



Kualitas Briket Arang Daun Sagu (*Metroxylon Sp*) Menggunakan Perekat Tepung Sagu Dan Tepung Tapioka

Agustinus Hasiholan Samosir^{1*}, Herman Siruru² Jimmy Titarsol³

¹ Jurusan kehutanan, Fakultas pertanian, Universitas pattimura, Indonesia

Corresponding Author

Email:

sirherman78@gmail.com

Abstract

Sago leaves are a promising biomass waste for charcoal briquette production. This research aimed to analyze the quality of charcoal briquettes made from sago leaves (*Metroxylon sp*) using two types and four concentrations of adhesives, based on Indonesian National Standards (SNI). The study also sought to determine the influence of adhesive type, adhesive concentration, and their interaction. The adhesives used were sago flour and tapioca flour, with concentrations varying at 5%, 7%, 9%, and 11%. A 2 × 4 factorial Randomized Block Design (RBD) with three replications was employed. Briquette quality parameters tested included moisture content, ash content, volatile matter, fixed carbon, calorific value, and density. The analysis showed that adhesive concentration significantly affected most briquette quality parameters. However, the type of adhesive and the interaction between adhesive type and concentration did not show significant effects. Briquettes made with sago flour adhesive tended to have higher moisture and volatile matter content, while those with tapioca flour adhesive exhibited better fixed carbon and calorific values. Notably, only the moisture content across all treatments met the Indonesian National Standard (SNI). This research indicates that natural adhesives like sago flour and tapioca flour can be effectively used in sago leaf charcoal briquette production. Nevertheless, further optimization is needed to meet national quality standards.

Keywords: Charcoal Briquettes, Sago Leaves, Adhesive Concentration, Tapioca Starch, Biofuel Quality

Abstrak

Daun sagu merupakan salah satu limbah biomassa yang berpotensi dijadikan sebagai bahan baku briket arang. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas briket arang yang dibuat dari daun sagu (*Metroxylon sp*) dengan menggunakan dua jenis perekat dan empat konsentrasi perekat berdasarkan SNI serta mengetahui pengaruh jenis perekat, konsentrasi perekat dan interaksi jenis perekat dengan konsentrasi perekat. Jenis perekat yang digunakan adalah tepung sagu dan tepung tapioka dengan variasi konsentrasi 5%, 7%, 9%, dan 11%. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial 2 × 4 yang diulang tiga kali. Parameter kualitas briket yang diuji meliputi kadar air, kadar abu, zat menguap, karbon terikat, nilai kalor, dan kerapatan. Hasil analisis menunjukkan bahwa konsentrasi perekat berpengaruh signifikan terhadap sebagian besar parameter kualitas briket, sedangkan jenis perekat dan interaksi jenis perekat dengan konsentrasi perekat tidak berpengaruh signifikan. Briket dengan perekat tepung sagu cenderung memiliki kadar air dan zat menguap yang lebih tinggi, sedangkan briket dengan perekat tepung tapioka menunjukkan nilai karbon terikat dan nilai kalor yang lebih tinggi. Namun, seluruh perlakuan yang memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) yaitu kadar air. Penelitian ini menunjukkan bahwa perekat alami seperti tepung sagu dan tepung tapioka dapat dimanfaatkan dalam pembuatan briket arang daun sagu, namun diperlukan optimasi lebih lanjut untuk memenuhi standar mutu nasional.

Kata Kunci: Briket arang, daun sagu, perekat alami, tepung sagu, tepung tapioka, kualitas briket.

1. PENDAHULUAN

Penggunaan energi berbasis fosil semakin memperlihatkan kelemahannya, bukan hanya karena keterbatasan cadangan yang kian menyusut, tetapi juga akibat dampak ekologis yang menyertainya. Pembakaran bahan bakar fosil, yang selama ini menopang kebutuhan energi global, telah melepaskan emisi gas rumah kaca dalam jumlah besar, mempercepat perubahan iklim dan mengganggu

keseimbangan sistem bumi (Manurung & Nugraha, 2020). Ketergantungan yang berlarut-larut terhadap sumber daya yang tidak terbarukan ini menuntut dunia ilmiah untuk memperluas horizon pencarian sumber energi yang lebih berkelanjutan, berdaya guna, dan dapat diperoleh secara lokal dengan efisiensi biaya yang tinggi. Di sinilah biomassa, sebagai materi organik hasil proses biologis, memperoleh tempat dalam diskursus energi alternatif (Demirbas, 2021).

