penting, termasuk mekanisme evaluasi aspek-aspek yang mempengaruhinya. Dengan demikian, penentuan kondisi penyimpanan yang tepat dapat memastikan efektivitas briket dalam jangka panjang.

Referensi

- [1] M. A. Azni, R. Md Khalid, U. A. Hasran, and S. K. Kamarudin, "Review of the Effects of Fossil Fuels and the Need for a Hydrogen Fuel Cell Policy in Malaysia," *Sustainability*, vol. 15, no. 5, p. 4033, Feb. 2023, doi: 10.3390/su15054033.
- [2] I. M. Tijjani Usman, Y.-C. Ho, L. Baloo, M.-K. Lam, and W. Sujarwo, "A comprehensive review on the advances of bioproducts from biomass towards meeting net zero carbon emissions (NZCE)," *Bioresource Technology*, vol. 366, p. 128167, Dec. 2022, doi: 10.1016/j.biortech.2022.128167.
- [3] V. D. Pratiwi and I. Mukhaimin, "Pengaruh Suhu dan Jenis Perekat Terhadap Kualitas Biobriket dari Ampas Kopi dengan Metode Torefaksi," *CHEESA*, vol. 4, no. 1, p. 39, Apr. 2021, doi: 10.25273/cheesa.v4i1.7697.39-50.
- [4] Q. Wang and J. Sarkar, "Pyrolysis behaviors of waste coconut shell and husk biomasses," *Int. J. EQ*, vol. 3, no. 1, pp. 34–43, Jan. 2018, doi: 10.2495/EQ-V3-N1-34-43.
- [5] R. K. Dewi and M. I. Hudha, "Kualitas Biobriket Cangkang Kemiri Melalui Proses Karbonisasi Microwave dengan Bahan Perekat Tepung Gembili (*Dioscorea esculenta* L) dan Tepung Mbote (*Colocasia esculenta*)," *J. Tek. Kim. Ling*, vol. 6, no. 1, pp. 76–83, Apr. 2022, doi: 10.33795/jtkl.v6i1.277.
- [6] H. Hadiyanto, W. Z. Pratiwi, Y. Wahyono, M. N. Fadlilah, and I. Dianratri, "Potential of biomass waste into briquette products in various types of binders as an alternative to renewable energy: A review," presented at the The 6th International Conference on Energy, Environment, Epidemiology and Information System(ICENIS) 2021: Topic of Energy, Environment, Epidemiology, and Information System, Semarang, Indonesia, 2023, p. 020018. doi: 10.1063/5.0125069.
- [7] P. Kipngetich, R. Kiplimo, J. K. Tanui, and P. Chisale, "Effects of carbonization on the combustion of rice husks briquettes in a fixed bed," *Cleaner Engineering and Technology*, vol. 13, p. 100608, Apr. 2023, doi: 10.1016/j.clet.2023.100608.
- [8] K. Winangun, Muh. Malyadi, and A. Rifay, "Analisa karakteristik briket campuran bahan dasar tempurung

- kelapa, kulit kacang, dan kulit kedelai terhadap nilai kalor menggunakan metode torefaksi microwave,” *Turbo*, vol. 10, no. 1, June 2021, doi: 10.24127/trb.v10i1.1537.
- [9] M. Lubwama and V. A. Yiga, “Development of groundnut shells and bagasse briquettes as sustainable fuel sources for domestic cooking applications in Uganda,” *Renewable Energy*, vol. 111, pp. 532–542, Oct. 2017, doi: 10.1016/j.renene.2017.04.041.
- [10] E. F. Aransiola, T. F. Oyewusi, J. A. Osunbitan, and L. A. O. Ogunjimi, “Effect of binder type, binder concentration and compacting pressure on some physical properties of carbonized corncob briquette,” *Energy Reports*, vol. 5, pp. 909–918, Nov. 2019, doi: 10.1016/j.egyr.2019.07.011.
- [11] J. Yirijor and A. A. T. Bere, “Production and characterization of coconut shell charcoal-based bio-briquettes as an alternative energy source for rural communities,” *Heliyon*, vol. 10, no. 16, p. e35717, Aug. 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e35717.
- [12] Z. Guo *et al.*, “Characteristics of biomass charcoal briquettes and pollutant emission reduction for sulfur and nitrogen during combustion,” *Fuel*, vol. 272, p. 117632, July 2020, doi: 10.1016/j.fuel.2020.117632.
- [13] I. M. P. Setiawan, E. Mardawati, and D. Nurliasari, “Pengaruh Temperatur Pengeringan serta Dimensi Biobriket Tempurung Kelapa terhadap Kualitas dan Kelayakan Ekonominya,” *j. teknol. pertan. n.a.*, vol. 26, no. 2, p. 175, Sept. 2022, doi: 10.25077/jtpa.26.2.175-182.2022.
- [14] O. Nurhilal and S. Suryaningsih, “Pengaruh Komposisi Campuran Sabut dan Tempurung Kelapa terhadap Nilai Kalor Biobriket dengan Perikat Molase,” *JlIF*, vol. 2, no. 1, pp. 8–14, Jan. 2018, doi: 10.24198/jiif.v2i1.15606.
- [15] A. Mustain, C. Sindhuwati, A. A. Wibowo, A. S. Estelita, and N. L. Rohmah, “Pembuatan Briket Campuran Arang Ampas Tebu dan Tempurung Kelapa sebagai Bahan Bakar Alternatif,” *J. Tek. Kim. Ling*, vol. 5, no. 2, pp. 100–106, Oct. 2021, doi: 10.33795/jtkl.v5i2.183.
- [16] Jamilu Tanko, Umaru Ahmadu, Umar Sadiq, and Alhassan Muazu, “Characterization of Rice Husk and Coconut Shell Briquette as an Alternative Solid Fuel,” *Advanced Energy Conversion Materials*, pp. 1–12, Nov. 2020, doi: 10.37256/aecm.212021608.
- [17] S. Espuelas, S. Marcelino, A. M. Echeverría, J. M. Del Castillo, and A. Seco, “Low energy spent coffee grounds briquetting with organic binders for biomass fuel manufacturing,” *Fuel*, vol. 278, p. 118310, Oct. 2020, doi: 10.1016/j.fuel.2020.118310.
- [18] A. Septian Erdiyanto, M. Hasbi Asshidiqi, and G. Syachrir, “Bio-Briquettes Production from Spent Coffee Grounds, Composite Organic Waste, and Coconut Shells by Using Carbonization,” *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, vol. 1395, no. 1, p. 012010, Sept. 2024, doi: 10.1088/1755-1315/1395/1/012010.
- [19] Mandasini, Sungkono, and T. Syarif, “Biobriquette Characteristics of Mixture of Coal-Biomass Solid Waste Agro,” *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, vol. 175, p. 012031, July 2018, doi: 10.1088/1755-1315/175/1/012031.
- [20] A. Anatasya, N. A. K. Umiati, and A. Subagio, “The Effect of Binding Types on the Biomass Briquette Calorific Value from Cow Manure as a Solid Energy Source,” *E3S Web Conf.*, vol. 125, p. 13004, 2019, doi: 10.1051/e3sconf/201912513004.

