

ANALISIS KOMPARATIF BRIKET ARANG TEMPURUNG KELAPA DAN CAMPURAN DENGAN TONGKOL JAGUNG

Comparative Analysis of Pure Coconut Shell Charcoal Briquettes and Briquettes Mixed with Corn Cobs

Febriana Tri Wulandari^{1*} & Radjali Amin²

¹Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram,
Jl. Pendidikan No.37 Mataram

²Pasca Sarjana, Institut Teknologi Yogyakarta,
Jl. Raya Janti km.4, Gedung Kuning Kec. Banguntapan, Kab. Bantul, DIY 55198
*Email: febriana.wulandari@unram.ac.id

Diterima: 12 Agustus 2025, direvisi: 16 Maret 2026, disetujui: 29 April 2026

ABSTRACT

This study aims to evaluate and compare the physicochemical quality of charcoal briquettes produced from pure coconut shells and from a mixture of coconut shells and corn cobs as alternative solid biofuels. The research is motivated by the need to optimize underutilized agricultural residues to support renewable energy development and waste valorization. Charcoal was produced through carbonization at 400 °C, followed by grinding to 60-mesh particle size and mixing with tapioca binder (10% w/w). Two formulations were prepared: (1) 100% coconut shell briquettes (TK) and (2) a 50:50 mixture of coconut shell and corn cob briquettes (TT). Briquettes were molded under 400 psi pressure and oven-dried prior to testing. The experiment employed a completely randomized design (CRD) with two treatments and three replications. The evaluated parameters included moisture content, ash content, volatile matter, fixed carbon, and calorific value, in accordance with SNI 01-6235-2000 standard testing procedures. Results showed that pure coconut shell briquettes exhibited moisture content of 0.41%, ash content of 7.10%, volatile matter of 10.35%, fixed carbon of 70.24%, and calorific value of 5,975 cal/g. In contrast, mixed briquettes showed moisture content of 0.63%, ash content of 22.77%, volatile matter of 25.68%, fixed carbon of 50.94%, and calorific value of 4,228 cal/g. Analysis of variance (ANOVA) indicated significant differences ($p < 0.05$) between treatments for ash content, volatile matter, fixed carbon, and calorific value, while moisture content did not differ significantly. Based on SNI 01-6235-2000 criteria, pure coconut shell briquettes met most quality requirements, particularly in terms of moisture, fixed carbon, and calorific value. However, mixed briquettes exceeded the allowable ash content limit, indicating the need for optimization of carbonization parameters and raw material pre-treatment. Overall, coconut shell charcoal demonstrates superior energy performance and is recommended as the primary raw material for high-quality briquette production. Nevertheless, mixed biomass formulations remain promising for circular bioenergy systems if further process refinement is implemented.

Keywords: biomass; charcoal briquettes; coconut shell; corn cob; renewable energy

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan membandingkan mutu fisikokimia briket arang yang diproduksi dari tempurung kelapa murni dan dari campuran tempurung kelapa–tongkol jagung sebagai bahan bakar padat alternatif berbasis biomassa. Studi ini dilatarbelakangi oleh kebutuhan optimalisasi limbah pertanian yang belum termanfaatkan secara maksimal guna mendukung pengembangan energi terbarukan dan sistem bioenergi sirkular. Proses pembuatan arang dilakukan melalui karbonisasi pada suhu 400 °C, dilanjutkan dengan penggilingan hingga ukuran partikel 60 mesh. Serbuk arang kemudian dicampur dengan perekat tapioka sebanyak 5% (b/b) dan dicetak menggunakan tekanan 400 psi. Dua

formulasi diuji, yaitu: (1) briket 100% tempurung kelapa (TK) dan (2) briket campuran 50:50 tempurung kelapa–tongkol jagung (TT). Briket yang telah dicetak dikeringkan dalam oven sebelum dilakukan pengujian. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan dua perlakuan dan tiga ulangan. Parameter mutu yang dianalisis meliputi kadar air, kadar abu, zat terbang, karbon terikat, dan nilai kalor, mengacu pada metode pengujian sesuai SNI 01-6235-2000. Hasil penelitian menunjukkan bahwa briket tempurung kelapa murni memiliki kadar air 0,41%, kadar abu 7,10%, zat terbang 10,35%, karbon terikat 70,24%, dan nilai kalor 5.975 kal/g. Sementara itu, briket campuran menunjukkan kadar air 0,63%, kadar abu 22,77%, zat terbang 25,68%, karbon terikat 50,94%, dan nilai kalor 4.228 kal/g. Hasil analisis ragam (ANOVA) menunjukkan adanya perbedaan nyata ($p < 0,05$) antara kedua perlakuan pada parameter kadar abu, zat terbang, karbon terikat, dan nilai kalor, sedangkan kadar air tidak berbeda nyata. Berdasarkan kriteria mutu SNI 01-6235-2000, briket tempurung kelapa memenuhi sebagian besar persyaratan mutu, khususnya pada kadar air, karbon terikat, dan nilai kalor. Namun, briket campuran memiliki kadar abu yang melebihi batas standar, sehingga memerlukan optimasi lebih lanjut pada tahap karbonisasi dan perlakuan awal bahan baku. Secara keseluruhan, tempurung kelapa menunjukkan performa energi yang lebih unggul dan direkomendasikan sebagai bahan baku utama dalam produksi briket arang bermutu tinggi. Meskipun demikian, formulasi campuran tetap memiliki potensi dalam sistem bioenergi sirkular apabila dilakukan perbaikan proses produksi secara komprehensif.

Kata kunci: biomassa; briket arang; tempurung kelapa; tongkol jagung; energi terbarukan

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan semakin meningkat seiring dengan menipisnya cadangan energi fosil dan meningkatnya kesadaran akan dampak negatifnya terhadap lingkungan. Salah satu alternatif yang cukup menjanjikan adalah penggunaan briket arang sebagai bahan bakar padat. Briket arang merupakan bahan bakar padat yang terbuat dari limbah biomassa yang dikompresi dalam bentuk tertentu dengan atau tanpa tambahan perekat. Penggunaan briket sebagai energi terbarukan tidak hanya berpotensi mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, tetapi juga dapat mendukung pengelolaan limbah biomassa secara berkelanjutan (Fitriani *et al.*, 2022; Nurfadilah *et al.*, 2021).

Salah satu limbah biomassa yang memiliki nilai kalor tinggi dan banyak tersedia di Indonesia adalah tempurung kelapa. Tempurung kelapa memiliki kandungan karbon tetap yang tinggi dan kadar abu yang rendah, sehingga menjadikannya bahan baku ideal dalam produksi briket arang berkualitas tinggi (Siregar & Naibaho, 2023). Namun, ketersediaan tempurung kelapa sebagai bahan baku briket sering kali tidak mencukupi secara merata di seluruh wilayah. Hal ini mendorong pembuatan briket dari bahan baku tempurung kelapa dengan jenis biomassa lainnya guna menekan biaya produksi dan meningkatkan efisiensi pemanfaatan limbah pertanian.

