

ANALISIS KUALITAS BRIKET ARANG DARI SERBUK Gergaji KAYU MERANTI DAN KAYU ULIN SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF

(QUALITY ANALYSIS OF CHARCOAL BRIQUETTES PRODUCED FROM MERANTI AND ULIN WOOD SAWDUST AS AN ALTERNATIVE FUEL)

¹Heriad Daud Salusu, ²Ari Agusman, ³Riri Andriany, ⁴Andi Yusuf, ⁵Nur Maulida Sari,
⁶Eva Nurmarini

^{1,2,4,5,6} Politeknik Pertanian Negeri Samarinda
Kampus Gunung Panjang Jl. Sam Ratulangi Samarinda 75131
Email: heriadsalusu@politanisamarinda.ac.id

³Badan Perencanaan Pembangunan, Riset dan Inovasi Daerah Kota Samarinda
Jl. Dahlia No.81, Kel. Bugis, Kec. Samarinda Kota, Kota Samarinda, Kalimantan Timur 75121

Diterima: 18 Mei 2026; Direvisi: 30 Juni 2026; Disetujui: 30 Juni 2026

ABSTRACT

The presence of biomass waste from Meranti and Ulin sawmill industries has the potential to pollute the environment while simultaneously storing renewable energy that remains underutilized. This study aims to analyze the quality of charcoal briquettes made from a mixture of Meranti and Ulin sawdust at various compositions, referring to the SNI 01-6235-2000 standard. The tested briquette quality parameters include moisture content, volatile matter, ash content, and calorific value. Meanwhile, density is not included as a testing parameter under the SNI standard; thus, its quality evaluation refers to the FAO standard.

The results showed that the briquette density ranged from 0.3671 to 0.6438 g/cm³, with the treatment of 25% Meranti + 75% Ulin composition meeting the FAO standard (0.40–0.70 g/cm³). The moisture content ranged between 4.8674% and 7.1813%, all of which fell below the maximum SNI threshold (< 8%). The ash content fell within the range of 3.5454% to 6.3255%, also satisfying the SNI standard. The calorific value ranged from 5,576.40 to 6,020.73 cal/g, confirming that all treatments met the minimum calorific value requirement according to SNI (> 5,000 cal/g).

However, the volatile matter parameter exhibited relatively high values, ranging from 36.1327% to 48.9953%. This high volatile matter content indicates a sub-optimal carbonization process and a remaining high concentration of volatile compounds within the raw materials. Overall, four out of the five quality parameters successfully met the SNI and FAO standard, demonstrating that the mixture of Meranti and Ulin holds significant potential as a raw material for quality briquettes, though improvements in the carbonization process are required to reduce the volatile matter content.

Keywords: sawdust; meranti ulin; charcoal briquette.

ABSTRAK

Keberadaan limbah biomassa dari industri penggergajian kayu Meranti dan Ulin berpotensi mencemari lingkungan sekaligus menyimpan energi terbarukan yang belum dimanfaatkan secara optimal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas briket arang berbahan baku campuran serbuk kayu Meranti dan Ulin dengan berbagai komposisi, mengacu pada standar SNI 01-6235-2000 dimana parameter mutu briket yang diuji meliputi kadar air, zat mudah menguap (*volatile matter*), kadar abu, dan nilai kalor. Sedangkan untuk kerapatan tidak termasuk dalam parameter uji menurut SNI sehingga mengacu pada standar mutu berdasarkan FAO. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kerapatan briket berada pada kisaran 0,3671–0,6438 g/cm³, dimana perlakuan pada komposisi Meranti 25% + Ulin 75% memenuhi standar FAO (0,40–

0,70 g/cm³). Kadar air briket berkisar antara 4,8674–7,1813%, dan seluruhnya berada di bawah batas maksimal SNI (< 8%). Kadar abu berada pada rentang 3,5454–6,3255%, juga memenuhi standar SNI. Nilai kalor briket berada pada kisaran 5.576,40–6.020,73 cal/g, sehingga semua perlakuan memenuhi persyaratan nilai kalor minimum menurut SNI (>5.000 cal/g). Namun demikian, parameter *volatile matter* menunjukkan nilai yang cukup tinggi, yaitu 36,1327–48,9953%. Tingginya kadar *volatile matter* mengindikasikan proses karbonisasi yang belum optimal dan masih tingginya kandungan senyawa mudah menguap dalam bahan baku. Secara keseluruhan, empat dari lima parameter mutu telah memenuhi standar SNI dan FAO menunjukkan bahwa campuran Meranti dan Ulin berpotensi sebagai bahan baku briket berkualitas, namun perbaikan proses karbonisasi diperlukan untuk menurunkan kadar bahan volatil.

Kata kunci: serbuk penggergajian; meranti; ulin; briket arang.

PENDAHULUAN

Pasca tahun 2000 industri perkayuan Kalimantan Timur bergeser dari skala besar (HPH dan pabrik plywood) menjadi unit penggergajian rakyat skala kecil dan menengah. Perubahan ini mengubah karakteristik limbah yang dihasilkan, dari semula berupa potongan kayu balok besar menjadi limbah serbuk gergaji (*sawdust*) di berbagai lokasi penggergajian masyarakat. Kondisi tersebut memicu persoalan lingkungan baru akibat penumpukan limbah penggergajian, sehingga perlu memanfaatkannya menjadi energi alternatif biomassa yang bernilai guna. Menurut Suhartana et al. (2022) limbah kayu yang tinggi ini jika tidak dikelola dengan baik juga bisa berkontribusi pada potensi emisi karbon melalui dekomposisi karena residu organik kayu di hutan akan membusuk dan melepaskan karbon kembali ke atmosfer. Meskipun skala operasinya lebih kecil, akumulasi serbuk gergaji dari berbagai industri kecil penggergajian tetap menjadi tantangan lingkungan yang masif. Retnawati et al. (2023) menyatakan bahwa industri pengolahan kayu akan menghasilkan 50% limbahnya berupa serbuk gergaji” dalam studi Pemanfaatan Sampah Organik dan Serbuk Kayu Menjadi Biobriket sebagai Energi Alternatif.