Indonesia yang merupakan produsen utama sagu dunia, menghasilkan limbah daun sagu dalam jumlah besar setiap tahun, daun sagu (*Metroxylon* sp) hadir bukan sekadar sebagai limbah yang terabaikan, melainkan sebagai entitas biologis yang menyimpan potensi termal tinggi. Tumbuhan sagu tumbuh luas di kawasan timur Nusantara, seperti Papua, Maluku, dan sebagian wilayah Sulawesi, meninggalkan limbah daun dalam jumlah besar setiap tahun (Sari et al., 2018). Limbah tersebut, yang selama ini hanya dijadikan bahan bakar rumah tangga dalam bentuk mentah atau dibiarkan membusuk di lantai hutan, sebenarnya menyimpan kandungan selulosa dan lignin yang tinggi dua komponen utama dalam struktur lignoselulosa yang menjadi kunci dalam proses karbonisasi biomassa. Pengolahan daun sagu menjadi briket arang, dengan penggabungan teknologi sederhana dan bahan perekat alami, dapat membuka jalan bagi diversifikasi energi yang berbasis sumber daya lokal (Putri & al., 2021).

Namun, upaya mentransformasi daun sagu menjadi bahan bakar padat yang efisien memerlukan lebih dari sekadar pembakaran dan pencetakan. Di balik proses tersebut terdapat persoalan teknis yang tidak dapat diabaikan, salah satunya berkaitan dengan pemilihan perekat (Nababan & Hutasoit, 2020). Kualitas briket arang, dalam hal kekuatan mekanik, kestabilan bentuk, efisiensi pembakaran, dan daya simpan, sangat ditentukan oleh kemampuan perekat dalam menyatukan partikel arang menjadi massa padat yang homogen (Aminah et al., 2022).

Penerapan dua jenis perekat ini dalam produksi briket arang tidak hanya mengundang pertanyaan tentang efisiensi teknis, tetapi juga menggugah pemikiran tentang optimalisasi sumber daya lokal untuk tujuan energi yang lebih luas. Setiap perekat membawa komposisi kimia yang berbeda, membentuk reaksi yang unik ketika berpadu dengan arang hasil karbonisasi. Perbedaan dalam kadar amilosa dan amilopektin, derajat viskositas, serta kemampuan menyerap air, menghasilkan performa yang beragam pada hasil akhir briket. Kualitas bahan bakar padat ini, yang diukur melalui kadar air, kadar abu, karbon terikat, nilai kalor, zat menguap, dan kerapatan, tidak hanya mencerminkan kematangan teknis suatu produk, tetapi juga memperlihatkan arah pengembangan teknologi energi bersih berbasis komunitas (Siregar & Harahap, 2021).

Tepung tapioka telah banyak diuji dalam produksi briket berbasis tempurung kelapa, sekam padi, atau tongkol jagung. Sementara itu, tepung sagu sebagai perekat masih relatif jarang ditempatkan dalam eksperimen yang eksplisit, terutama bila dibandingkan secara langsung dengan tapioka (Sulistyo & Anggraeni, 2020). Padahal, sagu memiliki keunggulan ketersediaan di wilayah tertentu yang jauh dari pusat distribusi industri perekat berbasis singkong. Penelitian ini tidak semata mengejar efisiensi bakar dari sebuah briket, tetapi lebih jauh menelusuri perbandingan performa antara dua bahan yang tumbuh dari tanah Indonesia, sebagai representasi dari kekuatan lokal yang selama ini tersembunyi di balik definisi limbah.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menjawab bagaimana variasi jenis dan konsentrasi perekat memengaruhi mutu briket arang daun sagu, baik secara fisis maupun kimiawi. Penelitian ini dirancang untuk mengetahui keterkaitan antara proporsi perekat alami dengan kualitas pembakaran dan kekuatan struktur briket. Melalui pengujian yang cermat dan pendekatan statistik eksperimental, diharapkan dapat diperoleh gambaran menyeluruh tentang performa energi dari briket yang dihasilkan.

Lebih dari sekadar pengujian laboratorium, hasil ini dapat menjadi titik tolak lahirnya inovasi berbasis lokal yang menjawab tantangan energi masa kini dan mendatang

METODE

Penelitian ini dilakukan di laboratorium teknologi hasil hutan universitas pattimura untuk proses karbonisasi.



Gambar. 1. Sketsa proses karbonisasi

Karbonisasi dilakukan selama 3 jam untuk hasil pembakaran yang merata di dalam kaleng karbonisasi konvensional. Proses uji laboratorium dilakukan di Balai Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri Ambon serta pengujian kalor di Balai Pengujian Unggas dan Aneka Ternak Bogor. Bahan utama berupa daun sagu kering yang terdiri dari tulang daun (lidi) dan helai daun dikarbonisasi dalam kaleng tertutup, lalu digiling dan diayak menggunakan saringan tyler 40 mesh dan 60 mesh. Dua jenis perekat digunakan, yaitu tepung sagu dan tepung tapioka, masing-masing dalam konsentrasi 5%, 7%, 9%, dan 11%. Perekat serbuk dilarutkan dalam air panas dengan suhu 100°C sebelum dicampur dengan serbuk arang yang sudah disaring 100g, dicetak menggunakan alat cetak konvensional berbentuk tabung dengan rongga di tengah dan ditekan, lalu dikeringkan dengan penjemuran atau oven pada suhu 60°C selama 24 jam.