Salah satu bahan campuran potensial adalah tongkol jagung, yang merupakan limbah hasil pertanian dengan ketersediaan tinggi terutama di wilayah sentra produksi jagung. Tongkol jagung mengandung lignoselulosa yang cukup baik sebagai bahan baku briket, walaupun secara umum memiliki nilai kalor lebih rendah dibandingkan

tempurung kelapa. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pencampuran dua atau lebih jenis bahan biomassa dapat menghasilkan briket dengan karakteristik yang seimbang, baik dari sisi nilai kalor, kadar air, kekuatan tekan, hingga emisi pembakaran (Putra *et al.*, 2021; Astuti & Nurhadi, 2020).

Penelitian yang dilakukan oleh Putri *et al.* (2020) menunjukkan bahwa pencampuran tempurung kelapa dan tongkol jagung dalam rasio tertentu menghasilkan briket dengan efisiensi pembakaran yang cukup tinggi dan waktu nyala yang lebih lama dibandingkan briket tunggal dari tongkol jagung. Penelitian lain oleh Rahman *et al.* (2022) menyebutkan bahwa penambahan tongkol jagung dalam pembuatan briket dapat menurunkan biaya produksi tanpa mengorbankan kualitas secara signifikan, asalkan rasio pencampurannya diatur dengan tepat.

Namun demikian, perbandingan komprehensif antara briket arang murni dari tempurung kelapa dan briket campuran dengan tongkol jagung dalam berbagai rasio belum banyak dikaji secara mendalam dalam konteks parameter fisis dan kimia, seperti nilai kalor, kadar air, kadar abu. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan studi komparatif terhadap kedua jenis briket tersebut guna memperoleh formulasi yang terbaik dalam rangka pemanfaatan limbah biomassa secara efisien dan berkelanjutan.

II. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Metode eksperimen adalah pendekatan penelitian

kuantitatif yang digunakan untuk menguji pengaruh suatu perlakuan terhadap variabel tertentu dalam kondisi yang terkendali. Peneliti secara sengaja memanipulasi variabel bebas (perlakuan) dan mengamati dampaknya terhadap variabel terikat (hasil) sambil mengendalikan variabel lain yang mungkin memengaruhi hasil penelitian (Setiawan & Fitria, 2024). Metode eksperimen memungkinkan peneliti memperoleh kesimpulan sebab-akibat yang lebih kuat melalui desain yang sistematis dan terukur (Sari & Nugroho, 2023).

Rancangan penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) non faktorial dengan dua perlakuan, yaitu:

1. TK: Briket dari tempurung kelapa murni (100%).
2. TT: Briket dari campuran tempurung kelapa (50%) dan tongkol jagung (50%).

Proses pembuatan briket dilakukan melalui tahapan karbonisasi bahan baku pada suhu 400°C,

penghalusan arang menjadi serbuk 60 mesh, pencampuran dengan perekat tapioka (10%), pencetakan dalam bentuk briket, dan pengeringan hingga kadar air rendah untuk siap diuji kualitasnya. Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini meliputi tempurung kelapa, tongkol jagung, tepung tapioka sebagai perekat, dan air bersih sebagai pelarut perekat. Peralatan utama meliputi tungku karbonisasi drum tertutup, grinder mekanis, ayakan 60 mesh, timbangan digital presisi 0,01 g, cetakan briket hidrolik, dan oven pengering laboratorium.

Setiap perlakuan diuji sebanyak tiga kali ulangan, sehingga total terdapat enam satuan percobaan. Standar SNI 01-6235-2000 tentang Briket Arang Kayu digunakan sebagai acuan utama untuk menilai kualitas briket, termasuk parameter fisis. Standar ini mencakup pengujian kadar Air, kadar Abu, kadar zat terbang, kadar karbon terikat (*fixed carbon*) dan nilai kalor.

Table 1. Experimental Design

Tabel 1. Desain Eksperimental

| Sample | Repetition1 | Repetition 2 | Repetition 3 |
|--|-------------|--------------|--------------|
| TK (Tempurung Kelapa) | TK1 | TK2 | TK3 |
| TT (Tempurung Kelapa + Tongkol Jagung) | TT1 | TT2 | TT3 |

Data hasil pengujian kemudian dianalisis menggunakan Analisis Varians (ANOVA) untuk melihat signifikansi perbedaan antar perlakuan. Jika jumlah perlakuan lebih dari dua, uji lanjut seperti DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*) dapat digunakan, namun dalam penelitian ini tidak diperlukan karena hanya terdapat dua perlakuan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Table 2 menunjukkan bahwa briket dari tempurung kelapa (TK) memiliki kualitas yang

lebih baik dibandingkan dengan briket campuran tongkol jagung (TT). Briket TK memiliki kadar air (0,41%), kadar abu (7,10%), dan kadar zat terbang (10,35%) yang lebih rendah serta nilai kalor yang lebih tinggi (5.975 kal/g) dibandingkan TT. Selain itu, kandungan karbon terikat briket TK (70,24%) juga lebih tinggi dari TT (50,94%). Hasil ini menunjukkan bahwa briket TK lebih sesuai dengan standar mutu nasional (SNI) dan internasional, sedangkan briket TT memerlukan perbaikan mutu, terutama dalam hal kadar abu dan nilai kalor (Sutrisno *et al.*, 2023; Putri & Sari, 2023).

Table 2. Briquette Test Result Based on Standards

Tabel 2. Hasil Uji Briket Berdasarkan Standar

| Testing | Sample | | Standart | | | |
|-------------------------|--------|-------|------------------|--|--|---|
| | TK | TT | SNI 01-6235-2000 | Jepang JIS M 8812: Testing methods for coal and coke | England BS EN 1860-2: Appliances, solid fuels and firelighters for barbecuing. | USA ASTM D1762-84: Standard Test Method for Chemical Analysis of Wood Charcoal. |
| Moisture Content (%) | 0,41 | 0,63 | <8 | 6-8 | 3-4 | 6 |
| Ash Content (%) | 7,10 | 22,77 | <8 | 3-6 | 8-10 | 18 |
| Volatile matter (%) | 10,35 | 25,68 | <15 | 15-30 | 16 | 19 |
| Calorific Value (kal/g) | 5.975 | 4.228 | >5.000 | 6.000-7.000 | 7.300 | 6.500 |
| Fixed Carbon (%) | 70,24 | 50,94 | >60 | 60-80 | 75 | 58 |

Description : TK = Briket Tempurung Kelapa, TT= campuran tempurung kelapa dan tongkol jagung

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa variasi data antar ulangan relatif rendah pada sebagian besar parameter pengujian. Nilai koefisien variasi (CV) pada parameter nilai kalor dan karbon terikat berada di bawah 10%, yang menunjukkan tingkat homogenitas data yang sangat baik. Parameter kadar abu dan kadar zat

terbang menunjukkan variasi sedang dengan nilai CV berkisar antara 7–22%. Sementara itu, nilai CV pada kadar air relatif tinggi (>40%), namun hal ini disebabkan oleh nilai rata-rata kadar air yang sangat rendah (<1%), sehingga perbedaan absolut kecil antar ulangan menghasilkan nilai CV yang secara matematis tampak besar.