Penumpukan limbah ini tidak hanya berpotensi mencemari lingkungan dan meningkatkan risiko kebakaran, tetapi juga berpotensi sebagai energi terbarukan yang belum dimanfaatkan. Upaya untuk mencari solusi pengelolaan limbah yang berkelanjutan, terutama yang dapat diintegrasikan ke dalam ekonomi lokal menjadi sangat relevan dalam konteks pembangunan Kalimantan Timur saat ini. Pemberian pelatihan pengolahan limbah gergajian kayu menjadi briket terbukti efektif dalam memicu kreativitas dan menguatkan keterampilan kewirausahaan masyarakat (Rachma et al., 2024).

Secara kimiawi serbuk gergaji kaya akan selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang menjadikannya sebagai biomassa yang ideal untuk proses pirolisis atau karbonisasi. Pemanfaatan biomassa ini melalui proses pengarangan (karbonisasi) tidak hanya memberikan solusi atas masalah penumpukan limbah tetapi juga menciptakan jalur baru dalam siklus energi berkelanjutan.

Salah satu bentuk pemanfaatan biomassa yang paling efektif dan komersial adalah melalui pembuatan briket arang. Briket arang merupakan bahan bakar padat yang memiliki kerapatan energi tinggi, pembakaran yang stabil, dan emisi yang relatif lebih bersih dibandingkan arang konvensional atau kayu bakar. Proses pembuatan briket arang dari serbuk gergaji melalui proses karbonisasi biomassa menjadi arang yang selanjutnya melalui proses penghalusan dan pencetakan dengan bantuan bahan perekat. Penelitian yang dilakukan oleh Yuni et al. (2025) menunjukkan penambahan serbuk gergaji kayu pada briket arang tempurung kelapa dengan perekat tapioka mampu menghasilkan karakteristik bahan bakar alternatif yang potensial dengan nilai kalor optimum mencapai lebih dari 6.000 kal/gr. Sari & Aminah (2020) menyatakan bahwa serbuk gergaji kayu sangat potensial digunakan sebagai bahan baku briket alternatif karena ketersediaannya tinggi dan dapat menjadi sumber energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan dibandingkan bahan bakar fosil. Menurut Wahyuningtyas et al. (2026)

pemanfaatan limbah serbuk gergaji dari kayu ulin menjadi briket arang dapat menjadi alternatif bahan bakar biomassa yang bernilai ekonomi tinggi. Pemanfaatan limbah serbuk gergaji diantaranya dari kayu jati menjadi biobriket terbukti menghasilkan bahan bakar alternatif dengan kualitas pembakaran yang baik, ditandai oleh daya bakar mencapai 45 menit dan emisi asap yang minim (As siddiqi et al., 2024).

Meskipun prinsip dasar konversi serbuk gergaji menjadi briket arang telah dipahami, kualitas akhir briket sangat bergantung pada jenis bahan baku dan parameter proses yang digunakan. Dalam penelitian ini memanfaatkan serbuk gergaji dari dua jenis limbah kayu yang dominan di Kalimantan Timur yaitu serbuk gergaji kayu Ulin (*Eusideroxylon zwageri*) dan serbuk gergaji kayu Meranti (*Shorea sp.*). Fokus utama dari penelitian ini adalah menguji karakteristik fisik dan termal briket yang dihasilkan untuk menentukan kualitas bahan bakar padatnya. Palamba (2026) menyatakan bahwa beberapa parameter briket arang yang baik adalah kadar air yaitu jika rendah maka dapat meningkatkan efisiensi pembakaran dan penyimpanan. Selanjutnya kadar abu yang tinggi dapat menurunkan kualitas briket yaitu nilai kalor dan masalah operasional. Kadar abu (*ash content*) adalah persentase materi anorganik tak terbakar yang tersisa setelah bahan dibakar habis, biasanya dinyatakan berdasarkan berat kering. Dalam analisis proksimat (seperti pada briket atau arang), kadar abu mencerminkan jumlah mineral seperti silika, kalsium, magnesium yang tidak hilang saat pembakaran, sementara kadar zat terbang yang tinggi dapat mempercepat penyalaan atau pembakaran. Sedangkan kadar karbon terikat yang tinggi memudahkan pelepasan energi yang stabil dan berkelanjutan.

Secara spesifik, pengujian yang dilakukan meliputi penentuan nilai kalor sebagai indikator energi, kadar air, kadar abu, dan zat mudah menguap (analisis proksimat) yang mengacu pada standar SNI 01-6235-2000. Sedangkan kerapatan mengacu pada standar FAO. Variasi sifat alami kedua jenis kayu ini yang memiliki tingkat kepadatan dan komposisi kimia berbeda, diharapkan memberikan data mengenai formulasi briket arang yang paling optimal. Diharapkan dari hasil penelitian ini dapat mendorong adopsi teknologi briket arang sebagai alternatif energi lokal yang berkelanjutan.

TINJAUAN PUSTAKA

Hasil penelitian Maharani et al. (2022) menunjukkan bahwa formulasi optimum antara arang serbuk gergaji kayu dan perekat (45:15 gram) mampu menghasilkan briket berkualitas tinggi dengan nilai kalor mencapai 5445,9253 cal/gr, serta kadar air dan abu yang sangat rendah (masing-masing 1,1126% dan 2,3535%). Data dari hasil penelitian tersebut menjadi landasan kuat bagi penelitian untuk menjadikan serbuk gergaji kayu sebagai sumber karbon utama. Tingginya nilai kalor yang dihasilkan menunjukkan bahwa struktur selulosa dan lignin pada limbah gergajian kayu memiliki densitas energi yang efektif untuk dikonversi menjadi bahan bakar padat. Selain itu optimalnya parameter mutu pada penelitian terdahulu tersebut memperlihatkan bahwa penggunaan perekat tapioka tidak hanya berfungsi sebagai pengikat fisik namun juga efektif dalam mempertahankan stabilitas termal tanpa menaikkan kadar abu secara signifikan. Untuk itu dalam penelitian ini mereplikasi dan mengembangkan parameter tersebut untuk menguji sejauh mana kombinasi dua jenis kayu dengan karakteristik kerapatan berbeda (Meranti dan Ulin) dapat yang dapat meningkatkan kualitas energi briket yang dihasilkan.