- [21] O. F. Obi, R. Pecenka, and M. J. Clifford, "A Review of Biomass Briquette Binders and Quality Parameters," *Energies*, vol. 15, no. 7, p. 2426, Mar. 2022, doi: 10.3390/en15072426.
- [22] N. A. M. Hairudin, N. Y. Yahya, and Y. S. Lee, "Pilot evaluation of carbonization temperature and binder percentage on the properties of construction and demolition waste briquettes," *Next Research*, vol. 2, no. 3, p. 100440, Sept. 2025, doi: 10.1016/j.nexres.2025.100440.
- [23] A. Ismayana and Moh. R. Afriyanto, "Pengaruh Jenis Dan Kadar Bahan Perikat Pada Pembuatan Briket Blotong Sebagai Bahan Bakar Alternatif," *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, vol. 21, no. 3, pp. 186–193, 2011.
- [24] A. A. Mufti, M. Akram, Y. Lisafitri, and E. Kurnianingtyas, "Analisis Variasi Jenis Perikat Tetes Tebu dan Tepung Tapioka Pada Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu Menjadi Briket," *AL-Ard Jurnal Teknik Lingkungan*, vol. 9, no. 2, pp. 71–77, Mar. 2024, doi: <https://doi.org/10.29080/alard.v9i2.1857>.
- [25] A. Brunerová *et al.*, "Valorization of Bio-Briquette Fuel by Using Spent Coffee Ground as an External Additive," *Energies*, vol. 13, no. 1, p. 54, Dec. 2019, doi: 10.3390/en13010054.
- [26] S. V. Vassilev, C. G. Vassileva, Y.-C. Song, W.-Y. Li, and J. Feng, "Ash contents and ash-forming elements of biomass and their significance for solid biofuel combustion," *Fuel*, vol. 208, pp. 377–409, Nov. 2017, doi: 10.1016/j.fuel.2017.07.036.
- [27] F. E. Hasfianti, E. Sriningsih, and D. Subhanuddin, "Kualitas Briket Berbahan Limbah Tebangan Kayu Galam sebagai Produk Energi Alternatif," *j.penelit.has.kehutan*, vol. 37, no. 7, pp. 217–224, Jan. 2020, doi: 10.20886/jphh.2019.37.3.217-224.
- [28] H. E. Handayani, Y. B. Ningsih, and M. S. Meriansyah, "Effects of carbonization duration on the characteristics of bio-coal briquettes (coal and cane waste)," *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.*, vol. 478, p. 012027, Feb. 2019, doi: 10.1088/1757-899X/478/1/012027.
- [29] K. W. Ng, K. Liu, and X. Huang, "Biocarbon utilization in cokemaking by partial briquetting," *Fuel*, vol. 365, p. 131283, June 2024, doi: 10.1016/j.fuel.2024.131283.
- [30] T. Kebede, D. T. Berhe, and Y. Zergaw, "Combustion Characteristics of Briquette Fuel Produced from Biomass Residues and Binding Materials," *Journal of Energy*, vol. 2022, pp. 1–10, Mar. 2022, doi: 10.1155/2022/4222205.
- [31] Joseph *et al.*, "Carbonization techniques and wood species influence quality attributes of charcoals produced from industrial sawmill residues in Eastern Cameroon," *Bois for. trop.*, vol. 345, pp. 65–74, Oct. 2020, doi: 10.19182/bft2020.345.a31831.
- [32] D. Racero-Galaraga, J. D. Rhenals-Julio, S. Sofan-German, J. M. Mendoza, and A. Bula-Silvera, "Proximate analysis in biomass: Standards, applications and key characteristics," *Results in Chemistry*, vol. 12, p. 101886, Dec. 2024, doi: 10.1016/j.rechem.2024.101886.
- [33] I. K. Ahmadien, D. G. C. Alfian, L. P. Afisna, and D. J. Silitonga, "The Effect of Variations in The Composition of Coffee Grounds and Copeat Powder on The Characteristics of Briquettes With Tapioca Flour as A Binder," *JTI*, vol. 18, no. 2, pp. 130–142, Dec. 2024, doi: 10.36787/jti.v18i2.1714.