

## Pengembangan Bio Briket Multi-Limbah sebagai Strategi Pengurangan Emisi pada Penyulingan Minyak Sereh Wangi di PT Arutmin Indonesia

Development of Multi-Waste Briquettes as an Emission Reduction Strategy in Citronella Oil Refinery at PT Arutmin Indonesia

Kurniawan Shidiq Sutikno<sup>1\*</sup>, Tsani Adiyanti<sup>1</sup>, Kevin Tanjung<sup>1</sup>, M. Indra Darmawan<sup>1</sup>, Hamdan Auli<sup>1</sup>, Qomarudin Sukri<sup>2</sup>, Meldayanoor<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Politeknik Negeri Tanah Laut, Jl. A. Yani, Km.6, Desa Panggung, Kec. Pelaihari, Kab. Tanah Laut, Kalimantan Selatan 70815, Indonesia

<sup>2</sup>PT Arutmin Indonesia, Mekar Sari, Kec. Kintap, Kab. Tanah Laut, Kalimantan Selatan 70883, Indonesia

\*Email: kurniawanshidiq@politala.ac.id

Naskah diterima: 06 Oktober 2025; Naskah disetujui: 22 November 2025

### ABSTRACT

The demand for environmentally friendly alternative energy continues to increase in line with the depletion of fossil fuel availability and its environmental impacts. One potential solution is the utilization of biomass-based bio briquettes as a renewable energy source. This study aims to evaluate the quality of biobriquettes through seven key parameters, namely moisture content, ash content, density, volatile matter, burning rate, calorific value, and emission test, which were compared to the Indonesian National Standard (SNI) as well as firewood combustion results. A quantitative descriptive method was employed using three formulations with three replications. The results showed that the moisture content (10.00–13.33%) and ash content (10–15.67%) met the requirements of SNI 4931:2010. The density of the bio briquettes (0.42–0.552 g/cm<sup>3</sup>) indicated a reasonably good compactness although no SNI reference is available for density. However, the volatile matter content remained considerably high (65.33–76.33%), exceeding the SNI threshold of <22%. The burning rate ranged from 0.0058–0.0066 g/s with stable combustion characteristics. The calorific value of the bio briquettes was between 2760.21–3387.41 Cal/g, while emission tests showed the highest CO concentration at 0.86% in FP1, CO<sub>2</sub> at 3.37% in FP2, O<sub>2</sub> at 20.95% in FP2, and HC at 139.33 ppm in FP1.

**Keywords:** biobriquettes, citronella, emission test, fine coal, paper waste

### ABSTRAK

Kebutuhan energi alternatif yang ramah lingkungan semakin meningkat seiring dengan berkurangnya ketersediaan bahan bakar fosil dan dampak pencemarannya. Salah satu solusi yang potensial adalah pemanfaatan biobriket berbasis biomassa sebagai sumber energi terbarukan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi mutu biobriket melalui tujuh parameter utama yaitu kadar air, kadar abu, densitas, kadar zat terbang (volatile matter), laju pembakaran, nilai kalor, dan uji emisi yang dibandingkan dengan SNI serta hasil pembakaran kayu bakar. Metode yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif dengan tiga formulasi dan tiga ulangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar air (10,00–13,33%) dan kadar abu (10–15,67%) telah memenuhi standar SNI 4931:2010. Densitas biobriket

(0,42–0,552 g/cm<sup>3</sup>) menunjukkan kerapatan cukup baik. Namun, kadar *volatile matter* masih sangat tinggi (65,33–76,33%), sehingga tidak sesuai dengan batas SNI <22%. Laju pembakaran berkisar 0,0058–0,0066 g/detik dengan karakter pembakaran stabil. Nilai kalor dari biobriket berada pada rentang 2760,21–3387,41 Cal/g. Uji emisi menunjukkan kadar CO tertinggi 0,86% pada FP1, CO<sub>2</sub> tertinggi 3,37% pada FP2, O<sub>2</sub> tertinggi 20,95% pada FP2, dan HC tertinggi 139,33 ppm pada FP1. Secara praktis, hasil penelitian ini memberikan dasar bagi pengembangan formulasi biobriket biomassa yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Temuan ini dapat dimanfaatkan oleh industri maupun rumah tangga sebagai alternatif bahan bakar padat yang ekonomis, sekaligus mendukung kebijakan transisi energi berkelanjutan di tingkat lokal maupun nasional.

**Kata kunci:** biobriket, sereh wangi, uji emisi, batubara halus, limbah kertas

## PENDAHULUAN

Sektor pertambangan batubara di Indonesia memiliki peran penting dalam penyediaan energi nasional. Namun, aktivitas ini juga menimbulkan permasalahan lingkungan berupa material sisa yang belum termanfaatkan optimal termasuk di PT Arutmin Kintap. Salah satu material sisanya adalah *fine coal* atau batubara halus, yaitu fraksi batubara berukuran kecil yang sering kali hanya menjadi tumpukan di area tambang (Prokopenko *et al.*, 2017). Sisa batu bara halus ini masih memiliki nilai kalor yang cukup tinggi dan dapat diolah kembali menjadi briket. Pemanfaatan *fine coal* tidak hanya membuka peluang energi alternatif, tetapi juga menjadi strategi pengurangan pencemaran lingkungan di kawasan pertambangan (Ozga & Borowski, 2018). Pengolahan *fine coal* menjadi briket dapat berkontribusi dalam pengurangan limbah pertambangan sekaligus meningkatkan pemanfaatan sumber daya sehingga mendukung upaya keberlanjutan lingkungan (Fachruzzaki *et al.*, 2022). Pengembangan teknologi pengolahan *fine coal* menjadi briket dapat menjadi langkah strategis untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Penerapan teknologi ini sejalan dengan upaya untuk mencapai ekoefisiensi dalam industri pertambangan, yang dapat mengurangi dampak buruk terhadap lingkungan (Rifai *et al.*, 2024).