Penelitian yang dilakukan oleh Putra & Hidayat (2022) yang dihasilkan dari cangkang kelapa sawit dengan perekat daun belimbing wuluh memiliki kualitas yang cukup baik berdasarkan hasil penelitian. Nilai kalor yang diperoleh mencapai 5.595,5 kal/g, menunjukkan bahwa briket ini memiliki potensi energi yang tinggi dan memenuhi standar nasional, meskipun masih berada di bawah standar mutu komersial atau standar Inggris. Selain itu, briket tersebut

memiliki kadar air rendah sebesar 1,80 %, yang penting untuk meningkatkan efisiensi pembakaran karena sedikit energi terbuang untuk menguapkan air. Kadar abu yang dihasilkan juga relatif kecil, hanya 2,32 %, menandakan pembakaran yang lebih bersih dan minim residu. Dari segi fisik, briket memiliki densitas 0,6458 g/cm³, menunjukkan kerapatan yang memadai untuk penyimpanan energi meskipun belum setinggi briket komersial berkualitas tinggi. Secara umum, karakteristik briket ini memenuhi kategori SNI, dan penggunaan perekat daun belimbing wuluh dinilai layak serta ramah lingkungan. Namun demikian, kualitas briket masih perlu ditingkatkan agar lebih kompetitif secara komersial, terutama melalui optimasi komposisi perekat atau variasi formulasi pada penelitian lanjutan.

Briket arang yang dibuat dari limbah serbuk kayu meranti merah (*Shorea spp.*) menunjukkan kualitas unggul bila dibandingkan standar nasional. Berdasarkan penelitian Alpian et al. (2024), briket dengan ukuran serbuk 60–80 mesh memiliki densitas tinggi, kadar air rendah, serta nilai kalor yang sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) meskipun kadar zat mudah menguapnya sedikit tinggi. Hasil ini memenuhi sebagian besar parameter SNI kecuali *volatile matter* dan menunjukkan potensi energi yang besar. Selain itu, penelitian Triadi et al. (2022) memperkuat temuan ini yaitu peningkatan tekanan pencetakan hingga 3 ton dan suhu sampai 200–300°C menghasilkan densitas optimal (~0,48 g/cm³) dan nilai kalor sekitar 3.835 Cal/g, meski sebagian parameter masih di bawah standar.

Penerapan teknologi cetak briket pada lini produksi tradisional sangat penting untuk mengontrol parameter fisik dan kimia agar karakteristik produk yang dihasilkan mampu memenuhi kualifikasi mutu standar nasional (Triadi et al., 2022). Kualitas briket arang pada umumnya ditentukan berdasarkan sifat fisis dan sifat kimianya antar lain ditentukan oleh kadar air, kadar abu dan zat mudah menguap, kerapatan, daya tahan dan nilai kalori. Standar kualitas briket di Indonesia mengacu pada (SNI 01-6235-2000, n.d.) dengan syarat mutu yang dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1.
Standar Nasional Indonesia (SNI) Tentang Kualitas Briket Arang

No	Parameter	Nilai
1	Kadar Air (%)	8 (%)
2	Kadar Zat Mudah Menguap (%)	15 (%)
3	Kadar Abu (%)	8 (%)
4	Nilai Kalori (cal/gr)	5000(kal/gr)

Sumber: (SNI 01-6235-2000, n.d.)

Untuk nilai kerapatan belum termasuk dalam cakupan SNI sehingga dalam penelitian ini kerapatan mengacu pada FAO yang menyatakan standar nilai kerapatan yang baik untuk briket arang adalah 0,40–0,70 g/cm³ (*The State of the World's Forests 2020*, 2020).

Kadar air briket arang adalah persentase jumlah air yang terkandung dalam briket dibandingkan dengan massa total briket tersebut. Kadar air ini merupakan salah satu parameter penting yang mempengaruhi kualitas pembakaran, efisiensi energi, dan daya tahan penyimpanan briket. Kadar air biasanya dinyatakan dalam satuan persen (%), dan diukur dengan cara mengeringkan briket hingga mencapai massa tetap, kemudian membandingkan massa sebelum dan sesudah pengeringan.

Kerapatan briket arang adalah ukuran massa briket per satuan volume, yang menunjukkan sejauh mana partikel-partikel dalam briket tersusun atau terpadatkan. Kerapatan biasanya dinyatakan dalam satuan gram per sentimeter kubik (g/cm³) atau kilogram per meter kubik (kg/m³). Semakin tinggi kerapatan suatu briket, semakin padat dan kuat briket tersebut, sehingga berpotensi menghasilkan waktu pembakaran yang lebih lama dan energi panas yang

lebih efisien. Sebaliknya, briket dengan kerapatan rendah cenderung lebih rapuh, mudah hancur, dan memiliki nilai kalor yang lebih (Iswara et al., 2024).

Zat mudah menguap atau *volatile matter* adalah komponen dalam bahan organik (seperti briket arang) yang dapat menguap atau terurai menjadi gas ketika dipanaskan pada suhu tinggi tanpa kehadiran oksigen. Zat ini terdiri dari gas-gas yang dihasilkan dari penguraian senyawa karbon, seperti hidrogen, metana, karbon monoksida, dan senyawa organik lainnya (Wahyudi & Tangasari, 2023).

METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Hasil Hutan Non Kayu serta Laboratorium Sifat Kayu dan Analisa Produk Hasil Hutan, Jurusan Lingkungan dan Kehutanan, Politeknik Pertanian Negeri Samarinda. Bahan baku serbuk gergaji diperoleh dari industri penggergajian masyarakat di Kampung Memahak Teboq, Kecamatan Long Hubung, Kabupaten Mahakam Ulu.

Pelaksanaan penelitian dimulai sejak bulan Maret sampai dengan Juli 2025 meliputi rangkaian tahapan penelitian yaitu persiapan, pelaksanaan penelitian, analisis data, pelaporan dan diseminasi hasil penelitian melalui publikasi ilmiah

Bahan dan Alat

Bahan utama terdiri dari serbuk gergaji kayu meranti merah dan kayu ulin yang dikarbonisasi menjadi arang serta perekat tepung tapioka. Alat yang digunakan meliputi alat sangrai untuk pengarangan, mesin *crusher*, ayakan mesh 40, oven, *furnace*, cetakan briket manual, timbangan digital, kaliper, dan peralatan laboratorium pendukung lainnya.