Table 3. Proximate Test Results and Briquette Calorific Value
Tabel 3. Hasil Uji Proksimat dan Nilai Kalor Briket

| Parameter | Sample | U1 | U2 | U3 | Mean ± SD | CV (%) | Standar SNI 01-6235-2000 | Kesesuaian |
|--|--------|-------|-------|-------|---------------|--------|--------------------------|----------------|
| Moisture Content (%) | TK | 0.63 | 0.21 | 0.39 | 0.41 ± 0.21 | 51.39 | ≤8 | Memenuhi |
| | TT | 0.30 | 0.88 | 0.72 | 0.63 ± 0.30 | 47.30 | ≤8 | Memenuhi |
| Ash Content (%) | TK | 6.14 | 7.92 | 7.24 | 7.10 ± 0.90 | 12.65 | ≤8 | Memenuhi |
| | TT | 21.95 | 22.92 | 23.44 | 22.77 ± 0.76 | 3.32 | ≤8 | Tidak memenuhi |
| Volatile Matter (%) | TK | 11.97 | 11.35 | 7.72 | 10.35 ± 2.30 | 22.19 | ≤15 | Memenuhi |
| | TT | 24.37 | 27.91 | 24.76 | 25.68 ± 1.94 | 7.56 | ≤15 | Tidak memenuhi |
| Calorific Value (cal g ⁻¹) | TK | 6059 | 5999 | 5866 | 5975 ± 98.77 | 1.65 | ≥5000 | Memenuhi |
| | TT | 4102 | 4343 | 4238 | 4228 ± 120.83 | 2.86 | ≥5000 | Tidak memenuhi |
| Fixed Carbon (%) | TK | 70.65 | 66.02 | 74.06 | 70.24 ± 4.04 | 5.74 | ≥60 | Memenuhi |
| | TT | 53.41 | 48.32 | 51.10 | 50.94 ± 2.55 | 5.00 | ≥60 | Tidak memenuhi |

Table 4. Combined ANOVA Results for All Briquette Quality Parameters
Tabel 4. Hasil ANOVA Gabungan untuk Semua Parameter Kualitas Briket

| Parameter | Source of Variation | Sum of Squares | df | Mean Square | F-value | Sig. (p-value) | Keterangan |
|------------------|---------------------|----------------|----|---------------|---------|----------------|------------------|
| Moisture Content | Between Groups | 0.075 | 1 | 0.075 | 1.116 | 0.350 | Tidak signifikan |
| | Within Groups | 0.268 | 4 | 0.067 | - | - | - |
| | Total | 0.343 | 5 | - | - | - | - |
| Ash Content | Between Groups | 368.323 | 1 | 368.323 | 534.305 | 0.000 | Signifikan |
| | Within Groups | 2.757 | 4 | 0.689 | - | - | - |
| | Total | 371.081 | 5 | - | - | - | - |
| Volatile Matter | Between Groups | 352.667 | 1 | 352.667 | 78.038 | 0.001 | Signifikan |
| | Within Groups | 18.077 | 4 | 4.519 | - | - | - |
| | Total | 370.743 | 5 | - | - | - | - |
| Calorific Value | Between Groups | 4,578,013.500 | 1 | 4,578,013.500 | 375.915 | 0.000 | Signifikan |
| | Within Groups | 48,713.333 | 4 | 12,178.333 | - | - | - |
| | Total | 4,626,726.833 | 5 | - | - | - | - |
| Fixed Carbon | Between Groups | 558.735 | 1 | 558.735 | 49.055 | 0.002 | Signifikan |
| | Within Groups | 45.560 | 4 | 11.390 | - | - | - |
| | Total | 604.295 | 5 | - | - | - | - |

Berdasarkan hasil ANOVA gabungan, komposisi bahan baku berpengaruh nyata terhadap sebagian besar parameter mutu briket, kecuali kadar air. Kadar air tidak berbeda nyata karena kedua perlakuan mengalami proses pengeringan yang sama dan seluruh nilainya masih jauh di bawah batas maksimum SNI. Sebaliknya, kadar abu, zat terbang, nilai kalor, dan karbon terikat menunjukkan perbedaan nyata, yang menandakan bahwa pencampuran tongkol jagung secara substansial mengubah karakteristik kimia dan energi briket. Kadar abu menjadi parameter paling sensitif terhadap perubahan komposisi bahan, ditunjukkan oleh nilai F tertinggi. Peningkatan kadar abu dan zat terbang pada briket campuran menyebabkan penurunan karbon terikat dan nilai kalor. Oleh karena itu, briket tempurung kelapa murni menunjukkan performa energi yang lebih baik dan lebih sesuai dengan standar mutu, sedangkan briket campuran memerlukan optimasi

Kadar air briket campuran antara tempurung kelapa dan tongkol jagung lebih tinggi (0,63%) dibandingkan dengan briket tempurung kelapa murni (0,41%). Nilai koefisien variasi (CV) sebesar 50% secara statistik tergolong tinggi, yang menunjukkan adanya variasi relatif antar ulangan. Namun demikian, perlu dipahami bahwa rata-rata kadar air berada pada tingkat yang sangat rendah (<1%), sehingga perbedaan absolut yang kecil secara matematis akan menghasilkan nilai CV yang tampak besar. Oleh karena itu, meskipun variasi relatif terlihat tinggi, secara praktis seluruh nilai kadar air masih jauh di bawah batas maksimum yang ditetapkan dalam SNI 01-6235-2000 ($\leq 8\%$). Dengan demikian, variabilitas tersebut tidak memberikan dampak yang signifikan terhadap mutu energi maupun performa pembakaran briket.

Perbedaan ini disebabkan oleh karakteristik fisik dan kimia dari masing-masing bahan penyusun. Tongkol jagung memiliki sifat higroskopis yang lebih tinggi dibandingkan tempurung kelapa, sehingga cenderung menyerap dan mempertahankan air lebih banyak (Sutrisno *et al.*, 2023). Struktur serat tongkol jagung yang lebih berpori menyebabkan kandungan air yang tersimpan menjadi lebih tinggi, terutama jika proses pengeringannya tidak optimal. Secara kimia, tongkol jagung memiliki kandungan selulosa dan hemiselulosa yang relatif tinggi, yakni sekitar 37–45% dan 25–30% (Rachmawati *et al.*, 2022). Komponen ini bersifat hidrofilik sehingga berkontribusi terhadap meningkatnya kadar air pada briket. Sebaliknya, tempurung kelapa mengandung lignin dalam jumlah lebih tinggi, mencapai 40–45% (Rahmawati *et al.*, 2021), dan lignin dikenal memiliki sifat hidrofobik sehingga lebih tahan terhadap kelembaban (Wulandari *et al.*, 2025). Penjelasan mengenai kandungan selulosa dan hemiselulosa bahan baku menjadi kurang

lebih lanjut sebelum dapat direkomendasikan sebagai bahan bakar padat berkualitas tinggi.