Penelitian dirancang menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial $(2 \times 4) \times 3$ dengan tiga ulangan, menghasilkan 24 satuan uji untuk setiap parameter. Parameter mutu yang diamati meliputi kadar air, kadar abu, zat menguap, karbon terikat, nilai kalor, dan kerapatan, seluruhnya mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI 01-6235-2000). Kadar air diuji dengan oven 105 °C, kadar abu dan zat menguap diuji melalui tanur pengabuan, nilai kalor diukur menggunakan bomb calorimeter, sedangkan kerapatan dihitung dari massa dan volume briket.

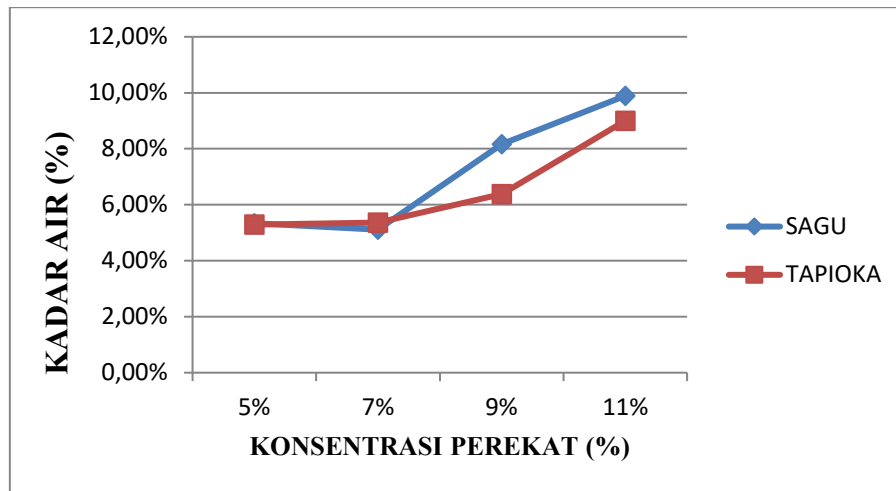
Seluruh data dianalisis menggunakan uji ANOVA dua arah dan dilanjutkan dengan uji Tukey 5% melalui perangkat lunak SPSS, untuk melihat pengaruh jenis, konsentrasi, dan interaksi keduanya terhadap mutu briket yang dihasilkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kadar Air

Hasil analisis kadar air briket arang daun sagu (*Metroxylon sp*), berkisar antara 5,11% - 9,89%, rata-rata kadar air rata-rata tertinggi 9.89% pada perlakuan konsentrasi (11%) jenis perekat tepung sagu,

sedangkan rata rata kadar air terendah sebesar 5,11% pada perlakuan konsentrasi (7%) jenis perekat tepung sagu.



Gambar 2. Representasi Grafik Kadar Air (%)

Kadar air briket arang daun sagu meningkat seiring dengan kenaikan konsentrasi perekat pada perekat tepung sagu maupun tapioka, kadar air briket arang perekat tepung sagu mengalami penurunan dari 5,34% konsentrasi (5%) menjadi 5,11% konsentrasi (7%), kemudian kadar air briket arang perekat tepung sagu mengalami peningkatan menjadi 8,16% konsentrasi (9%) dan mencapai 9,89% konsentrasi (11%). Hal ini berbeda dengan kadar air briket arang daun sagu perekat tapioka mengalami kenaikan bertahap dari 5,29% konsentrasi (5%) hingga 9,00% konsentrasi (11%). Hal ini menunjukkan bahwa hasil uji kadar air yang pada briket arang daun sagu yang memenuhi SNI ($\leq 8\%$) yaitu pada konsentrasi 5%, 7%, 9% pada perekat tepung tapioka dan konsentrasi 5%, 7% pada perekat tepung sagu.