Prosedur Penelitian

1. Proses Pengarangan

Proses pembuatan serbuk kayu Meranti Merah dan kayu Ulin menjadi arang dilakukan dengan metode pirolisis lambat terkontrol dimana pada tahap awal bahan baku dikeringkan di bawah sinar matahari langsung selama ± 8 jam untuk mengurangi kadar air pada permukaan serat serbuk kayu. Selanjutnya serbuk kayu yang telah kering dimasukkan ke dalam wadah karbonisasi yang dimodifikasi untuk bisa dibuka sewaktu-waktu. Proses pembakaran berlangsung selama ± 6 jam dalam kondisi wadah tertutup rapat, sehingga memicu proses dekomposisi termal material biomassa. Untuk memastikan distribusi panas yang merata ke seluruh partikel serbuk gergaji serta mencegah terjadinya pembakaran sempurna yang memicu pembentukan abu dilakukan pengadukan secara berkala setiap 30 menit dan cepat dilakukan dengan membuka katup wadah secara terbatas. Setelah proses karbonisasi selesai, arang yang dihasilkan dikeluarkan dilakukan proses pendinginan kering selama ± 1 jam di dalam wadah tertutup sebelum memasuki tahap penggilingan dan pengayakan.

2. Penggilingan dan Pengayakan Arang

Arang yang telah diperoleh dari proses karbonisasi selanjutnya dimasukkan ke dalam mesin penggiling (*crusher*) untuk mendapatkan ukuran partikel yang lebih halus. Setelah proses penggilingan serbuk arang diayak menggunakan ayakan berukuran 40 mesh. Proses pengayakan ini bertujuan untuk menghasilkan ukuran partikel yang agar dapat meningkatkan ikatan antar partikel pada proses pencetakan. Arang yang telah diayak diambil sebanyak 1 kg untuk setiap variasi perlakuan sebagai bahan baku utama briket.

3. Pembuatan Perekat (Binder)

Perekat dibuat dengan cara melarutkan tepung tapioka sebanyak 0,3 kg ke dalam 600 ml air bersih. Campuran larutan tersebut kemudian dipanaskan di atas kompor sambil diaduk secara konstan selama ± 3 menit. Proses pemanasan dihentikan setelah larutan mengalami gelatinisasi yang ditandai dengan perubahan tekstur menjadi kental dan warna cairan berubah menjadi keruh/transparan. Larutan tapioka ini merupakan perekat alami untuk mengikat partikel arang.

4. Pencampuran Bahan (Homogenisasi)

Serbuk arang kayu Meranti Merah dan serbuk arang kayu Ulin ditimbang secara menggunakan timbangan digital sesuai dengan rasio komposisi masing-masing perlakuan yang telah ditentukan. Setelah penimbangan, serbuk arang dicampurkan dengan perekat tapioca, selanjutnya diaduk secara manual hingga seluruh adonan mencapai kondisi yang homogen di mana perekat telah menyelimuti permukaan partikel arang secara merata.

5. Pencetakan, Pengempaan, dan Pengeringan Briket

Adonan briket yang telah homogen dimasukkan ke dalam cetakan silinder manual, kemudian diberi perlakuan tekanan untuk memadatkan massa briket dan mengeluarkan sisa udara yang terjebak di dalam rongga partikel. Setelah dikeluarkan dari cetakan briket basah diletakkan di atas nampan untuk memasuki proses dehidrasi. Tahap akhir dilakukan dengan mengeringkan briket di dalam oven laboratorium pada suhu konstan 103°C selama 24 jam. Proses pengeringan termal ini bertujuan untuk menurunkan kadar air sehingga dieaptakan briket arang yang kering dan siap diuji mutunya.

Parameter Pengujian

1. Kerapatan

Kerapatan dihitung berdasarkan perbandingan massa dan volume briket menggunakan rumus:

$$\text{Rumus Kerapatan } \rho = \frac{m}{V}$$

Keterangan: ρ sebanyak kerapatan (g/cm^3)

m sebanyak massa briket (gram)

V sebanyak volume briket (cm^3)

2. Kadar Air

Kadar air ditentukan melalui metode oven pada suhu 108°C selama 24 jam menggunakan rumus:

$$\text{Kadar Air (\%)} = \left(\frac{(\text{BCK} + \text{S}) - \text{BKT}}{\text{BKT}} \right) \times 100\%$$

Keterangan: BCK = Berat Cawan Kosong

S = Sampel sebelum dioven (g)

BKT = Berat Kering Tanur setelah Dioven (g)

3. Zat Mudah Menguap (*Volatile Matter*)

Sampel dipanaskan pada furnace pada suhu $\pm 750^{\circ}\text{C}$ selama ± 3 jam, kemudian dihitung dengan rumus:

$$\text{Zat Mudah Menguap} = \left(\frac{\text{BKT} - \text{BKA}}{\text{BA}} \right) \times 100\%$$

Keterangan: BKT = Berat Kering Total briket sebelum diuji (g).

BKA = Berat briket setelah dipanaskan pada suhu $\pm 900^{\circ}\text{C}$ selama 3 jam (g).

BA = Berat Akhir yaitu Berat Kering Tanur di Kurang Berat
Briket Setelah di Panaskan

4. Kadar Abu

Kadar abu diperoleh dengan memanaskan sampel pada suhu $\pm 900^{\circ}\text{C}$ selama 6 jam menggunakan rumus:

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \left(\frac{F - BCK}{W} \right) \times 100\%$$

Keterangan: F = Berat 750°C
 BCK = Berat Cawan Kosong
 W = Berat Akhir (BA)

5. Nilai Kalor

Nilai kalor ditentukan sesuai SNI menggunakan rumus:

$$\text{Nilai Kalor} = \left(\frac{(T_2 - T_1) \times m \times C}{ms} \right)$$

Keterangan: T_1 = Suhu Akhir
 T_2 = Suhu Awal
 m = Massa Air Dalam Kalorimeter
 C = Kalor Jenis Air
 ms = Massa Sampel

Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil penelitian ditabulasikan dan dianalisa dengan menggunakan Uji Statistik Rancangan acak Lengkap (RAL) pada 5 perlakuan kombinasi bahan serbuk gergaji dengan 3 kali ulangan. Adapun kombinasi perlakuan tersebut sebagai berikut:

Tabel 2
Komposisi Perlakuan Penelitian

Komposisi Perlakuan	Arang Serbuk Meranti (%)	Arang Serbuk Ulin (%)	Keterangan
Perlakuan 1	100	0	Kontrol
Perlakuan 2	75	25	
Perlakuan 3	50	50	
Perlakuan 4	0	100	Kontrol

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang diperoleh dari hasil penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3
Data Hasil Penelitian Briket Arang Serbuk Meranti Merah dan Ulin

Perlakuan Komposisi	Kerapatan (%)	Kadar Air (%)	Zat Mudah Terbang (%)	Kadar Abu (%)	Kalor (kal/gr)
Meranti Merah 100%	0,4126	5,0646	45,7520	5,9172	5.918,69
Ulin 100%	0,5085	4,8674	36,1327	4,5265	5.576,40
Meranti Merah 50% + Ulin 50%	0,5928	7,1813	44,5207	3,5454	5.819,09
Meranti Merah 75% + Ulin 25%	0,4290	6,3914	48,9953	6,3255	6.020,73
Meranti Merah 25% + Ulin 75%	0,6219	6,7523	39,5886	5,1263	5.674,22

Selanjutnya berdasarkan hasil analisis sidik ragam yang dilakukan dapat disajikan pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4
Ringkasan Hasil Analisis Ragam (ANOVA) dan Uji Lanjut Tukey Pengujian Briket Arang Serbuk Arang Meranti Merah dan Ulin

Jenis Perlakuan	Kerapatan (g/cm ³)	Kadar Air (%)	Zat Mudah Terbang (%)	Kadar Abu (%)	Nilai Kalor (kal/g)
Meranti Merah 100%	0,4126 ^a	5,0646 ^{ab}	45,7525 ^{ab}	5,9172 ^b	5.918,70 ^a
Meranti Merah 75% + Ulin 25%	0,4290 ^a	6,3915 ^{bc}	48,9953 ^b	6,3255 ^b	6.020,73 ^a
Meranti Merah 50% + Ulin 50%	0,5928 ^{ab}	7,1813 ^c	44,5207 ^{ab}	3,5454 ^a	5.819,09 ^a
Meranti Merah 25% + Ulin 75%	0,6219 ^b	6,7523 ^{bc}	39,5886 ^{ab}	5,1263 ^{ab}	5.674,22 ^a
Ulin 100%	0,5085 ^{ab}	4,8674 ^a	36,1327 ^a	4,5266 ^{ab}	5.576,40 ^a
F-Statistik	5,5435	12,0135	6,5789	7,1197	0,352
p-value	0,0129*	0,0008**	0,0073**	0,0056**	0,8369 (ns)

Keterangan:

Angka pada tabel yang terdapat notasi huruf kecil yang sama di dalam kolom yang sama menunjukkan perbedaan tidak signifikan berdasarkan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) 5%, sedangkan huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata (signifikan) uji lanjut BNJ 5%

(ns) = non signifikan

(*) = signifikan (p<0,05)

(**) = Sangat signifikan (p<0,01)

Kerapatan

Nilai kerapatan briket pada seluruh perlakuan berada pada rentang 0,4126–0,6219 g/cm³. Kerapatan tertinggi terdapat pada komposisi Meranti 25% + Ulin 75% (0,6219 g/cm³), sedangkan nilai terendah pada komposisi Meranti 100% (0,4126 g/cm³). Temuan ini sejalan dengan penelitian Putra & Hidayat (2022) yang melaporkan bahwa densitas briket biomassa berkisar 0,6458 g/cm³ dan berpengaruh terhadap kualitas pembakaran. Penelitian oleh Iswara et al. (2024) dalam studi literatur briket menyebutkan bahwa briket dari tempurung kelapa dan biomassa lain memiliki densitas di kisaran 0,8 – 1,12 g/cm³.

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam menunjukkan variasi perlakuan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kerapatan (P=0,0129), selanjutnya dilakukan Uji BNJ yang memperlihatkan bahwa peningkatan komposisi arang kayu Ulin hingga 75% menghasilkan nilai kerapatan tertinggi (0,6219 g/cm³) dan berbeda nyata secara signifikan (P=0,0263) dibandingkan kontrol pada Meranti Merah 100% (0,4126 g/cm³). Data ini menunjukkan bahwa kerapatan sel kayu Ulin yang secara alami tinggi mampu mengisi rongga kosong di antara partikel Meranti yang kerapatannya lebih kecil dibandingkan ulin sehingga, menghasilkan briket yang lebih kuat secara struktural. Hal ini didukung oleh data dalam Wahyuningtyas et al. (2026) yang mengatakan bahwa nilai kerapatan yang diperoleh berkaitan erat dengan sifat dari bahan baku yang digunakan yaitu kayu Ulin (*Eusideroxylon zwageri*) yang secara alami merupakan kayu kelas kuat I dengan kerapatan dinding sel yang sangat padat. Ketika diolah menjadi briket arang, struktur arang kayu Ulin yang kokoh dan memiliki berat jenis atau kerapatan tinggi menghasilkan struktur briket yang lebih kompak dan masif saat mengalami proses penekanan pada saat pencetakan briket.

Meskipun SNI 01-6235-2000 tidak menetapkan kerapatan sebagai parameter kualitas briket arang kayu namun demikian nilai kerapatan dari penelitian ini menunjukkan kualitas

produk yang baik jika dikomparasikan dengan standar internasional. Berdasarkan kriteria yang dirilis oleh FAO, briket arang kayu berkualitas komersial idealnya memiliki nilai kerapatan antara 0,40–0,70 g/cm³ (FAO, 2020). Nilai kerapatan tertinggi pada briket dari campuran Meranti 25% + Ulin 75% (0,6219 g/cm³) telah masuk dalam rentang yang dipersyaratkan oleh FAO. Kerapatan yang tinggi ini mengindikasikan bahwa proses pengempaan pada pencetakan briket berhasil mereduksi rongga udara antar partikel pada kedua jenis bahan baku, yang ditunjukkan dengan tingginya nilai kalor briket yang melebihi 6.000 kal/g. Struktur yang rapat dan padat ini sangat menguntungkan karena memberikan kekuatan mekanis yang baik sehingga briket tidak mudah rapuh dan memiliki durasi pembakaran yang lebih lama.