1. Kadar Air

Kadar air merupakan salah satu parameter penting dalam kualitas briket karena mempengaruhi nilai kalor, daya simpan, dan kestabilan pembakaran. Kadar air yang rendah umumnya diharapkan agar pembakaran lebih efisien dan briket tidak mudah rusak saat disimpan (Permana *et al.*, 2023). Menurut SNI 01-6235-2000, kadar air ideal untuk briket arang adalah di bawah 8%. Kelebihan kadar air dapat menyebabkan penurunan efisiensi energi serta meningkatkan emisi asap saat pembakaran (Rahmadani & Fitria, 2022). Proses pengeringan yang optimal sangat diperlukan untuk menjaga kualitas briket secara keseluruhan.

relevan dalam konteks briket arang, karena selama proses karbonisasi pada suhu ± 400 °C komponen lignoselulosa tersebut telah mengalami dekomposisi termal. Pada tahap ini, hemiselulosa dan selulosa telah terdevolatilisasi, sedangkan lignin mengalami transformasi menjadi struktur karbon aromatik yang lebih stabil, sehingga material yang terbentuk didominasi oleh karbon tetap dan residu mineral. Oleh karena itu, variasi kadar air pada briket lebih rasional dikaitkan dengan perbedaan struktur pori arang hasil karbonisasi, distribusi ukuran partikel setelah pengayakan, serta interaksi antara matriks karbon dan perekat selama proses pencetakan dan pengeringan, bukan oleh komposisi kimia biomassa mentah sebelum diarangkan.

Selain itu, proses pencampuran bahan juga berpengaruh terhadap hasil akhir kadar air. Jika tongkol jagung tidak mengalami proses pengeringan yang maksimal sebelum dicampur, maka kandungan air residu masih tersimpan dalam campuran dan berkontribusi terhadap kadar air keseluruhan briket (Maulana & Nuryadin, 2024). Bahkan, ukuran partikel tongkol jagung yang cenderung lebih besar dan tidak homogen dapat menyebabkan distribusi panas tidak merata saat proses pengeringan, sehingga air terperangkap dalam partikel tersebut (Prasetyo *et al.*, 2022). Meskipun pada penelitian ini telah dilakukan pengayakan menggunakan saringan 60 mesh untuk memperoleh ukuran partikel yang relatif seragam, proses pengayakan tidak sepenuhnya menjamin homogenitas morfologi dan distribusi ukuran partikel secara absolut. Ukuran 60 mesh hanya membatasi ukuran maksimum partikel yang lolos ayakan (≤ 250 μm), tetapi tidak mengontrol distribusi fraksi halus di bawah ukuran tersebut. Dengan demikian, variasi bentuk partikel, porositas, serta perbedaan karakteristik fisik antara

arang tempurung kelapa dan arang tongkol jagung masih dapat terjadi. Selain itu, tongkol jagung secara struktural memiliki matriks lignoselulosa yang lebih berpori dan rapuh dibandingkan tempurung kelapa, sehingga proses penggilingan dapat menghasilkan distribusi partikel yang lebih heterogen meskipun telah diayak pada ukuran yang sama. Perbedaan ini berpotensi memengaruhi distribusi panas saat pengeringan dan pencetakan, yang pada akhirnya dapat menyebabkan variasi kecil pada kadar air akhir briket.

Dengan demikian, penggunaan ayakan 60 mesh telah meningkatkan homogenitas ukuran partikel secara signifikan, namun variasi mikrostruktur dan karakter bahan baku tetap dapat menjadi sumber variabilitas antarulangan. Dengan demikian, kadar air yang lebih tinggi pada briket campuran dapat dikaitkan dengan sifat fisis dan kimia dari tongkol jagung, serta teknik pencampuran dan pengeringan yang memengaruhi efisiensi pengeluaran air dari bahan baku. Kadar air ini penting untuk diperhatikan karena dapat memengaruhi efisiensi pembakaran, daya tahan simpan, serta mutu energi dari briket yang dihasilkan (Putri & Sari, 2023).

Hasil ANOVA menghasilkan nilai signifikansi (Sig.) sebesar 0,350, yang lebih besar dari batas signifikansi umum yang digunakan, yaitu $\alpha = 0,05$. Hal ini menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kadar air briket dari kedua jenis perlakuan (Setiawan *et al.*, 2023). Nilai Fhitung sebesar 1,116 yang lebih kecil dari Ftabel (biasanya sekitar 7,71 untuk $\alpha=0,05$ dan $db=1,4$) juga memperkuat kesimpulan bahwa variasi yang terjadi pada kadar air bukan disebabkan oleh perbedaan jenis bahan baku, melainkan dipengaruhi oleh faktor lain seperti variasi alami bahan, proses pencampuran, atau ketidakseragaman pengeringan (Prasetyo *et al.*, 2022).

2. Kadar Abu

Kadar abu adalah salah satu indikator penting dalam penilaian kualitas briket karena menunjukkan jumlah residu tidak terbakar setelah proses pembakaran selesai. Kadar abu yang tinggi menandakan banyaknya zat anorganik dalam bahan baku, yang dapat menurunkan efisiensi pembakaran dan meningkatkan penumpukan residu pada alat pembakar (Saputra *et al.*, 2023). Menurut standar SNI 01-6235-2000, kadar abu briket yang baik sebaiknya tidak melebihi 8%. Abu yang berlebihan juga dapat menyumbat saluran udara dalam tungku dan mengurangi stabilitas nyala api (Yuliana & Prakoso, 2022). Pemilihan bahan baku dengan kadar abu rendah sangat penting untuk menghasilkan briket berkualitas tinggi.

Kadar abu briket menunjukkan perbedaan yang signifikan antara dua perlakuan, yakni tempurung kelapa murni (TK) dan campuran tempurung kelapa dengan tongkol jagung (TT). Briket dari tempurung kelapa murni memiliki kadar abu rata-rata sebesar 7,10%, sementara briket campuran memiliki kadar abu jauh lebih tinggi, yaitu 22,77%. Nilai kadar abu pada briket TK masih berada dalam batas standar kualitas yang ditetapkan oleh SNI 01-6235-2000, yaitu maksimal 8% (BSN, 2000), yang mengindikasikan bahwa briket dari tempurung kelapa tergolong berkualitas baik dari segi residu pembakaran.

Sebaliknya, briket dengan campuran tongkol jagung menunjukkan kadar abu yang melebihi tiga kali lipat dari batas standar tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan tongkol jagung sebagai bahan baku campuran meningkatkan kandungan mineral anorganik dalam briket, sehingga menghasilkan residu abu yang tinggi. Kadar abu yang tinggi berdampak buruk terhadap performa pembakaran, karena abu tidak menghasilkan energi dan hanya menjadi sisa pembakaran yang dapat menumpuk dalam tungku, mengganggu aliran udara, dan menurunkan efisiensi panas (Lestari & Wulandari F.T, 2025). Selain itu, kadar abu tinggi juga mempercepat penumpukan kerak pada alat pembakar, sehingga meningkatkan kebutuhan perawatan dan pembersihan alat secara berkala.