Kadar air briket arang daun sagu jenis perekat tepung sagu dan tepung tapioka tidak jauh berbeda pada konsentrasi perekat 5% dan 7%, namun konsentrasi perekat 9% dan 11% kadar air briket arang daun sagu jenis perekat tepung sagu lebih tinggi dari kadar air briket arang tepung tapioka. Meskipun ada perbedaan pada kadar air briket arang daun sagu jenis perekat tepung sagu dan perekat tepung tapioka, namun berdasarkan hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa jenis perekat tidak berpengaruh signifikan terhadap kadar abu briket arang daun sagu

Tabel 1 Hasil Analisis Keragaman Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Perekat Terhadap Kadar Air Briket Arang Daun Sagu

SK	JK	DB	KT	F hit	Sig.
Kelompok	77.222	7	11,032	2,152	0,097
Konsentrasi	71,187	3	23,729	4,628	0,016
Perekat	2,306	1	2,306	0,450	0,512
Konsentrasi Perekat	* 3,729	3	1,243	0,242	0,865
Error	82,028	16	5,127		
Total Koreksi	159,250	23			

Hasil analisis keragaman pada Tabel 1 menunjukkan bahwa faktor jenis perekat dan interaksi faktor jenis perekat dan konsentrasi perekat tidak berpengaruh signifikan terhadap kadar air briket arang daun sagu, sedangkan faktor konsentrasi perekat berpengaruh signifikan terhadap kadar air briket arang daun sagu. Hasil ini sejalan dengan hasil temuan (Yonanda et al.,(2024) dalam penelitiannya bahwa konsentrasi

perekat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kadar air, sedangkan jenis perekat memberikan pengaruh yang tidak terlalu dominan.

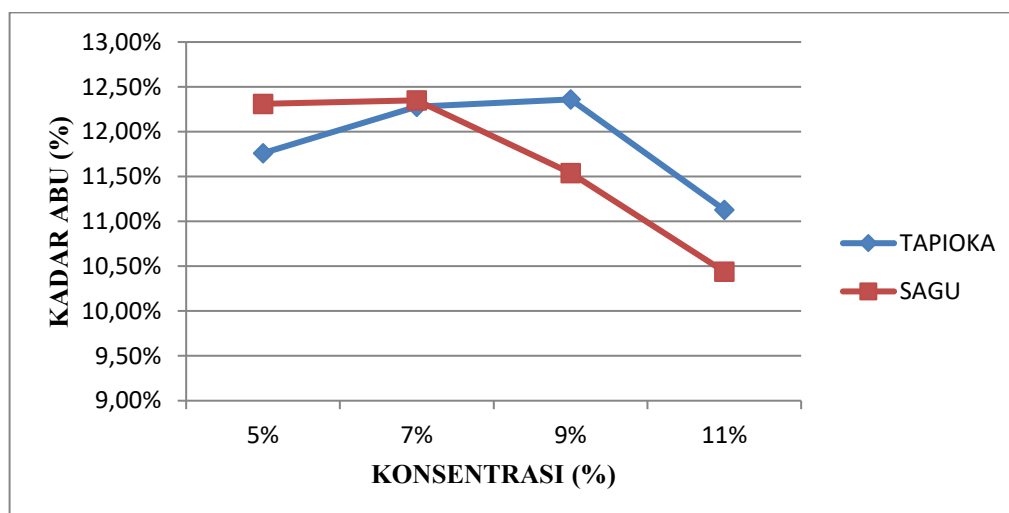
Tabel 2. Uji Tukey 5% Pengaruh Konsentrasi Perekat Terhadap Kadar Air Briket Arang Daun Sagu

Konsentrasi Perekat	Rerata		Notasi
	1	2	
5%	5,3202		A
7%	5,2368		A
9%	7,2725	7,2725	AB
11%		9,4475	B

Hasil uji Tukey 5% menunjukkan bahwa kadar air pada perlakuan 5% dan 7% tidak berbeda nyata dibandingkan konsentrasi 9%, namun kadar air pada konsentrasi 11% berbeda secara bermakna dibandingkan dua konsentrasi terendah tersebut (Lampiran 2), mengindikasikan kecenderungan peningkatan kadar air pada dosis perekat yang lebih tinggi.

2. Kadar Abu

Kadar abu *briket arang* daun sagu berada dalam kisaran 10,44% hingga 12,36%, dengan nilai tertinggi diperoleh pada konsentrasi 9% perekat tapioka dan nilai terendah pada konsentrasi 11% perekat sagu.



Gambar 3. Representasi Grafik Kadar Abu (%)

Gambar 3 menunjukkan kenaikan kadar abu pada konsentrasi rendah hingga menengah, diikuti penurunan pada konsentrasi tinggi, baik untuk perekat sagu maupun tapioka. Seluruh nilai yang diperoleh masih melebihi ambang batas maksimum kadar abu menurut SNI, yaitu $\leq 8\%$, sehingga belum memenuhi syarat standar bahan bakar padat. Meskipun terjadi variasi antar perlakuan, hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa jenis perekat tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kadar abu *briket* yang dihasilkan.