Kadar Air

Kadar air briket berkisar antara 4,8674–7,1813%, dan seluruhnya memenuhi persyaratan SNI (<8%). Nilai tertinggi ditunjukkan pada komposisi Meranti 50% + Ulin 50% (7,1813%), sedangkan nilai terendah pada Ulin 100% (4,8674%). Kadar air rendah penting karena meningkatkan efisiensi pembakaran dan memudahkan penyalaan. Hasil ini konsisten dengan penelitian Maharani et al. (2022) yang melaporkan kadar air 2,3535–6,3957% pada briket serbuk gergaji dengan perekat tepung singkong dan seluruhnya memenuhi syarat SNI. Iskandar et al. (2019) juga melaporkan bahwa dalam briket arang tempurung kelapa, kadar air berada di bawah batas SNI (kurang dari 8%) dan memberikan kualitas penyalaan yang baik.

Data hasil analisis sidik ragam menunjukkan pengaruh sangat nyata/signifikan terhadap Kadar Air ($P=0,0008$). Komposisi campuran kedua jenis bahan memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap kadar air briket ($P<0,01$). Komposisi campuran yang sama antara Meranti 50% dan Ulin 50%) menghasilkan kadar air tertinggi yaitu 7,1813% dan berbeda nyata dari kontrol Meranti 100% dan Ulin 100%. Kemungkinan ini terjadi karena interaksi heterogen antar partikel meningkatkan kapasitas penyerapan adonan perekat tapioka selama proses pengempaan walaupun seluruhnya komposisi perlakuan masih dibawah SNI (<8%).

Perbedaan kadar air juga dipengaruhi sifat anatomi serbuk kayu. Meranti merah memiliki rongga sel lebih besar sehingga mudah menyerap air, sedangkan ulin memiliki struktur dinding sel sangat rapat sehingga lebih resisten terhadap kelembapan.

Zat Mudah Menguap

Nilai *volatile matter* seluruh perlakuan berada pada kisaran 36,1327–48,9953%, dan tidak ada yang memenuhi syarat SNI (<20%). Nilai tertinggi terdapat pada Meranti 75% + Ulin 25% (48,9953%), sedangkan nilai terendah pada Ulin 100% (36,1327%). Nilai *volatile matter* yang tinggi menandakan bahwa briket lebih mudah terbakar cepat, menghasilkan asap lebih banyak, serta kurang stabil dalam pembakaran. Hasil analisis sidik ragam terhadap Zat Mudah Terbang ($P=0,0073$) menunjukkan pengaruh yang sangat signifikan. Nilai zat mudah terbang (*volatile matter*) terendah diperoleh pada Ulin 100% (36,1327%), yang berbeda nyata terhadap Meranti Merah 75% + Ulin 25% (48,9953%).

Penelitian Wahyudi & Tanggasari (2023) juga menunjukkan bahwa tingginya kandungan bahan volatil dapat menurunkan stabilitas pembakaran meskipun masih berada dalam kategori biomassa yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar. Nilai volatil matter yang tinggi menunjukkan adanya banyak senyawa ringan yang mudah menguap, yang bisa menyebabkan pembakaran lebih cepat, bercampur gas, dan potensi pembentukan asap lebih besar. Untuk menurunkan volatil matter, diperlukan pengolahan karbonisasi yang lebih efektif atau peningkatan temperatur serta waktu karbonisasi agar komponen volatil lebih banyak hilang sebelum pencetakan briket.

Tingginya *volatile matter* pada seluruh perlakuan menunjukkan proses karbonisasi belum optimal. Kandungan senyawa volatil yang tinggi terkait dengan rasio hemiselulosa dan selulosa

yang belum sepenuhnya terdegradasi selama pembakaran awal. Meranti menghasilkan nilai volatil lebih tinggi dibanding ulin karena kandungan selulosa dan hemiselulosanya lebih besar. Kondisi ini menyebabkan pembakaran briket cenderung menghasilkan asap lebih banyak dan kurang efisien. Kemungkinan lain tingginya kadar *volatile matter* dalam penelitian ini dipengaruhi oleh metode karbonisasi semi tertutup yang diterapkan. Walaupun proses pembakaran berlangsung selama 6 jam telah mampu mengonversi selulosa menjadi karbon namun pembukaan wadah pirolisis secara berkala untuk pengadukan menyebabkan penurunan akumulasi tekanan panas optimal di dalam wadah pirolisis yang mengakibatkan pelepasan senyawa volatil dari dinding sel kayu Meranti dan Ulin belum berjalan secara tuntas

Menurut Tomen et al. (2026) ukuran partikel serbuk gergaji dan optimalisasi suhu pirolisis terbukti menjadi faktor kunci dalam menurunkan kadar zat mudah menguap (*volatile matter*), sehingga dapat menghasilkan briket arang dengan efisiensi pembakaran yang lebih bersih dan asap yang lebih rendah.

Kadar Abu

Kadar abu seluruh perlakuan berkisar 3,5454–6,3255%, dan masih berada dalam batas maksimum SNI (<8%). Kadar abu terendah terdapat pada Meranti 50% + Ulin 50% (3,5454%). Kadar abu rendah menunjukkan bahwa sisa pembakaran relatif sedikit, sehingga efisiensi energi lebih baik. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Rozidi et al. (2024), yang melaporkan kadar abu briket serbuk gergaji dengan perekat pati pisang berkisar 2,37%, dan nilai ini masih masuk batas aman SNI. Hasil analisis sidik ragam terhadap Kadar Abu ($P=0,0056$) Kedua parameter kimia ini menunjukkan pengaruh yang sangat nyata ($P<0,01$). Pada perlakuan untuk campuran Meranti 50% + Ulin 50% menunjukkan reduksi kadar abu paling ekstrem (3,5454%) dan berbeda signifikan dari komposisi dominan Meranti lainnya. Ini membuktikan adanya efek keterakitan penekanan senyawa mineral penyebab kadar abu melalui pencampuran komposisi bahan baku yang seimbang.