Selain material sisa dari aktivitas pertambangan, sumber limbah potensial lain yang tersedia di sekitar area operasional PT Arutmin adalah limbah biomassa hasil kegiatan pertanian masyarakat, salah satunya berupa ampas serai wangi. Ampas serai wangi cukup melimpah jumlahnya dan mengandung lignoselulosa, sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku biomassa untuk pembuatan briket (Siahdashti *et al.*, 2022). Kandungan selulosa, hemiselulosa, dan lignin di dalamnya berperan penting sebagai penyumbang energi pada biobriket (Olugbade *et al.*, 2019). Dengan demikian, pemanfaatan ampas serai

wangi sebagai biomassa tidak hanya membantu mengurangi limbah, tetapi juga memberikan nilai tambah bagi industri minyak atsiri.

Residu lain yang banyak ditemukan adalah kertas bekas (Legawati *et al.*, 2025). Jumlahnya terus meningkat seiring dengan aktivitas industri maupun rumah tangga, namun sebagian besar hanya berakhir di tempat pembuangan atau dibakar tanpa pengolahan. Kertas memiliki kandungan selulosa yang tinggi sehingga berpotensi dijadikan bahan tambahan dalam formulasi briket, baik sebagai perekat maupun penyumbang energi. Dengan demikian, pemanfaatan kertas bekas tidak hanya mengurangi timbulan sampah, tetapi juga mendukung konsep *circular economy* dalam penyediaan energi terbarukan.

Berbagai penelitian tentang briket berbasis biomassa maupun batubara sudah banyak dilakukan. Namun, sebagian besar masih terbatas pada pemanfaatan satu atau dua jenis bahan, seperti batubara dengan sekam padi (Fachruzzaki *et al.*, 2022; Zulfalina *et al.*, 2023). Hingga kini, kajian yang mengintegrasikan tiga bahan sekaligus yakni fine coal, ampas sereh wangi, dan kertas bekas belum banyak ditemukan. Padahal, formulasi multi-limbah ini berpotensi menghasilkan briket dengan karakteristik pembakaran lebih baik dan dampak lingkungan yang lebih rendah.

Selain kebaruan dari sisi kombinasi bahan, penerapan briket multi-limbah pada industri penyulingan minyak sereh wangi juga masih jarang diteliti. Proses destilasi minyak atsiri membutuhkan energi panas yang cukup tinggi, sehingga penggunaan briket hasil pengolahan residu dapat menjadi solusi nyata. Strategi ini tidak hanya menekan ketergantungan pada bahan bakar fosil, tetapi juga mendukung upaya pengurangan emisi pada industri berskala lokal maupun nasional.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menguji karakteristik biobriket multi-limbah berbasis *fine coal*, ampas sereh wangi, dan kertas bekas sebagai alternatif bahan bakar untuk proses penyulingan minyak sereh wangi. Kajian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengelolaan limbah terpadu, peningkatan efisiensi energi, serta pengurangan emisi di industri agroindustri lokal.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Bioproses Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Politeknik Negeri Tanah Laut, Workshop Teknologi Otomotif, dan Balai Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri Banjarbaru pada bulan September 2025. Penelitian

ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik biobriket yang dihasilkan dari tiga formulasi berbeda (FP1, FP2, dan FP3). Setiap formulasi dibuat sebanyak tiga ulangan untuk meningkatkan keakuratan data dan meminimalkan kesalahan pengukuran.

### **Alat dan Bahan**

Alat yang digunakan pada penelitian ini diantaranya gelas kimia (pyrex), blender (Philips), batang pengaduk, oven (amato Constant Temperature Oven DKN602), loyang, baskom, alat pencetak briket, neraca analitik (Joil), kompor (Rinnai), panic, saringan ukuran 20 mesh, cawan porselin, tanur (nobertherm), dan desikator (Nalgene).

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya *fine coal* dan limbah seroh wangi hasil penyulingan yang diperoleh dari area pertambangan PT Arutmin Indonesia Tambang Kintap, serta limbah kertas dari sisa penggunaan sehari-hari. Ketiga bahan dikeringkan hingga kadar air  $\pm 10\%$ . Komposisi campuran disusun menjadi tiga formulasi (FP1, FP2, FP3) dengan rasio massa berbeda. Selain bahan utama, penelitian ini juga menggunakan tepung tapioka sebagai perekat alami dan akuades sebagai media pencampur.

Tiga variasi formulasi pencampuran digunakan dalam penelitian ini, yaitu:

Formulasi 1 (FP1) = 10 : 4 : 3 : 3 (FC : LK : PT : S)

Formulasi 2 (FP2) = 6 : 1 : 1 : 2 (FC : LK : PT : S)

Formulasi 3 (FP3) = 1 : 1 : 1 : 1 (FC : LK : PT : S)

Keterangan: FC: *Fine Coal*, LK: Limbah Kertas, PT: Perekat Tapioka, S: Serai Wangi

### **Prosedur Penelitian**

Prosedur penelitian meliputi tahap persiapan bahan baku, pencampuran bahan, pencetakan briket dan penyimpanan. Adapun prosedur kerja dari masing-masing tahapan tersebut dapat diterangkan sebagai berikut:

#### **1. Persiapan Bahan**

Persiapan bahan, meliputi pengayakan *fine coal* menggunakan ayakan 20 mesh untuk memperoleh ukuran partikel yang seragam, pemotongan dan penghancuran limbah kertas menjadi bubur kertas yang kemudian dikeringkan, serta pengeringan ampas seroh wangi hasil penyulingan minyak atsiri menggunakan oven sebelum dihaluskan. Perekat dibuat dari tepung tapioka yang dilarutkan dalam air mendidih dengan perbandingan 1:6. Seluruh bahan kemudian ditimbang sesuai formulasi menggunakan neraca analitik.