Pemilihan bahan baku menjadi faktor penting yang memengaruhi kadar abu dalam briket. Tempurung kelapa diketahui memiliki kandungan mineral rendah, sehingga menghasilkan abu yang sedikit dan stabil saat dibakar (Permana *et al.*, 2023). Hal ini menjadikan tempurung kelapa sebagai bahan baku ideal untuk produksi briket berkualitas tinggi. Sebaliknya, tongkol jagung secara alami memiliki kadar abu yang cukup tinggi, berkisar antara 10% hingga 25% tergantung varietas dan umur panennya (Siregar *et al.*, 2023). Penelitian oleh Wijayanti dan Surya (2022) juga menunjukkan bahwa pencampuran bahan baku dengan kadar abu tinggi, seperti tongkol jagung atau sekam padi, dapat menurunkan efisiensi pembakaran dan kualitas energi briket karena menghambat perpindahan panas secara optimal. Kadar abu yang tinggi pada briket campuran tongkol jagung menurunkan kualitas produk secara signifikan sehingga penting untuk mempertimbangkan kandungan abu dalam bahan baku selama proses formulasi briket, agar diperoleh produk yang efisien, ramah alat, dan sesuai dengan standar mutu yang berlaku.

Berdasarkan Tabel 4, hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh signifikan terhadap kadar abu briket, dengan nilai signifikansi 0,000 ($< 0,05$) dan Fhitung 534,305. Ini berarti terdapat perbedaan nyata antara kadar

abu briket dari tempurung kelapa murni dan campuran dengan tongkol jagung.

3. Kadar Zat Terbang

Kadar zat terbang (*volatile matter*) merupakan salah satu parameter proksimat yang mencerminkan fraksi senyawa volatil yang masih tersisa pada arang setelah proses karbonisasi. Dalam produksi biochar/briket berbasis tongkol jagung (*corn cob*), sejumlah studi modern melaporkan nilai *volatile matter* yang signifikan pada produk arang setelah pirolisis. Misalnya, penelitian oleh Maaz *et al.* (2021) melaporkan bahwa *corn cob biochars* dapat memiliki kadar zat terbang yang bervariasi (contoh: 23% VM) tergantung pada kondisi pirolisis, sehingga menunjukkan bahwa fraksi volatil masih tersisa setelah karbonisasi awal. Selain itu, data empiris lain dari studi briket arang tongkol jagung menunjukkan kadar zat terbang berkisar sekitar 20,61–23,07% pada produk briket yang dibuat dari arang tongkol jagung (Mangallo *et al.*, 2025). Hasil-hasil ini konsisten dengan temuan penelitian saat ini, di mana perbedaan komposisi struktural serta kondisi pirolisis memengaruhi jumlah komponen volatil yang tertahan dalam arang tongkol jagung.

Kadar zat terbang adalah bagian dari bahan organik dalam briket yang mudah menguap dan terurai menjadi gas saat dipanaskan tanpa udara, sebelum karbon tetap terbakar. Komponen ini meliputi gas-gas ringan, tar, asam organik, dan senyawa volatil lainnya yang mempengaruhi proses penyalaan, pembentukan asap, serta kestabilan nyala api (Lestari *et al.*, 2024; Permana *et al.*, 2023). Semakin tinggi kadar zat terbang, semakin mudah briket menyala, tetapi juga berpotensi menghasilkan asap dan residu lebih banyak (Wulandari & Dimas, 2025). Tabel 3. memperlihatkan perbedaan kadar zat terbang (*volatile matter*) yang signifikan antara dua jenis briket, yaitu tempurung kelapa murni (TK) dan campuran tempurung kelapa dengan tongkol jagung (TT). Briket TK memiliki rata-rata kadar zat terbang sebesar 10,35%, sedangkan briket TT mencapai 25,68%. Perbedaan ini mencerminkan karakteristik termal dan kimiawi bahan baku yang digunakan, serta menunjukkan bahwa komposisi bahan sangat memengaruhi kualitas pembakaran briket.

Zat terbang adalah fraksi senyawa organik mudah menguap seperti tar, gas, dan uap yang terlepas saat briket dibakar sebelum karbon tetap terbakar sepenuhnya. Kandungan zat terbang yang tinggi, seperti pada briket TT, umumnya mempercepat penyalaan awal, namun juga dapat menghasilkan asap lebih banyak dan pembakaran yang kurang stabil (Permana *et al.*, 2023; Lestari *et al.*, 2024). Sebaliknya, kadar zat terbang yang lebih

rendah pada briket TK mengindikasikan pembakaran yang lebih tenang, bersih, dan stabil, cocok untuk kebutuhan energi jangka panjang seperti memasak atau pemanasan. Perbedaan kadar zat terbang ini erat kaitannya dengan karakteristik bahan baku. Tempurung kelapa diketahui memiliki kandungan lignin dan karbon tetap yang tinggi serta kadar tar yang rendah, sehingga menghasilkan zat terbang dalam jumlah terbatas stabil (Yuliana & Prakoso, 2022). Struktur lignoselulosa tempurung kelapa yang padat juga membuatnya terbakar lebih lambat (Wulandari & Dimas, 2025). Tongkol jagung mengandung lebih banyak hemiselulosa dan senyawa volatil seperti asam asetat, metanol, dan minyak atsiri, yang mudah menguap saat terkena panas, menyebabkan kadar zat terbang pada briket campuran meningkat tajam (Siregar *et al.*, 2023). Menurut Lestari *et al.* (2024), zat terbang yang tinggi dapat meningkatkan risiko pembentukan asap dan nyala tidak merata, terutama jika tidak didukung dengan pengeringan yang optimal dan sistem pembakaran yang efisien. Kondisi ini dapat mengurangi kenyamanan dan efisiensi energi saat briket digunakan. Di sisi lain, kadar zat terbang yang sedang atau rendah mendukung pembakaran yang lebih ramah lingkungan dan efisien, serta menghasilkan residu abu yang lebih sedikit (Wulandari & Lestari, 2025).

Secara praktis, briket dengan zat terbang tinggi seperti TT mungkin cocok digunakan untuk keperluan memasak cepat atau penyalaan instan. Namun, untuk keperluan pemanasan berkelanjutan, briket TK lebih disarankan karena stabilitas dan efisiensinya lebih tinggi. Dengan demikian, kadar zat terbang menjadi parameter penting dalam menilai mutu briket. Pemilihan bahan baku harus mempertimbangkan karakteristik ini agar produk briket yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan pengguna, baik dari sisi efisiensi energi, kenyamanan pembakaran, maupun dampak lingkungannya. Berdasarkan Tabel 4, hasil uji analisis ragam (ANOVA) menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kadar zat terbang briket, yang ditandai dengan nilai signifikansi 0,001 (lebih kecil dari $\alpha = 0,05$) dan nilai Fhitung sebesar 78,038. Hal ini mengindikasikan bahwa terdapat perbedaan nyata antara kadar zat terbang pada briket tempurung kelapa murni (TK) dan campuran tempurung kelapa dengan tongkol jagung (TT).

4. Kalor

Nilai kalor adalah jumlah energi panas yang dilepaskan saat satuan massa bahan bakar dibakar secara sempurna dalam kondisi standar (Saputra *et al.*, 2023). Semakin tinggi nilai kalor, semakin besar energi yang dihasilkan selama pembakaran, sehingga briket dengan nilai kalor tinggi dianggap

lebih efisien dan layak sebagai sumber energi alternatif (Lestari *et al.*, 2024). Nilai kalor dipengaruhi oleh komposisi bahan baku, kandungan karbon tetap, zat terbang, kadar air, dan kadar abu. Bahan seperti tempurung kelapa dan kayu keras umumnya memiliki nilai kalor lebih tinggi dibanding limbah pertanian seperti tongkol jagung atau sekam padi (Siregar *et al.*, 2023).