Tabel 3. Hasil Analisis Keragaman Pengaruh Jenis Dan Konsentrasi Perekat Terhadap Kadar Abu Briket Arang Daun Sagu

SK	JK	DB	KT	F	Sig.
Kelompok	10.429	7	1,490	1,946	0,128
Konsentrasi	8,250	3	2,750	3,592	0,037
Perekat	0,300	1	0,300	0,392	0,540
Konsentrasi * Perekat	1,879	3	0,626	0,818	0,503
Error	12,251	16	0,766		
Total koreksi	22,680	23			

Hasil analisis keragaman pada Tabel 3 menunjukkan bahwa faktor jenis perekat dan interaksi faktor jenis perekat dan konsentrasi perekat tidak berpengaruh signifikan terhadap kadar abu briket arang daun sagu, sedangkan faktor konsentrasi perekat berpengaruh signifikan terhadap kadar abu briket arang daun sagu. Menurut (Eling et al. (2024), menjelaskan bahwa peningkatan konsentrasi perekat pada biomassa cenderung menurunkan kadar abu karena perekat organik menambah kandungan zat terbang dan karbon terikat, sehingga fraksi tak terbakar abu menjadi lebih sedikit.

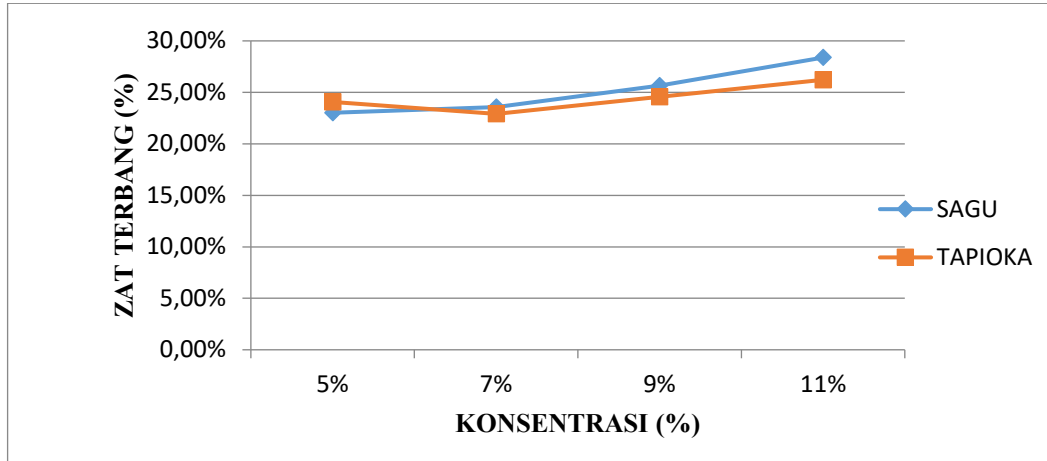
Tabel 4. Uji Tukey 5% Pengaruh Konsentrasi Perekat Terhadap Kadar Abu Briket Arang Daun Sagu

Konsentrasi Perekat	Rerata		Notasi
	1	2	
7%		12,3182	B
5%	12,0410	12,0410	AB
9%	11,9503	11,9503	AB
11%	10,7858		A

Hasil analisis kadar abu menunjukkan bahwa pada konsentrasi perekat 5%, tidak ditemukan perbedaan yang berarti dibandingkan dengan konsentrasi 7% dan 9%. Namun, kadar abu pada konsentrasi 7% menunjukkan perbedaan nyata jika dibandingkan dengan konsentrasi 11%, sebagaimana ditunjukkan dalam hasil uji lanjut yang tercantum pada Lampiran 3. Hal ini mengindikasikan adanya kemungkinan fluktuasi akibat peningkatan kadar bahan perekat pada titik tertentu.

3. Zat Terbang

Kadar zat terbang *briket arang* daun sagu berkisar antara 23,02% hingga 28,39%, dengan nilai tertinggi tercatat pada perlakuan 9% perekat tepung sagu, dan nilai terendah pada 5% dengan jenis perekat yang sama. Pada perekat sagu, terjadi peningkatan kadar zat terbang secara bertahap dari konsentrasi 5% hingga 11%. Berbeda halnya dengan perekat tapioka, di mana zat terbang sempat menurun dari 24,07% (5%) menjadi 22,92% (7%), lalu meningkat kembali hingga 26,22% pada konsentrasi 11%.