## 2. Pencampuran Bahan

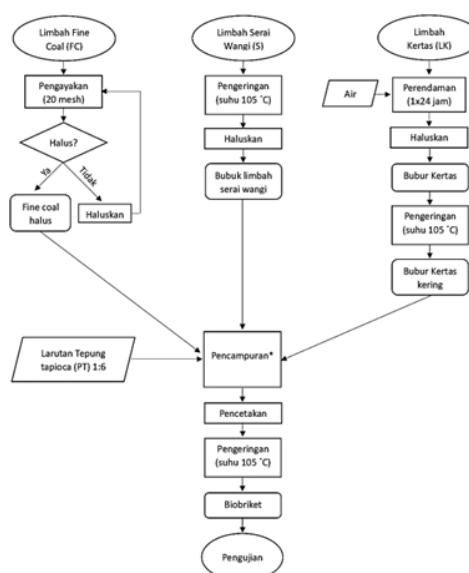
Pencampuran bahan, yaitu *fine coal* (FC), limbah kertas (LK), dan ampas sereh wangi (S) yang dicampur dalam wadah bersama perekat tepung tapioka (PT) hingga homogen sesuai masing-masing perlakuan formulasi.

## 3. Pencetakan briket dan Penyimpanan

Pencetakan briket, di mana campuran homogen dimasukkan ke dalam cetakan dan dipadatkan agar diperoleh bentuk dan kerapatan yang seragam. Setelah dicetak, briket dikeringkan dalam oven pada suhu terkontrol hingga kadar air menurun dan briket menjadi keras serta stabil. Tahap akhir adalah penyimpanan, di mana briket kering disimpan dalam wadah tertutup untuk mencegah penyerapan kelembaban sebelum dilakukan pengujian karakteristik fisik dan kimia.

## 4. Pengujian Karakteristik Fisik dan Kimia

Parameter yang dianalisis meliputi kadar air yang ditentukan dengan metode gravimetri oven, kadar abu menggunakan metode pengabuan langsung, densitas, kadar zat terbang (*volatile matter*), laju pembakaran, nilai kalor menggunakan *bomb calorimeter*, serta uji emisi dari hasil pembakaran biobriket. Data hasil pengukuran dari setiap ulangan kemudian dihitung nilai rata-rata untuk menggambarkan kecenderungan umum dari setiap formulasi. Hasil penelitian selanjutnya dibandingkan dengan standar mutu briket batubara SNI 4931:2010 maupun regulasi emisi terkait (SNI 7117:2021) untuk mengetahui kelayakan biobriket yang dihasilkan. Secara keseluruhan, alur tahapan prosedur penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir pembuatan biobriket

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas biobriket yang dihasilkan pada penelitian ini menguji tujuh parameter utama yang mencerminkan sifat fisik dan kimia bahan bakar padat. Ketujuh parameter ini dipilih karena memiliki peran penting dalam menentukan mutu, efisiensi, serta dampak lingkungan dari pemanfaatan biobriket. Hasil pengujian kadar air, kadar abu, densitas, kadar zat terbang (*volatile matter*), laju pembakaran dan nilai kalor disajikan dalam Tabel 1, sedangkan untuk uji emisi disajikan dalam Tabel 2.

**Tabel 1. Hasil pengujian biobriket meliputi kadar air, kadar abu, zat terbang, laju pembakaran, densitas, dan nilai kalor**

| Formula | Jenis Pengujian |               |                               |                 |                           |                     |
|---------|-----------------|---------------|-------------------------------|-----------------|---------------------------|---------------------|
|         | kadar air (%)   | kadar abu (%) | densitas (g/cm <sup>3</sup> ) | zat terbang (%) | laju pembakaran (g/detik) | Nilai Kalor (Cal/g) |
| FP1     | 10,00           | 15,67         | 0,55                          | 69,00           | 0,0061                    | 3387,41             |
| FP2     | 13,33           | 15,00         | 0,42                          | 65,33           | 0,0066                    | 2760,21             |
| FP3     | 11,33           | 10,00         | 0,534                         | 76,33           | 0,0058                    | 2954,12             |

**Tabel 2. Hasil pengujian emisi biobriket**

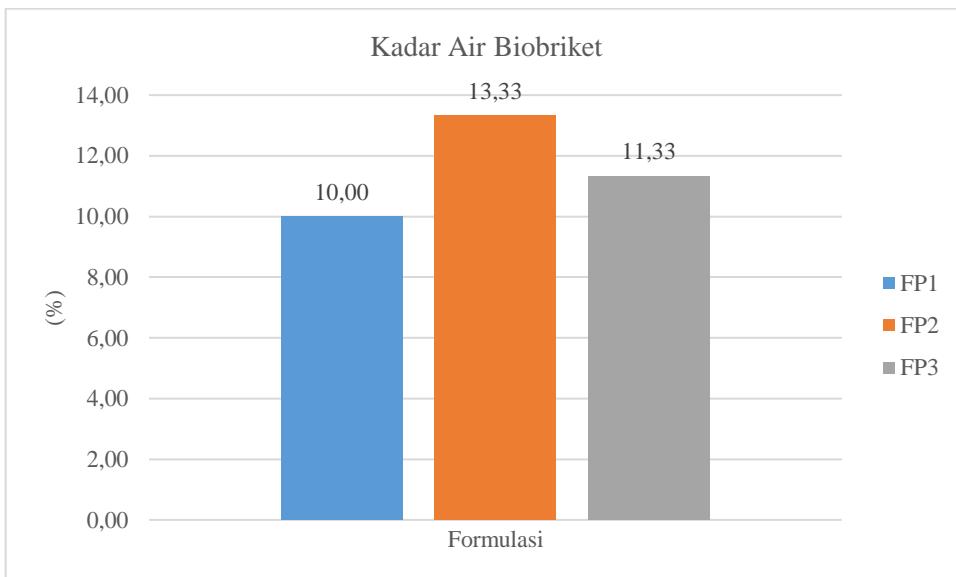
| Formulasi          | Jenis Pengujian     | Rata-rata |
|--------------------|---------------------|-----------|
| FP1                | CO (%)              | 0,86      |
|                    | HC (ppm)            | 139,33    |
|                    | CO <sub>2</sub> (%) | 3,37      |
|                    | O <sub>2</sub> (%)  | 20,85     |
| FP2                | CO (%)              | 0,81      |
|                    | HC (ppm)            | 103,33    |
|                    | CO <sub>2</sub> (%) | 3,27      |
| FP3                | O <sub>2</sub> (%)  | 20,95     |
|                    | CO (%)              | 0,44      |
|                    | HC (ppm)            | 70,33     |
|                    | CO <sub>2</sub> (%) | 1,57      |
| O <sub>2</sub> (%) |                     | 20,76     |