Hasil pengujian nilai kalor yang disajikan pada Tabel 3. menunjukkan adanya perbedaan signifikan briket tempurung kelapa murni (TK) dan antara briket campuran tempurung kelapa dengan tongkol jagung (TT). Nilai kalor rata-rata briket TK tercatat sebesar 5.975 kal/gram, sedangkan nilai kalor briket TT hanya sebesar 4.228 kal/gram. Rata-rata nilai kalor keseluruhan dari kedua jenis briket mencapai 5.101 kal/gram, menunjukkan bahwa secara umum kedua jenis briket ini masih memenuhi syarat standar nilai kalor minimum menurut SNI 01-6235-2000, yaitu sebesar ≥ 4.400 kal/gram (BSN, 2000).

Nilai kalor merupakan parameter penting yang menunjukkan jumlah energi panas yang dihasilkan dari pembakaran sempurna suatu bahan bakar. Semakin tinggi nilai kalor, semakin besar potensi energi yang dihasilkan dari satuan massa bahan tersebut (Knoef, 2021). Dalam konteks biomassa, nilai kalor sangat dipengaruhi oleh komposisi kimia bahan baku, terutama kandungan lignin, selulosa, hemiselulosa, kadar air, dan kadar abu (Basunia & Abe, 2022). Briket dari tempurung kelapa murni (TK) menunjukkan performa energi yang lebih tinggi dibandingkan TT. Hal ini didukung oleh karakteristik tempurung kelapa yang memiliki kandungan lignin tinggi (sekitar 36–40%), yang berperan penting dalam menghasilkan panas saat pembakaran (Yuliansyah *et al.*, 2020). Lignin memberikan nilai kalor lebih besar karena struktur aromatik yang kompleks dan stabil secara termal. Selain itu, tempurung kelapa juga memiliki kadar abu dan kadar air yang rendah, sehingga mendukung proses pembakaran yang lebih efisien dan nilai kalor yang optimal (Susanti *et al.*, 2021).

Sebaliknya, nilai kalor briket TT yang lebih rendah menunjukkan pengaruh dari pencampuran bahan dengan tongkol jagung. Tongkol jagung diketahui memiliki kandungan selulosa dan hemiselulosa yang lebih tinggi, namun kandungan ligninnya lebih rendah dibanding tempurung kelapa. Selulosa dan hemiselulosa memiliki nilai kalor lebih rendah dan lebih cepat terdegradasi pada proses pirolisis, sehingga menghasilkan panas yang lebih kecil (Sumathi *et al.*, 2020). Selain itu, penggunaan tongkol jagung sebagai campuran juga berpotensi meningkatkan kadar abu dan kadar air, yang keduanya turut berkontribusi dalam menurunkan efisiensi pembakaran dan nilai kalor (Mahmudi *et al.*, 2021; Chen *et al.*, 2019). Nilai

kalor briket tempurung kelapa yang lebih tinggi berkaitan dengan mekanisme dekomposisi termal komponen penyusunnya selama karbonisasi. Pada suhu sekitar 400 °C, hemiselulosa dan selulosa terdegradasi lebih awal dan menghasilkan senyawa volatil dalam jumlah besar, sedangkan lignin yang memiliki struktur aromatik lebih stabil terdekomposisi secara bertahap dan cenderung membentuk residu karbon tetap (*fixed carbon*) lebih tinggi (Basu, 2018; Chen *et al.*, 2020). Proses ini menghasilkan struktur karbon aromatik yang lebih terkondensasi dengan rasio karbon lebih tinggi, sehingga meningkatkan kerapatan energi dan nilai kalor arang (Bridgwater, 2019). Oleh karena itu, biomassa dengan kandungan lignin lebih tinggi, seperti tempurung kelapa, umumnya menghasilkan arang dengan nilai kalor lebih besar dibandingkan tongkol jagung yang relatif menghasilkan fraksi volatil lebih tinggi.

Meskipun nilai kalor TT lebih rendah dibandingkan TK, briket TT tetap memiliki nilai strategis dalam konteks pemanfaatan limbah pertanian dan pengembangan energi terbarukan berbasis lokal. Pemanfaatan tongkol jagung sebagai bahan campuran briket mendukung prinsip pengelolaan limbah biomassa secara berkelanjutan dan dapat menjadi solusi energi alternatif di wilayah pedesaan yang memiliki akses terbatas terhadap energi komersial (Sumathi *et al.*, 2020). Dengan demikian, meskipun nilai kalor TT lebih rendah, briket ini tetap layak untuk dimanfaatkan terutama pada skala rumah tangga atau sebagai energi tambahan untuk keperluan non-industri. Secara keseluruhan, hasil pengujian ini menegaskan bahwa jenis bahan baku berpengaruh signifikan terhadap nilai kalor briket. Briket dari tempurung kelapa murni memberikan hasil terbaik dari segi efisiensi energi, sedangkan briket campuran tetap memiliki nilai ekonomis dan ekologis yang penting dalam upaya pengurangan limbah dan diversifikasi sumber energi.

Berdasarkan Tabel 4, hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap nilai kalor briket, ditunjukkan oleh nilai F hitung sebesar 375,915 dan signifikansi 0,000 ($< 0,05$). Artinya, terdapat perbedaan nyata antara briket tempurung kelapa (TK) dan briket campuran tongkol jagung (TT). Karena hanya terdapat dua perlakuan.

5. Kadar karbon terikat

Kadar karbon terikat dalam konteks briket biomassa merujuk pada komponen senyawa organik yang mudah menguap dan terlepas saat bahan dipanaskan, tetapi masih berada dalam bentuk terikat secara kimia pada struktur lignoselulosa bahan baku sebelum terjadi pirolisis atau pembakaran (Wulandari & Dimas 2025). Zat terikat ini meliputi senyawa hidrokarbon, oksigen,

hidrogen, dan senyawa volatil lainnya yang tidak langsung menguap seperti kadar air bebas, namun akan terurai dan terlepas sebagai gas saat suhu meningkat biasanya antara 200–500 °C (Wulandari & Lestari, 2025)

Berdasarkan hasil pengujian, kadar zat terikat pada briket tempurung kelapa murni (TK) menunjukkan nilai rata-rata sebesar 70,24%, sedangkan pada briket campuran tempurung kelapa dan tongkol jagung (TT) sebesar 50,94%. Secara umum, nilai rata-rata kadar zat terikat dari kedua perlakuan tersebut adalah 60,59%. Kadar zat terikat atau *fixed carbon* merupakan salah satu parameter penting dalam menilai kualitas briket, karena menunjukkan jumlah karbon yang tersisa setelah kandungan air, zat terbang, dan abu dihilangkan (Wulandari *et al.*, 2025). Karbon terikat memengaruhi nilai kalor dan efisiensi pembakaran briket. Semakin tinggi kadar zat terikat, semakin besar potensi energi yang dihasilkan dari pembakaran briket (Sutrisno *et al.*, 2023; Saputro & Lestari, 2024).