Gambar 4. Representasi Grafik Kadar Zat Terbang (%)

Perbandingan antar jenis perekat menunjukkan bahwa pada konsentrasi awal (5%), zat terbang *briket* dengan perekat tapioka lebih tinggi daripada sagu. Namun, seiring peningkatan konsentrasi, kadar zat terbang pada *briket* berbasis sagu justru melampaui nilai pada tapioka pada konsentrasi 7%, 9%, dan 11%. Seluruh kadar zat terbang yang diperoleh masih berada jauh di atas batas maksimum SNI, yaitu $\leq 15\%$, yang menunjukkan bahwa produk *briket* dari daun sagu ini belum memenuhi syarat ideal untuk parameter volatilitas.

Tabel 5. Hasil Analisis Keragaman Pengaruh Jenis Dan Konsentrasi Perekat Terhadap Zat Terbang Briket Arang Daun Sagu

SK	JK	DB	KT	F	Sig.
Kelompok	73,251	7	10,464	2,453	0,065
Perekat	3,020	1	3,020	0,708	0,412
Konsentrasi	62,173	3	20,724	4,859	0,014
Perekat * Konsentrasi	8,058	3	2,686	0,630	0,606
Error	68,243	16	4,265		
Total koreksi	141,495	23			

Hasil analisis keragaman pada Tabel 5 menunjukkan bahwa faktor jenis perekat dan interaksi dari jenis perekat dan konsentrasi perekat tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap kadar zat terbang *briket* arang daun sagu, sedangkan faktor konsentrasi perekat berpengaruh signifikan terhadap kadar zat terbang *briket* arang daun sagu. Menurut (Mangallo dkk., (2025), penggunaan bahan perekat alami seperti sagu dan tapioka dapat mempengaruhi kandungan zat terbang karena struktur kimia perekat yang bersifat mudah menguap pada suhu tinggi.

Tabel 6. Uji Tukey 5% Pengaruh Konsentrasi Perekat Terhadap Zat Terbang Briket Arang Daun Sagu

Konsentrasi Perekat	Rerata		Notasi
	1	2	
7%	23,2437		A
5%	23,5430		A
9%	25,1122	25,1122	AB
11%		27,3025	B

Kadar karbon terikat *briket arang* daun sagu tercatat berada dalam rentang 51,28% hingga 59,44%. Nilai tertinggi diperoleh pada perlakuan 7% perekat tapioka, sedangkan nilai terendah tercatat pada 11% perekat sagu. Secara umum, peningkatan konsentrasi perekat cenderung menurunkan kadar karbon terikat, baik pada perekat tepung sagu maupun tepung tapioka. Pada perekat sagu, kadar karbon terikat menurun secara bertahap dari 59,32% (5%) menjadi 51,28% (11%). Sebaliknya, pada perekat tapioka sempat terjadi peningkatan dari 58,87% (5%) ke 59,44% (7%), sebelum menurun kembali pada konsentrasi lebih tinggi.

Perbandingan antar jenis perekat menunjukkan bahwa pada konsentrasi 9% dan 11%, kadar karbon terikat *briket* dengan perekat tapioka cenderung lebih tinggi daripada sagu, meskipun secara keseluruhan masih berada di bawah batas minimum 77% yang ditetapkan oleh SNI. Hasil analisis varians memperlihatkan bahwa perbedaan jenis, konsentrasi, maupun interaksinya tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kadar karbon terikat, meski terdapat kecenderungan fluktuatif antar perlakuan.

Tabel 7. Hasil Analisis Keragaman Pengaruh Jenis Dan Konsentrasi Perekat Terhadap Karbon Terikat Briket Arang Daun Sagu

SK	JK	DB	KT	F	Sig.
Kelompok	201,073	7	28,725	2,547	0,058
Perekat	7,344	1	7,344	0,651	0,432
Konsentrasi	185,852	3	61,951	5,493	0,009
Perekat *	7,877	3	2,626	0,233	0,872
Konsentrasi					
Error	180,465	16	11,279		
Total koreksi	381,537	23			

Hasil analisis keragaman pada Tabel 7 menunjukkan bahwa faktor jenis perekat dan interaksi faktor jenis perekat dan konsentrasi perekat tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap karbon terikat briket arang daun sagu, sedangkan faktor konsentrasi perekat berpengaruh signifikan terhadap karbon terikat briket arang daun sagu. Menurut (Ratnaningsih et al., (2022) peningkatan penggunaan perekat nabati pada biomassa cenderung meningkatkan kandungan zat terbang (volatile matter) dan kelembaban, yang secara langsung menyebabkan penurunan kadar karbon terikat.