### Kadar Air

Kadar air merupakan salah satu parameter utama yang menentukan kualitas briket batubara, karena berhubungan langsung dengan kemudahan pembakaran, nilai kalor, dan daya simpan (Anizar *et al.*, 2020). Berdasarkan dari Gambar 2, kadar air rata-rata pada formulasi FP1 adalah 10,00%, FP2 sebesar 13,33%, dan FP3 sebesar 11,33%. Jika

dibandingkan dengan standar SNI 4931:2010, yang menetapkan kadar air briket harus kurang dari 17%, maka ketiga formulasi masih memenuhi kriteria yang ditentukan. Hal ini menunjukkan bahwa proses produksi dan pengeringan yang dilakukan cukup efektif dalam menurunkan kadar air sehingga biobriket yang dihasilkan sesuai dengan standar mutu (Badan Standarisasi Nasional, 2010a).

Formulasi FP1 dengan kadar air rata-rata 10,00% merupakan formulasi terbaik karena memiliki nilai terendah dan paling jauh dari batas maksimum SNI. Kondisi ini mengindikasikan bahwa briket FP1 lebih mudah terbakar, menghasilkan api yang lebih stabil, serta memiliki nilai kalor yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan formulasi lainnya. Sementara itu, kadar air pada FP3 sebesar 11,33% juga masih dalam batas aman dan menunjukkan mutu yang baik, meskipun sedikit lebih tinggi dibanding FP1. Formulasi FP2 memiliki kadar air rata-rata tertinggi yaitu 13,33%, tetapi tetap di bawah batas maksimum 17% yang ditetapkan oleh SNI. Dengan demikian, meskipun kualitasnya relatif lebih rendah dibanding FP1 dan FP3, biobriket FP2 tetap dapat dikategorikan sesuai standar.



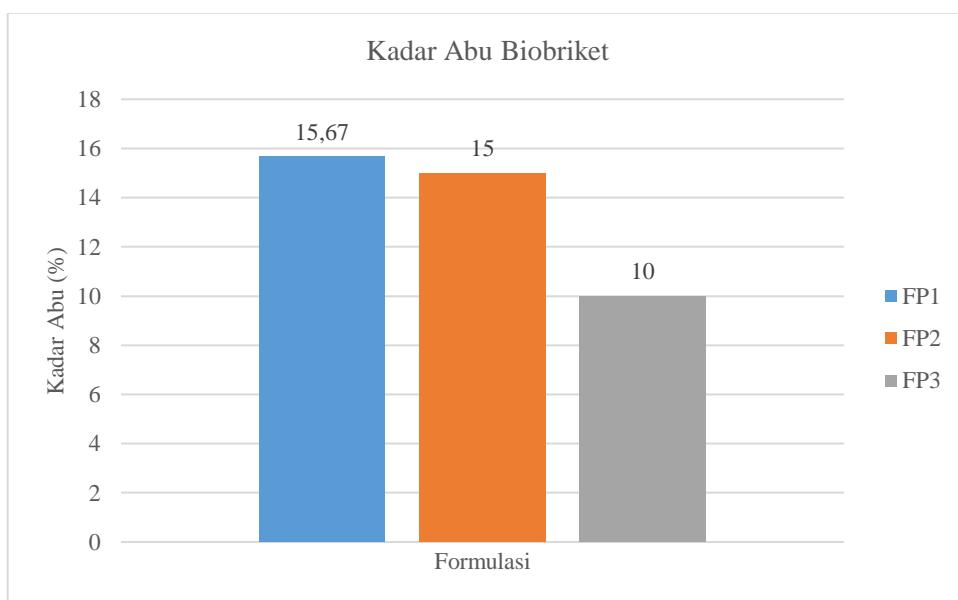
**Gambar 2. Rata-rata kadar air biobriket dengan 3 formulasi**

Kadar air yang rendah pada FP1 dan FP3 akan meningkatkan kualitas pembakaran, mengurangi emisi asap, serta memperpanjang umur simpan biobriket. Sebaliknya, kadar air yang lebih tinggi seperti pada FP2, berpotensi menurunkan efisiensi pembakaran karena sebagian energi panas terpakai untuk menguapkan air dalam briket (Saeed *et al.*, 2021). Dengan demikian, meskipun seluruh formulasi telah sesuai dengan ketentuan SNI 4931:2010, pengendalian kadar air tetap menjadi aspek penting yang harus diperhatikan

guna menjamin kualitas pembakaran yang optimal. Upaya ini dapat dilakukan melalui perbaikan teknik pengeringan, baik dengan memperpanjang waktu pengeringan alami maupun menggunakan metode pengeringan buatan.

### Kadar Abu

Kadar abu merupakan parameter penting yang mencerminkan banyaknya residu padat yang tertinggal setelah proses pembakaran briket. Semakin tinggi kadar abu, maka semakin besar pula sisa pembakaran yang tidak dapat dimanfaatkan, sehingga dapat menurunkan efisiensi energi briket (Napitupulu *et al.*, 2025).