Wulandari et al. (2025) dalam studi briket arang cangkang kemiri dan kayu jati melaporkan kadar abu briket sekitar 6,78%, yang masih di bawah batas maksimal SNI (8 %), menunjukkan bahwa abu dapat dikendalikan melalui pemilihan bahan baku dan formulasi. Kadar abu dipengaruhi oleh kandungan mineral anorganik dalam bahan baku. Meranti menunjukkan kadar abu lebih tinggi dibanding ulin, sesuai karakteristik kayu tropis yang tumbuh di tanah kaya mineral. Semua nilai kadar abu memenuhi SNI, sehingga briket tidak meninggalkan residu berlebih setelah pembakaran.

Nilai Kalor

Seluruh komposisi briket memenuhi standar nilai kalor SNI (>5.000 cal/g). Nilai kalor tertinggi terdapat pada komposisi Meranti 75% + Ulin 25% (6.020,73 cal/g), sedangkan nilai terendah pada Ulin 100% (5.576,40 cal/g). Nilai kalor yang tinggi menunjukkan potensi briket yang baik sebagai bahan bakar alternatif. Berdasarkan analisis sidik ragam menunjukkan anomali jika dibandingkan dengan parameter uji lainnya pada Nilai Kalor ($P=0,8369$) dimana variasi komposisi bahan tidak berpengaruh nyata (non significant, $P>0,05$). Nilai F statistik yang rendah (0,3520) menunjukkan bahwa baik kayu Meranti maupun Ulin secara natural memiliki nilai kalor dasar karbon terikat yang sama-sama tinggi sehingga variasi campuran apa pun pada kedua bahan tersebut yang dipilih akan tetap menghasilkan kalori briket yang cenderung seragam dan stabil di atas batas minimum SNI (>5.000 kal/g). Hasil ini konsisten dengan penelitian-penelitian sebelumnya, seperti Maharani et al. (2022) yang melaporkan nilai kalor hingga 5.445 cal/g, serta Putra & Hidayat (2022) yang menemukan nilai kalor 5.595 cal/g, keduanya memenuhi standar SNI. Menurut Imam Ardiansyah et al. (2022) analisis nilai kalor

berbagai jenis briket biomassa menunjukkan bahwa briket dengan kalor ≥ 5.000 cal/g secara teori sudah memenuhi standar SNI untuk bahan bakar briket.

Nilai kalor terbesar pada komposisi Meranti 75% + Ulin 25% menunjukkan bahwa meranti berkontribusi besar terhadap peningkatan energi pembakaran. Lignin yang lebih tinggi dan keberadaan senyawa ekstraktif mudah terbakar dalam meranti meningkatkan energi yang dilepaskan. Ulin yang memiliki serat padat cenderung terbakar lebih lambat, sehingga nilai kalornya lebih rendah. Seluruh nilai memenuhi SNI sehingga setiap komposisi layak digunakan sebagai sumber energi biomassa.

Menurut Yulia et al. (2026) briket yang memiliki kadar air dan kadar abu rendah serta nilai kalor dan karbon terikat yang tinggi umumnya menunjukkan mutu yang lebih baik karena mampu menghasilkan energi yang lebih besar dan pembakaran yang lebih efisien. Secara keseluruhan kualitas briket dapat diketahui melalui sifat fisik dan termalnya, seperti kerapatan, kadar air, suhu pembakaran maksimum, dan efisiensi waktu pembakaran. Kerapatan yang lebih tinggi menunjukkan tingkat pengempaan yang baik sehingga briket memiliki kekuatan dan durasi pembakaran yang lebih baik. Kadar air yang rendah mendukung kestabilan pembakaran dan meningkatkan efisiensi energi. Selain itu, suhu pembakaran maksimum dan efisiensi waktu pembakaran merupakan indikator penting dalam menilai performa suhu pembakaran briket sebagai bahan bakar alternatif. Briket yang memiliki kerapatan tinggi, kadar air rendah, serta karakteristik pembakaran yang stabil umumnya menunjukkan kualitas yang lebih baik (Pamungkas et al., 2026).

KESIMPULAN

Secara keseluruhan briket arang dari kombinasi limbah kayu Meranti dan Ulin memiliki kualitas fisik dan energi yang potensial karena sebagian besar parameternya telah memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) dan FAO untuk kerapatan. Nilai parameter uji kerapatan, kadar air, kadar abu, dan nilai kalor menunjukkan kualitas briket arang yang baik. Namun, demikian kandungan zat mudah menguap (*volatile matter*) yang tinggi menjadi penyebab briket belum sepenuhnya memenuhi standar nasional. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi limbah kayu hutan tropis berpotensi besar sebagai sumber energi biomassa alternatif yang bermutu tinggi untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil sekaligus mengatasi masalah lingkungan akibat limbah penggergajian. Sebagai rekomendasi untuk penelitian mendatang perlu dilakukan optimasi pada proses karbonisasi khususnya pada material berbentuk serbuk penggergajian atau yang sejenis untuk meminimalkan jumlah zat mudah menguap.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat terlaksana atas dukungan dari Pimpinan Politeknik Pertanian Negeri Samarinda dan lebih khusus kepada Ketua Program Studi Pengolahan Hasil Hutan pada Jurusan Lingkungan dan Kehutanan Politeknik Pertanian Negeri Samarinda.

DAFTAR PUSTAKA

- Alpian, A., Sinaga, J. P., Joni, H., Yanciluk, Y., Supriyati, W., Nuwa, N., Luhan, G., & Wanasetya, A. (2024). Karakteristik Briket Arang Dari Limbah Serbuk Meranti (*Shorea Spp*). *Jurnal Hutan Tropis*, 12(1), 1. <https://doi.org/10.20527/jht.v12i1.19003>
- As siddiqi, M. J., Syafitri, A. E., Kurniawan, S., & Farahdiansari, A. P. (2024). Pembuatan Biobriket dari Limbah Kayu UMKM Sebagai Energi Alternatif Rumah Tangga di Desa Bancer. *Abdimas Universal*, 7(1), 97–103. <https://doi.org/10.36277/abdimasuniversal.v7i1.545>