Tabel 8. Uji Tukey 5% Pengaruh Konsentrasi Perekat Terhadap Karbon Terikat Briket Arang Daun Sagu

Konsentrasi Perekat	Rerata		Notasi
	1	2	
11%	524.640		A
9%	556.648	556.648	AB
5%		590.957	B
7%		592.012	B

Pada Tabel 4.8 menunjukkan bahwa karbon terikat briket arang daun sagu pada konsentrasi perekat 7% dan 5% tidak memiliki perbedaan yang signifikan dengan 9%, akan tetapi memiliki perbedaan yang signifikan dengan perlakuan 11%. Perlakuan konsentrasi perekat 9% tidak berbeda signifikan dengan perlakuan 5%, 7% dan 11%.

Nilai kalor *briket arang* daun sagu tercatat berada pada rentang 4148,67 hingga 4303,67 kal/g. Nilai tertinggi diperoleh pada perlakuan 5% perekat tepung tapioka, sedangkan nilai terendah muncul pada perlakuan 9% perekat tepung sagu. Pola penurunan nilai kalor tampak pada kedua jenis perekat seiring peningkatan konsentrasi, meskipun fluktuasi kembali terjadi pada konsentrasi lebih tinggi. Pada perekat sagu, nilai kalor menurun dari 4293,00 kal/g (5%) menjadi 4148,67 kal/g (9%), lalu naik kembali pada konsentrasi 11%. Sementara itu, perekat tapioka menunjukkan penurunan tajam dari 4303,67 kal/g (5%) ke 4192,00 kal/g (7%), diikuti variasi kecil pada konsentrasi berikutnya.

Perbandingan antar jenis perekat memperlihatkan bahwa nilai kalor *briket* dengan perekat tapioka cenderung lebih tinggi pada konsentrasi 5%, 7%, dan 11%, meskipun perbedaannya tidak mencolok. Seluruh nilai kalor yang diperoleh masih berada di bawah batas minimum yang ditetapkan SNI (≥ 5000 kal/g), mengindikasikan bahwa kualitas termal *briket* belum mencapai standar bahan bakar padat yang ideal.

Tabel 9. Hasil Analisis Keragaman Pengaruh Jenis Dan Konsentrasi Perekat Terhadap Nilai Kalor *Briket* Arang Daun Sagu

SK	JK	DB	KT	F	Sig.
Kelompok	64251,292	7	9178,756	1,197	0,359
Perekat	1488,375	1	1488,375	0,194	0,665
Konsentrasi	44508,125	3	14836,042	1,934	0,165
Perekat * Konsentrasi	18254,792	3	6084,931	0,793	0,515
Error	122718,667	16	7669,917		
Total koreksi	186969,958	23			

Analisis varian menunjukkan bahwa variasi jenis dan konsentrasi perekat, serta interaksi keduanya, tidak memengaruhi nilai kalor *briket arang* daun sagu secara statistik. Nilai tertinggi tercatat pada perlakuan perekat tapioka 5% (4303,67 kal/g), namun perbedaan antar perlakuan masih berada dalam rentang variasi alami. Temuan ini menguatkan hasil penelitian Mirnawati (2012) yang juga menunjukkan bahwa konsentrasi perekat tidak berpengaruh terhadap nilai kalor *biobriket* berbasis sekam padi dan tempurung kelapa. Sementara itu, nilai kerapatan *briket* berkisar antara 0,460 hingga 0,570 g/cm³, dengan nilai tertinggi dicapai pada konsentrasi 11% tepung sagu. Fluktuasi tersebut tidak menunjukkan pola yang cukup jelas untuk menyimpulkan pengaruh dominan dari jenis atau kadar perekat terhadap kerapatan.

Kerapatan *briket arang* daun sagu menunjukkan kecenderungan meningkat seiring bertambahnya konsentrasi perekat pada penggunaan tepung sagu, dari 0,460 g/cm³ pada 5% hingga mencapai 0,570 g/cm³ pada 11%. Pola berbeda terjadi pada perekat tepung tapioka, di mana kerapatan justru menurun dari 0,537 g/cm³ pada 5% menjadi 0,477 g/cm³ pada 9%, kemudian kembali naik menjadi 0,557 g/cm³ pada 11%. Meskipun terdapat variasi antar perlakuan, seluruh nilai kerapatan yang diperoleh masih berada di bawah ambang ideal $\geq 0,600$ g/cm³. Perbedaan pola antara dua jenis perekat terlihat jelas pada konsentrasi tinggi, namun hasil analisis varians tidak menunjukkan adanya pengaruh nyata dari jenis perekat, konsentrasi, maupun interaksi keduanya terhadap kerapatan *briket* yang dihasilkan.