Gambar 3. Rata-rata kadar abu biobriket dengan 3 formulasi

Berdasarkan Gambar 3, kadar abu rata-rata pada formulasi FP1 adalah 15,67%, FP2 sebesar 15,00%, dan FP3 sebesar 10,00%. Jika dibandingkan dengan standar SNI 4931:2010 yang menetapkan kadar abu briket batubara kurang dari 20%, maka seluruh formulasi masih berada dalam batas yang ditentukan dan memenuhi standar mutu (Badan Standarisasi Nasional, 2010b).

Formulasi FP3 memiliki kadar abu terendah, yaitu 10,00%. Nilai ini menunjukkan bahwa briket pada formulasi FP3 lebih efisien karena menghasilkan residu padat yang lebih sedikit setelah pembakaran. Hal ini berimplikasi pada kualitas pembakaran yang lebih baik dan nilai kalor yang relatif lebih tinggi. Formulasi FP1 dan FP2 memiliki kadar abu masing-masing 15,67% dan 15,00%. Meskipun nilainya lebih tinggi dibanding FP3, keduanya masih jauh di bawah batas maksimum SNI, sehingga tetap dapat dikategorikan sesuai standar. Perbedaan kadar abu antar formulasi ini dapat dipengaruhi oleh jenis bahan baku

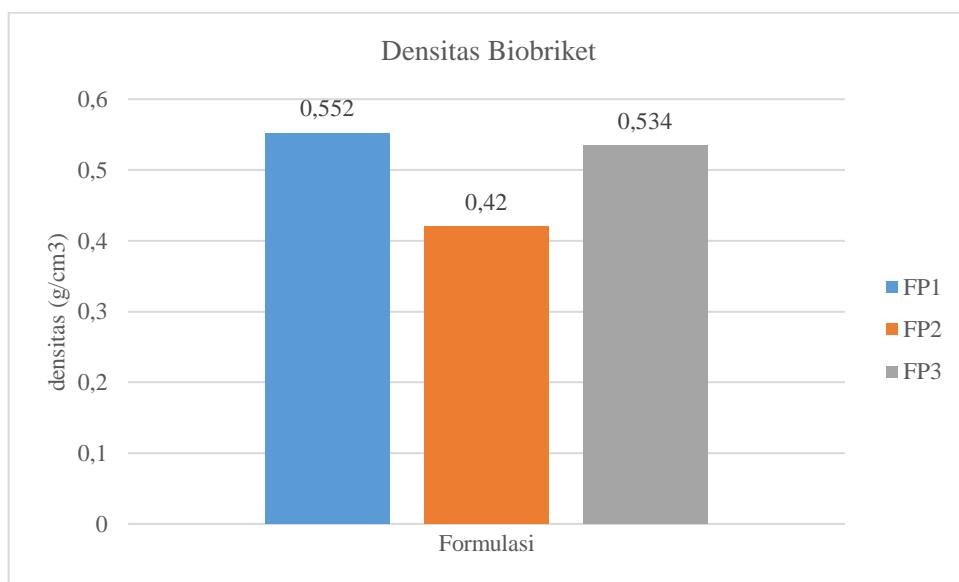
yang digunakan serta adanya kandungan mineral atau senyawa anorganik di dalam bahan, yang setelah proses pembakaran akan tersisa sebagai abu.

Dari sudut pandang teknis, kadar abu yang rendah lebih diinginkan karena dapat meningkatkan kenyamanan penggunaan briket, mengurangi jumlah limbah padat, serta menjaga stabilitas pembakaran. Sebaliknya, kadar abu yang tinggi akan menurunkan efisiensi energi dan menimbulkan residu yang lebih banyak sehingga memerlukan penanganan tambahan setelah pembakaran (Melani *et al.*, 2024). Dengan demikian, formulasi FP3 dapat dikatakan lebih unggul dalam hal kadar abu, meskipun formulasi FP1 dan FP2 juga masih memenuhi standar mutu.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa ketiga formulasi (FP1, FP2, dan FP3) telah sesuai dengan persyaratan kadar abu menurut SNI 4931:2010. Namun, FP3 dapat dianggap sebagai formulasi terbaik karena menghasilkan kadar abu terendah sehingga lebih efisien dalam pemanfaatan energi dan lebih ramah lingkungan.

### Densitas

Densitas atau kerapatan merupakan salah satu indikator mutu biobriket yang sangat menentukan kualitas mekanik maupun performa saat pembakaran. Nilai densitas yang tinggi menunjukkan bahwa partikel briket lebih padat dan kompak, sehingga briket lebih tahan terhadap tekanan mekanis, tidak mudah hancur, serta memiliki waktu pembakaran yang lebih lama dan stabil (Nurhilal *et al.*, 2025).