Jika dibandingkan dengan standar SNI 01-6235-2000, kadar zat terikat minimal yang disarankan adalah sekitar 60% untuk menjamin mutu bahan bakar padat seperti briket. Dalam konteks ini, briket TK memenuhi standar tersebut dengan baik, bahkan melebihi ambang batas. Hasil ini sejalan dengan temuan beberapa penelitian terkini yang menunjukkan bahwa tempurung kelapa merupakan bahan baku briket dengan kandungan karbon terikat yang tinggi, berkisar antara 65% hingga lebih dari 85% tergantung pada metode karbonisasi dan perekat yang digunakan (Haryanto *et al.*, 2024; Putra *et al.*, 2025).

Sebaliknya, briket TT menunjukkan kadar zat terikat yang lebih rendah, yaitu hanya sekitar 50,94%, yang berarti belum memenuhi standar minimal. Penurunan ini kemungkinan disebabkan oleh karakteristik tongkol jagung yang memiliki kadar selulosa dan hemiselulosa lebih tinggi, tetapi kandungan karbon tetapnya lebih rendah dibanding tempurung kelapa (Wulandari & Zainuddin, 2024). Selain itu, pencampuran dua bahan baku yang berbeda juga dapat memengaruhi proses karbonisasi dan hasil akhir briket, termasuk kadar zat terikatnya. Penurunan mutu pada briket campuran berkaitan dengan karakteristik arang tongkol jagung setelah karbonisasi. Dibandingkan tempurung kelapa, arang tongkol jagung umumnya memiliki kadar abu lebih tinggi dan fraksi karbon tetap lebih rendah akibat perbedaan komposisi mineral serta struktur karbon yang terbentuk selama pirolisis (Chen *et al.*, 2020; Yang *et al.*, 2021). Struktur arang yang lebih berpori juga dapat meningkatkan retensi zat terbang dan menurunkan densitas energi, sehingga berdampak pada penurunan nilai kalor. Sebaliknya, tempurung kelapa cenderung menghasilkan arang dengan

struktur karbon aromatik lebih terkondensasi dan kandungan karbon tetap lebih tinggi, yang berkontribusi pada performa pembakaran lebih baik (Basu, 2018).

Hasil ini menunjukkan bahwa briket tempurung kelapa murni (TK) lebih unggul dalam hal kandungan karbon terikat dibanding campuran dengan tongkol jagung (TT). Namun demikian, nilai zat terikat pada TT masih dapat ditingkatkan melalui optimasi proses produksi, seperti pemilihan suhu karbonisasi yang lebih tinggi, waktu pembakaran yang lebih lama, dan penggunaan perekat alami dengan kemampuan mengikat karbon lebih baik (Anjani *et al.*, 2025). Untuk menghasilkan briket dengan mutu tinggi dan efisiensi pembakaran yang optimal, pemilihan bahan baku yang memiliki kadar zat terikat tinggi dan jika ingin tetap menggunakan bahan campuran seperti tongkol jagung karena alasan ketersediaan lokal atau efisiensi biaya, maka dibutuhkan inovasi dalam proses karbonisasi dan formulasi briket agar mutu produk akhir tetap sesuai standar hasil analisis varians (ANOVA) pada **Tabel 4**. menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh nyata terhadap kadar zat terikat briket, ditunjukkan oleh nilai signifikansi sebesar 0,002 ($p < 0,05$). Ini berarti perbedaan perlakuan (TK dan TT) memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kandungan karbon terikat dalam briket..

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa briket arang yang dibuat dari tempurung kelapa murni (TK) menunjukkan performa yang lebih unggul dibandingkan briket campuran tempurung kelapa dan tongkol jagung (TT) pada hampir seluruh parameter kualitas. Briket TK memiliki kadar air lebih rendah (0,41%), kadar abu lebih kecil (7,10%), kadar zat terbang lebih stabil (10,35%), kandungan karbon terikat yang tinggi (70,24%), dan nilai kalor yang memenuhi standar mutu (5.975 kal/gram), sehingga sesuai dengan ketentuan SNI 01-6235-2000 dan standar internasional lainnya. Sebaliknya, meskipun briket TT memberikan nilai tambah dalam aspek pemanfaatan limbah pertanian dan potensi ekonomis lokal, kualitasnya masih belum optimal, terutama pada kadar abu dan nilai kalor. Kadar abu yang tinggi (22,77%) dan nilai kalor yang rendah (4.228 kal/gram) menunjukkan bahwa perlu adanya perbaikan pada proses pencampuran, pengeringan, dan karbonisasi bahan baku. Dengan demikian, tempurung kelapa murni direkomendasikan sebagai bahan baku utama dalam produksi briket berkualitas tinggi. Sementara itu, penggunaan tongkol jagung sebagai bahan campuran masih memiliki potensi, namun membutuhkan inovasi teknologi dan rekayasa

proses lebih lanjut agar dapat menghasilkan briket dengan mutu yang kompetitif dan berkelanjutan.

Ucapan Terima Kasih

Kami menyampaikan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Mataram (LPPM Unram) atas dukungan pendanaan yang telah diberikan sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik. Penghargaan yang tulus juga kami haturkan kepada seluruh tim peneliti atas kompetensi, kerja keras, dan dedikasi yang telah diberikan sepanjang proses penelitian. Tanpa kontribusi dan kolaborasi dari berbagai pihak, capaian penelitian ini tidak akan mungkin terwujud.

DAFTAR PUSTAKA

Astuti, N. S., & Nurhadi, M. (2020). Karakteristik Briket Campuran Arang Tempurung Kelapa Dan Tongkol Jagung Dengan Variasi Perekat. *Jurnal Energi Terbarukan*, 15(2), 45–53. <https://doi.org/10.21009/jet.v15i2.2020>

Basunia, M. A., & Abe, T. (2022). *Bioenergy and Biomass Conversion. Renewable Energy Journal*, 38(1), 88–99.

Chen, W., Peng, J., & Bi, X. (2019). *A State-Of-The-Art Review Of Biomass Torrefaction, Densification, And Applications. Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44, 847–866.

Dini Lestari & Wulandari F.T. (2025). Sifat Fisis Briket Arang Dari Limbah Biomassa Serbuk Kayu Dan Cangkang Kemiri. *Jurnal Tengkwang*, 15 (1), 44 – 55.

Fitriani, D., Sari, N. R., & Hartono, R. (2022). Pengaruh Bahan Baku Terhadap Kualitas Briket Sebagai Energi Alternatif. *Jurnal Teknologi Energi*, 11(1), 30–38. <https://doi.org/10.25077/energi.v11i1.2022>

Haryanto, A., Yuliani, R., & Pratama, H. (2024). Pengaruh Proses Karbonisasi Terhadap Kandungan Karbon Tetap Pada Briket Biomassa. *Jurnal Energi Alternatif*, 9(1), 21–29.

Knoef, H. A. M. (2021). *Handbook biomass gasification* (3rd ed.). *BTG Biomass Technology Group*.

Lestari, A., Handayani, M., & Putra, B. H. (2024). Pengaruh Volatile Matter Terhadap Emisi Dan Stabilitas Pembakaran Briket Biomassa. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 13(1), 55–63.