Tabel 10. Hasil Analisis Keragaman Pengaruh Jenis Dan Konsentrasi Perekat Terhadap Kerapatan Briket Arang Daun Sagu

SK	JK	DB	KT	F	Sig.
kelompok	.015	7	0,002	1,639	0,195
Konsentrasi	0,012	3	0,004	2,894	0,068
Perekat	0,001	1	0,001	0,425	0,524
Konsentrasi * Perekat	0,003	3	0,001	0,789	0,518
Error	0,022	16	0,001		
Total koreksi	0,037	23			

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh signifikan dari konsentrasi perekat, jenis perekat, maupun interaksi jenis dengan konsentrasi perekat terhadap kerapatan briket arang daun sagu. Meskipun terjadi variasi nilai kerapatan antar perlakuan, namun secara statistik fluktuasi tersebut tidak cukup kuat untuk dinyatakan sebagai perbedaan yang signifikan hasil serupa juga dilaporkan oleh (Aquino & Lestari, (2020) dalam penelitiannya terhadap briket tongkol jagung dengan variasi konsentrasi perekat kanji. Meskipun ada kecenderungan peningkatan kerapatan pada konsentrasi perekat rendah (2–4%), nilai tersebut mulai menurun pada konsentrasi lebih tinggi. Hasil ini didukung oleh penelitian (Bahtiar, (2020) yang mengevaluasi pengaruh variasi jenis dan konsentrasi perekat terhadap karakteristik briket sekam padi. Dalam hasil uji ANOVA dua arah pada parameter kerapatan, tidak ditemukan pengaruh signifikan dari interaksi antara jenis dan konsentrasi perekat, sehingga disimpulkan bahwa perekat bukanlah faktor utama yang menentukan densitas briket. Hal ini menunjukkan bahwa efek perekat terhadap kerapatan lebih cenderung bersifat marginal, terutama bila ukuran partikel bahan baku, tekanan cetak, dan kelembaban awal lebih dominan dalam mempengaruhi kepadatan briket.

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi jenis perekat (tepung sagu dan tepung tapioka) serta konsentrasi perekat (5%, 7%, 9%, dan 11%) tidak memberikan pengaruh yang berarti secara statistik terhadap mutu *briket arang* daun sagu berdasarkan parameter nilai kalor, kerapatan, kadar air, kadar abu, zat terbang, dan karbon terikat. Meskipun, terdapat kecenderungan bahwa peningkatan konsentrasi perekat tepung sagu dapat meningkatkan kerapatan, sedangkan tepung tapioka cenderung menghasilkan nilai kalor lebih tinggi, khususnya pada konsentrasi 5%.

Seluruh perlakuan dalam penelitian ini belum memenuhi standar SNI untuk nilai kalor, kerapatan, zat terbang, dan kadar abu. Oleh karena itu, diperlukan modifikasi formula atau kombinasi bahan tambahan lain untuk meningkatkan kualitas termal dan fisik *briket* berbasis limbah daun sagu agar dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif yang lebih layak secara teknis dan ekonomis.

DAFTAR PUSTAKA

- Aminah, R., Suryani, T., & Hakim, A. (2022). Pengaruh Ukuran dan Bentuk Briket terhadap Efisiensi Pembakaran. *Jurnal Energi Terbarukan*, 10(1), 45–53.
- Aquino, G. B., & Lestari, R. (2020). Pengaruh Variasi Perekat terhadap Karakteristik Briket Tongkol Jagung. *Jurnal Profesional*, 5(2), 55–61.
- Bahtiar. (2020). Pengaruh Konsentrasi dan Jenis Perekat terhadap Karakteristik Briket Arang Sekam Padi. Universitas Jember.
- Demirbas, A. (2021). *Biomass and Biofuels: Advances and Applications*. Springer.

- Mangallo, D., Pagasis, T., & Rantepulung, S. (2025). Analysis of Corncob Briquette Characteristics Using Different Adhesives in the Pyrolysis Process. ResearchGate.
- Manurung, R., & Nugraha, D. (2020). Standar Mutu Briket Arang dan Pengaruhnya terhadap Efisiensi Pembakaran. *Jurnal Energi Biomassa*, 7(2), 78–85.
- Mirnawati. (2012). Pengaruh Penambahan Konsentrasi Perekat Getah Pinus Terhadap Kualitas Briket Arang Sekam Padi dan Tempurung Kelapa. UIN Alauddin Makassar.
- Nababan, F., & Hutasoit, T. (2020). Karakteristik Briket Arang Daun Kering dengan Perekat Tepung Sagu. *Jurnal Teknologi Hasil Hutan*, 13(3), 100–108.
- Putri, L., & al., et. (2021). Pemanfaatan Limbah Daun Sagu sebagai Sumber Energi Alternatif. *Jurnal Teknologi Hijau*.
- Ratnaningsih, S. N., Sugiarti, Y., & Pradana, A. S. (2022). Pengaruh variasi jenis perekat terhadap kualitas briket arang dari limbah kayu gergajian. *Jurnal Riset*