Gambar 4. Rata-rata nilai densitas biobriket dengan 3 formulasi

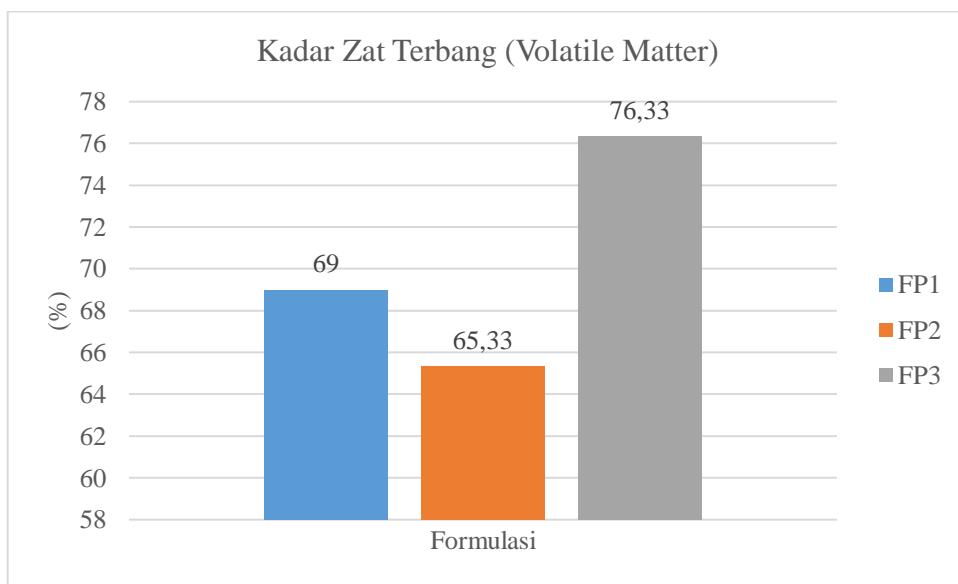
Berdasarkan Gambar 4, dapat dilihat bahwa densitas briket pada formulasi FP1 adalah 0,552 g/cm<sup>3</sup>, FP2 sebesar 0,420 g/cm<sup>3</sup>, dan FP3 sebesar 0,534 g/cm<sup>3</sup>. Hasil ini menunjukkan bahwa formulasi FP1 memiliki nilai densitas tertinggi, yaitu 0,552 g/cm<sup>3</sup>, diikuti oleh FP3 sebesar 0,534 g/cm<sup>3</sup>, sedangkan nilai terendah diperoleh pada FP2 yaitu 0,420 g/cm<sup>3</sup>. Densitas yang lebih tinggi pada FP1 dan FP3 mengindikasikan bahwa kedua formulasi tersebut menghasilkan briket yang lebih padat dan memiliki kualitas fisik lebih baik dibanding FP2. Briket dengan densitas rendah seperti pada FP2 cenderung lebih rapuh, mudah retak, dan memiliki laju pembakaran yang lebih cepat, sehingga energi panas yang dihasilkan menjadi kurang efisien (Nurhilal *et al.*, 2025).

Perbedaan nilai densitas antar formulasi dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain perbandingan bahan baku, ukuran partikel, kadar air saat pencetakan, serta tekanan yang diberikan pada saat proses pembuatan briket. (Daowwiangkan *et al.*, 2023). Dengan demikian, dari ketiga formulasi, FP1 dapat dikategorikan sebagai formulasi terbaik dalam hal densitas karena menghasilkan nilai tertinggi, diikuti oleh FP3 yang juga cukup baik, sementara FP2 memerlukan perbaikan dalam proses pencetakan atau komposisi bahan agar menghasilkan densitas yang lebih sesuai dengan karakteristik briket berkualitas.

### **Zat Terbang (*Volatile Matter*)**

Zat terbang pada briket terdiri dari gas-gas yang mudah terbakar, seperti hidrogen, karbon monoksida (CO), dan metana (CH<sub>4</sub>), serta sebagian gas yang tidak terbakar, seperti karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan uap air (H<sub>2</sub>O). Komponen ini akan terurai menjadi produk gas ketika briket dipanaskan tanpa adanya udara pada suhu sekitar 950 °C. Kandungan zat menguap memiliki peranan penting terhadap kesempurnaan proses pembakaran dan intensitas nyala api. Semakin tinggi kadar zat menguap, semakin cepat bahan bakar mengalami pembakaran, meskipun hal tersebut juga berpotensi menghasilkan asap dalam jumlah lebih besar pada saat briket dinyalakan (Novalinda *et al.*, 2022).

Gambar 5 menunjukkan bahwa hasil analisis kadar *volatile matter* pada biobriket untuk setiap formulasi berada pada kisaran yang relatif tinggi, yaitu 69% (FP1), 65,33% (FP2), dan 76,33% (FP3). Jika dibandingkan dengan standar mutu briket batubara menurut SNI 4931:2010, kadar zat terbang (*volatile matter*) yang disyaratkan untuk briket terkarbonisasi adalah kurang dari 22%. Hal ini berarti bahwa seluruh sampel biobriket yang diuji tidak memenuhi standar SNI untuk parameter kadar *volatile matter* (Badan Standarisasi Nasional, 2010b).



**Gambar 5. Rata-rata kadar zat terbang biobriket dengan 3 formulasi**

Tingginya kadar *volatile matter* pada biobriket ini dapat berhubungan langsung dengan suhu dan lama waktu proses karbonisasi yang digunakan. Karbonisasi yang tidak mencapai suhu optimal akan menghasilkan arang dengan kadar zat terbang yang masih tinggi. Hal ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang menyebutkan bahwa penurunan kadar *volatile matter* akan terjadi seiring meningkatnya suhu dan lama karbonisasi, karena komponen mudah menguap lebih banyak terurai pada kondisi tersebut (Anizar *et al.*, 2020).

Dengan demikian, meskipun biobriket yang dihasilkan memiliki potensi sebagai bahan bakar alternatif, masih diperlukan optimasi lebih lanjut pada tahap karbonisasi agar kadar volatile matter dapat ditekan hingga berada di bawah batas SNI < 22%. Perbaikan dapat dilakukan melalui peningkatan suhu karbonisasi, pengaturan lama proses dan metode lainnya (Anizar *et al.*, 2020). Upaya tersebut tidak hanya akan memperbaiki kualitas briket agar sesuai standar, tetapi juga meningkatkan kestabilan pembakaran serta mengurangi emisi gas buang yang berlebihan.