Lestari, D., & Wulandari, F. T. (2025). Sifat fisis briket arang dari limbah biomassa serbuk kayu dan cangkang kemiri. *Jurnal Tengkwang*, 15(1), 44–55.

Maulana, R., & Nuryadin, M. (2024). Optimalisasi proses pengeringan bahan baku briket campuran untuk mengurangi kadar air. *Jurnal Energi Terbarukan*, 12(1), 55–64.

Montgomery, D. C. (2020). *Design And Analysis Of Experiments* (10th ed.). Wiley.

Nurfadilah, F., Syahputra, A., & Hadi, F. (2021). Optimalisasi Pemanfaatan Biomassa Pertanian Sebagai Sumber Energi Alternatif: Studi kasus briket. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Energi*, 19(3), 80–89. <https://doi.org/10.31294/jre.v19i3.2021>

Permana, Y., Nugroho, A. T., & Setyawati, D. (2023). Pengaruh Kadar Air Terhadap Kinerja Briket Arang Biomassa. *Jurnal Energi Terbarukan*, 15(1), 25–32.

Prasetyo, A., Nugroho, R. A., & Hidayati, L. (2022). Pengaruh Ukuran Partikel Terhadap Kualitas Briket Biomassa Campuran. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 23(3), 215–223.

Putra, R. Y., Lestari, T., & Wahyudi, H. (2021). Evaluasi Kualitas Briket Arang Dari Campuran Tempurung Kelapa Dan Tongkol Jagung. *Jurnal Energi dan Material Terbarukan*, 4(1), 15–23. <https://doi.org/10.14710/jemt.v4i1.2021>

Putra, R. Y., & Lestari, D. (2025). Pengaruh Perekat Alami Terhadap Kualitas Briket Biomassa Campuran. *Jurnal Energi Terbarukan*, 16(1), 33–42.

Putri, S. D., & Sari, R. P. (2023). Analisis Kualitas Briket Campuran Berbasis Limbah Pertanian. *Jurnal Bahan Bakar Alternatif*, 9(2), 89–98.

Rachmawati, T., Santosa, D. A., & Yulianto, B. (2022). Karakteristik Kimia Tongkol Jagung Sebagai Bahan Baku Energi Biomassa. *Jurnal Rekayasa Bahan Alam*, 18(2), 102–110.

Rahmadani, R., & Fitria, L. (2022). Evaluasi Kualitas Briket Dari Limbah Pertanian Berdasarkan SNI 01-6235-2000. *Jurnal Teknologi Energi*, 8(2), 44–51.

Rahman, M., Tanjung, A., & Salim, R. (2022). Studi Eksperimen Briket Campuran Dari Limbah Pertanian: Tempurung kelapa dan tongkol jagung. *Jurnal Rekayasa Proses*, 19(2), 67–76. <https://doi.org/10.14710/jrektopros.v19i2.2022>

Rahmawati, N., Suprpto, H., & Fadilah, A. (2021). Studi Lignoselulosa Pada Tempurung Kelapa Untuk Briket Arang. *Jurnal Energi dan Lingkungan*, 10(1), 34–42.

Saputra, H. R., Widodo, T. W., & Ardiansyah, M. (2023). Karakteristik Briket Biomassa Berbasis Limbah Pertanian: Studi zat terbang dan nilai kalor. *Jurnal Energi dan Lingkungan*, 11(1), 17–25.

Setiawan, M., Handayani, N., & Arifin, B. (2023). Analisis Statistik Pada Pengujian Kualitas Briket Biomassa. *Jurnal Statistika Terapan*, 11(1), 45–52.

Siregar, D., & Naibaho, R. (2023). Analisis Nilai Kalor Dan Kuat Tekan Briket Tempurung Kelapa Untuk Energi Rumah Tangga. *Jurnal Teknologi Hijau*, 7(1), 25–32. <https://doi.org/10.24843/jth.v7i1.2023>

- Siregar, T. M., Rahman, A., & Sulastri, D. (2023). Karakterisasi Tongkol Jagung Sebagai Bahan Baku Energi Biomassa. *Jurnal Rekayasa Energi dan Lingkungan*, 9(1), 41–48.
- Steel, R. G. D., & Torrie, J. H. (2013). *Principles And Procedures Of Statistics: A Biometrical Approach (3rd Ed.)*. McGraw-Hill.
- Sugiyono. (2021). *Statistika untuk penelitian (24th ed.)*. Alfabeta.
- Sumathi, S., Bhatia, S., & Mohamed, A. R. (2020). *Utilization Of Agricultural Wastes For Briquette Production*. *Renewable Energy Journal*, 32(6), 789–796.
- Susanti, H., Lestari, F. D., & Raharjo, W. (2021). Karakteristik Fisik Dan Nilai Kalor Briket Arang Tempurung Kelapa. *Jurnal Teknologi Energi*, 10(2), 45–52.
- Sutrisno, E., Handayani, M., & Fitriani, D. (2023). Kinerja pembakaran Briket Dari Campuran Tempurung Kelapa Dan Tongkol Jagung. *Jurnal Energi Biomassa Tropika*, 15(1), 67–75.
- Wijayanti, D., & Surya, F. (2022). Dampak Kadar Abu Terhadap Efisiensi Briket Biomassa Campuran. *Jurnal Bahan Energi Terbarukan*, 6(2), 102–110.
- Wulandari, F. T., & Dimas, R. A. (2025). Pemanfaatan Limbah Biomassa Cangkang Kemiri Dan Tempurung Kelapa Sebagai Biobriket Ramah Lingkungan. *Jurnal Kehutanan Indonesia Celebica*, 6(1), 1–12.
- Wulandari, F. T., & Zainuddin, A. (2024). Analisis Karbon Tetap Pada Briket Campuran Tempurung Kelapa Dan Tongkol Jagung. *Jurnal Bahan Bakar Hayati*, 8(1), 56–63.
- Wulandari, F. T., Radjali, A., & Dimas, R. A. (2025). Karakteristik Mutu Biobriket Limbah Kayu Kemiri, Tempurung Kelapa, Dan Bongkol Jagung. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 43(1), 21–30.
- Wulandari, F.T & Dimas. (2025). Pemanfaatan Limbah Biomassa Cangkang Kemiri Dan Tempurung Kelapa Sebagai Biobriket Ramah Lingkungan. *Jurnal Kehutanan Indonesia Celebica*, 6 (1), 1-12.
- Wulandari F.T & Dini Lestari. (2025). Analisis Kelayakan Limbah Serbuk Kayu dan Tempurung Kelapa sebagai Bahan Baku Briket Arang. *Kappa Journal*, 9(1), 7-12.
- Yuliana, D., & Prakoso, R. (2022). Pengaruh komposisi bahan baku terhadap zat terbang dan emisi pada briket biomassa. *Jurnal Teknologi Terapan*, 9(2), 88–94.
- Yuliansyah, D., Prasetyo, D. S., & Rachman, H. (2020). Pengaruh lignin terhadap nilai kalor briket biomassa. *Jurnal Rekayasa Energi*, 6(3), 99–108.