- Imam Ardiansyah, Yandra Putra, A., & Sari, Y. (2022). Analisis Nilai Kalor Berbagai Jenis Briket Biomassa Secara Kalorimeter. *Journal of Research and Education Chemistry*, 4(2), 120. [https://doi.org/10.25299/jrec.2022.vol4\(2\).10735](https://doi.org/10.25299/jrec.2022.vol4(2).10735)
- Iskandar, N., Nugroho, S., Meta, D., Feliyana, F., & Sudharto, J. (2019). Uji Kualitas Produk Briket Arang Tempurung Kelapa Berdasarkan Standar Mutu SNI. *Momentum*, 15(2), 103–108.
- Iswara, M. A. I., Mustain, A., Mufid, M., & Prayitno, P. (2024). Studi Literatur Karakteristik Briket Dengan Perbedaan Rasio Campuran Arang Tempurung Kelapa Dan Biomassa Lainnya. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 10(1), 56–69. <https://doi.org/10.33795/distilat.v10i1.4466>
- Maharani, F., Kurniawan, E., & Ginting, Z. (2022). Pembuatan Briket Dari Arang Serbuk Gergaji Kayu Dengan Perekat Tepung Singkong Sebagai Bahan Bakar Alternatif. In *Jurnal Teknologi Kimia Unimal* (Vol. 11, Number 2).
- Palamba, P. (2026). Pemanfaatan limbah serbuk gergajian kayu merbau (&i>intsia spp.&i>) sebagai briket biomassa untuk energi rumah tangga. *Proceeding SNTTM BKS-TM Indonesia*, 23(1), 142–148. <https://doi.org/10.71452/js983b80>
- Pamungkas, A. W., Ayu Yusuf, M., & Teraka, M. (2026). Wood Waste Charcoal Briquettes: Physical and Thermal Characteristics Based on Particle Size and Wood Type. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 13(4), 613–626. <https://doi.org/10.19028/jtep.013.4.613-626>
- Putra, B. S., & Hidayat, A. A. (2022). Briket Dari Cangkang Kelapa Sawit Menggunakan Perekat Daun Belimbing Wuluh. *Jurnal Teknik Terapan*, 1(1), 14–19. <https://doi.org/10.25047/jteta.v1i1.7>
- Rachma, E. A., Eryadini, N., Nurdiana, R., Machsunah, Y. C., & Sutarum. (2024). *Pelatihan Pembuatan Briket dari Limbah Gergaji Kayu untuk Meningkatkan Keterampilan Kewirausahaan*. 5(2), 24–31. <https://doi.org/10.36456/ekobisabdimas.5.2.9980>
- Retnawati, E., Apriani, I., & Sulastri, A. (2023). Pemanfaatan Sampah Organik dan Serbuk Kayu Menjadi Biobriket sebagai Energi Alternatif. *Dampak*, 20(1), 43–48. <https://doi.org/10.25077/dampak.20.1.43-48.2023>
- Rozidi, S., Diah Ajeng Setiawati, M., & Fuadi. (2024). Analisis Kualitas Briket Serbuk Gergaji Dengan Perekat Tepung Pati Bonggol Pisang (*Musa paradisiaca* L.). *J-AGENT*, 2(1). <https://journal.unram.ac.id/index.php/agent/article/view/3098>
- Sari, P. N., & Aminah, S. (2020). Pemanfaatan Serbuk Gergaji Sebagai Bahan Baku Briket. *Media Eksakta*, 16(2), 98–104. <https://doi.org/10.22487/me.v16i2.740>
- SNI 01-6235-2000. (n.d.). *Standar Nasional Indonesia Briket arang kayu*.
- Suhartana, S., Yuniawati, Gandaseca, S., Dulsalam, Soenarno, & Ratnasingam, J. (2022). Potential of Wood Harvesting Residues and Residual Stand Damage due to Timber Harvesting: A Case Study at PT Austral Byna in Central Kalimantan, Indonesia. *International Journal of Forestry Research*, 2022, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2022/3251945>
- The State of the World's Forests 2020*. (2020). FAO and UNEP. <https://doi.org/10.4060/ca8642en>
- Tomen, W. T., Nna, T. P. N., Sapnken, F. E., Diboma, B. S., Abdelkerim, A. A., Marcelin, M. P., & Tamba, J. G. (2026). Energetic, economic and social analysis of briquettes made from sawdust of two tropical wood species and their hybrids: *Milicia excelsa* (Iroko) and *Pterocarpus soyauxii* (Padouk). *Energy Reports*, 15, 109014. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2025.109014>
- Triadi, A. A. A., Mulyanto, A. A., Joniarta, I. W., Wijana, M., & Nuarsa, I. M. (2022). Penerapan Teknologi Briket pada Pengusaha Arang Tempurung Kelapa Tradisional. *JURNAL KARYA PENGABDIAN*, 4(1), 53–58. <https://doi.org/10.29303/jkp.v4i1.121>

- Wahyudi, W., & Tanggasari, D. (2023). Uji karakteristik briket serbuk gergaji kayu jati dengan pencampuran ampas tebu berdasarkan jumlah variasi perekat (tepung beras ketan). *Sultra Journal of Mechanical Engineering (SJME)*, 2(1), 17–28. <https://doi.org/10.54297/sjme.v2i1.426>
- Wahyuningtyas, I., Wartomo, Ibo, A., & Syafi'i. (2026). Pengaruh Formulasi Serbuk Kayu dan Perekat terhadap Karakteristik Dasar Briket Arang Kayu Ulin. *Wahana Forestra: Jurnal Kehutanan*, 21(1), 47–60. <https://doi.org/10.31849/awy50p10>
- Wulandari, F. K., Wardana, R. W., Setiawan, I., Koto, I., & Parlindungan, D. (2025). Kualitas Briket Arang Berbahan Baku Cangkang Kemiri (*Aleurites mollucanus*) dan Serbuk Kayu Jati (*Tectona grandis*). *ULIN: Jurnal Hutan Tropis*, 9(2), 309. <https://doi.org/10.32522/ujht.v9i2.19630>
- Yulia, A., Yernisa, Y., & Fiardilla, F. (2026). Characteristics Of Biobriquette From Areca Nut Waste And Coconut Waste With Various Types And Proportion Of Binders. *Jurnal Ilmiah Ilmu Terapan Universitas Jambi*, 10(1), 201–220. <https://doi.org/10.22437/jiituj.v10i1.48001>
- Yuni, M. R., Faisal, Nurlaila, R., Ulfa, R., & Fibarzi, W. ulfa. (2025). Pembuatan Briket dari Tempurung Kelapa dan Serbuk Gergaji Kayu dengan Perekat Tepung Tapioka sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, 5(05), 981–994. <https://doi.org/10.29103/cejs.v5i05.23949>