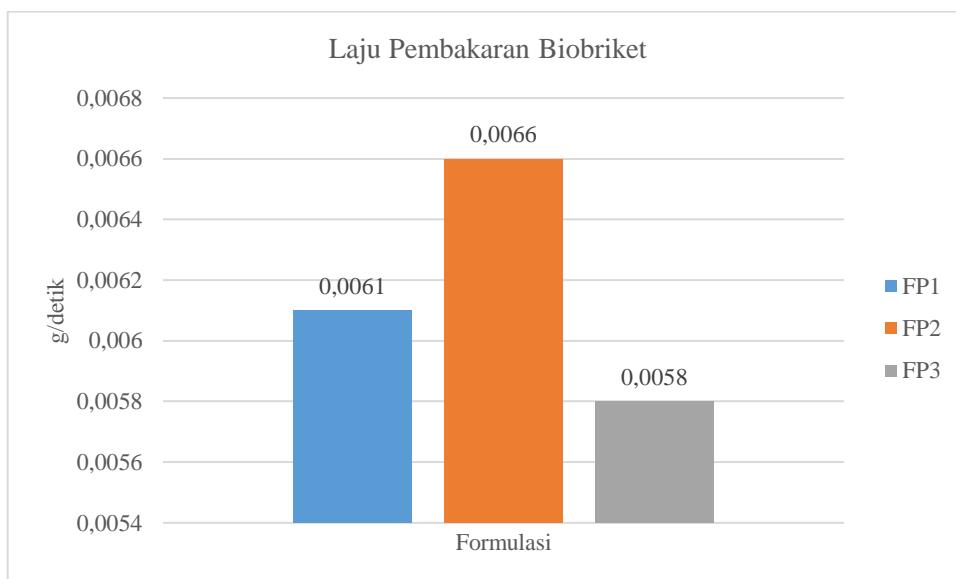
### Laju Pembakaran

Pengujian laju pembakaran dilakukan untuk menentukan efektivitas dan lamanya waktu briket tersebut terbakar. Laju pembakaran yang rendah umumnya menguntungkan karena dapat memperpanjang waktu nyala briket, sehingga energi panas yang dilepaskan berlangsung lebih stabil dan berkelanjutan (Tampubolon, 2023).

Gambar 6 menunjukkan bahwa hasil pengujian laju pembakaran biobriket berada pada kisaran 0,0058 g/detik hingga 0,0066 g/detik. Nilai rata-rata laju pembakaran tersebut

relatif rendah. Semakin lama briket arang habis maka semakin sedikit bahan bakar yang digunakan dan semakin kecil pengeluaran biaya untuk bahan bakar (Maharani *et al.*, 2022).

Jika dikaitkan dengan sifat dasar briket, laju pembakaran dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kandungan kadar air, densitas, kadar abu, dan kadar volatile matter. Biobriket dengan kadar air rendah biasanya lebih mudah terbakar dan menghasilkan laju pembakaran lebih tinggi. Sebaliknya, densitas yang tinggi cenderung memperlambat difusi oksigen ke dalam pori-pori briket, sehingga menurunkan laju pembakarnya (Elwina *et al.*, 2022). Dalam penelitian ini, nilai laju pembakaran yang diperoleh menunjukkan adanya keseimbangan antara kepadatan briket dan kandungan zat terbang, sehingga mampu menghasilkan pembakaran yang relatif stabil tanpa nyala yang terlalu cepat.



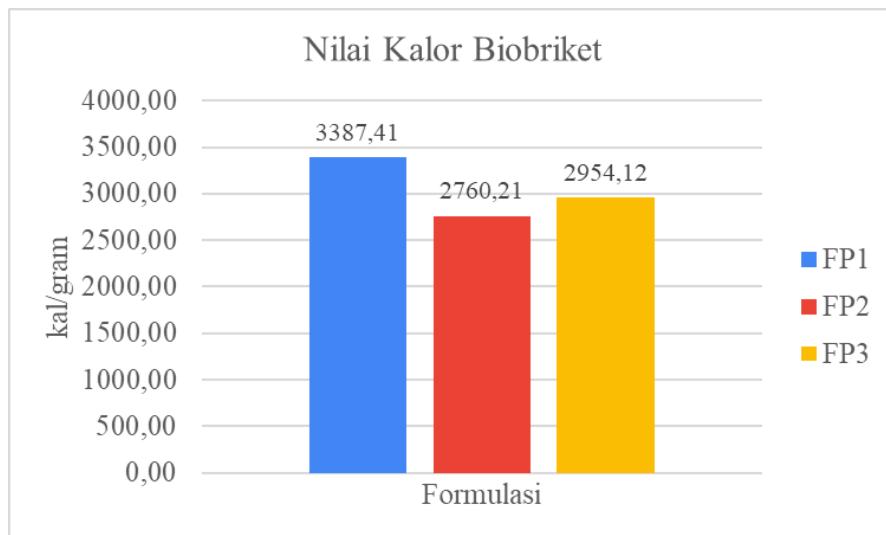
**Gambar 6. Rata-rata Laju Pembakaran biobriket dengan 3 formulasi**

### Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan parameter penting untuk menilai kualitas suatu bahan bakar padat, karena menunjukkan jumlah energi panas yang dihasilkan saat pembakaran lewat pembakaran sempurna per satuan massa atau volume bahan bakar tersebut (Sukma *et al.*, 2023).

Gambar 7 menunjukkan bahwa nilai kalor biobriket pada formulasi FP1 sebesar 3387,41 kal/g, FP2 sebesar 2760,21 kal/g, dan FP3 sebesar 2954,12 kal/g. Jika dibandingkan dengan standar SNI 4931:2010, yang mensyaratkan nilai kalor briket batubara berada pada kisaran 4000–5000 kal/g, maka seluruh formulasi pada penelitian ini masih berada di bawah standar yang ditetapkan (Badan Standarisasi Nasional, 2010b). Hal

ini mengindikasikan bahwa meskipun briket multi-limbah memiliki potensi sebagai bahan bakar alternatif, diperlukan optimasi lebih lanjut dalam formulasi maupun teknik pemrosesan agar mampu memenuhi standar mutu nasional.



**Gambar 7. Rata-rata Nilai kalor biobriket dengan 3 formulasi**

Jika dibandingkan dengan kayu bakar yang secara umum memiliki nilai kalor sekitar 2240,062 – 3150,74 kcal/g (Nabawiyah & Abtokhi, 2010), maka semua formulasi biobriket memiliki nilai kalor yang lebih baik jika dibandingkan dengan kayu bakar. Kandungan biomassa sereh wangi dan limbah kertas dalam briket memberikan nilai tambah, karena memanfaatkan limbah yang sebelumnya tidak bernilai serta berkontribusi pada pengurangan emisi karbon melalui penggantian sebagian penggunaan kayu bakar.

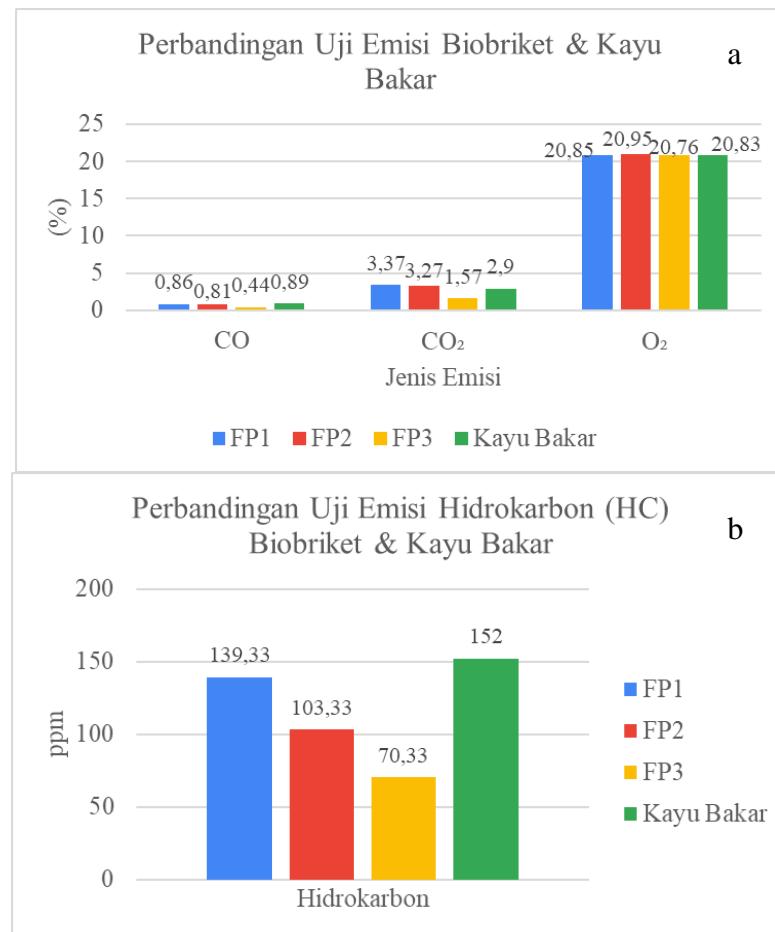
Biobriket multi-limbah hasil penelitian ini belum sepenuhnya memenuhi standar nilai kalor berdasarkan SNI 4931:2010. Namun, jika dibandingkan dengan nilai kalor pada kayu bakar, biobriket lebih unggul dibandingkan dengan kayu bakar. Upaya perbaikan, seperti peningkatan proporsi fine coal atau penggunaan bahan perekat dengan kandungan energi lebih tinggi, dapat menjadi strategi lanjutan untuk meningkatkan kualitas kalor briket yang sesuai dengan SNI.

### **Uji Emisi**

Hasil uji emisi terhadap tiga formulasi biobriket (FP1, FP2, dan FP3) memperlihatkan perbedaan kandungan gas buang yang dihasilkan selama proses pembakaran. Parameter utama yang diukur meliputi karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), serta oksigen (O<sub>2</sub>) sisa pembakaran.

Pada parameter CO, nilai rata-rata terendah diperoleh pada formulasi FP3 sebesar 0,44%, disusul FP2 sebesar 0,81%, dan nilai tertinggi pada FP1 sebesar 0,86%. Karbon monoksida merupakan hasil pembakaran tidak sempurna, sehingga kadar CO yang rendah menunjukkan bahwa proses pembakaran berlangsung lebih baik (Yulianti *et al.*, 2022).

Pada parameter CO<sub>2</sub>, hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai tertinggi terdapat pada FP1 yaitu 3,37%, diikuti FP2 sebesar 3,27%, dan FP3 sebesar 1,57%. Kandungan CO<sub>2</sub> yang tinggi pada formulasi FP1 dan FP2 dibanding FP3 menunjukkan bahwa jumlah karbon yang terbakar lebih banyak.



**Gambar 8 . Rata-rata hasil uji emisi dengan 3 formulasi dibandingkan dengan kayu bakar**  
**(a) Emisi gas CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> (b). Hidrokarbon (HC)**

Sisa oksigen (O<sub>2</sub>) dalam gas buang juga menjadi indikator penting. Nilai rata-rata tertinggi O<sub>2</sub> diperoleh pada FP3 dengan kadar 20,76%, diikuti FP2 dengan kadar 20,95%, dan FP1 20,85%. Tingginya kadar O<sub>2</sub> yang tersisa menunjukkan adanya kelebihan udara

dalam proses pembakaran, sehingga tidak seluruh oksigen berikatan dengan bahan bakar. Hal ini berhubungan dengan rendahnya kadar CO dan HC pada FP3, yang menunjukkan bahwa meskipun terdapat kelebihan udara, proses oksidasi karbon berlangsung lebih sempurna dan menghasilkan emisi yang lebih bersih.

Hasil pengujian HC (hidrokarbon tak terbakar) juga menunjukkan pola serupa. Nilai rata-rata terendah diperoleh pada FP3 yaitu 70,33 ppm, diikuti FP2 sebesar 103,33 ppm, sedangkan FP1 menghasilkan nilai tertinggi yaitu 139,33 ppm. Tingginya kadar HC menunjukkan banyaknya senyawa hidrokarbon yang tidak terbakar sempurna, sehingga semakin rendah nilai HC, maka semakin baik pula kualitas pembakaran. Hal ini mengindikasikan bahwa FP3 memiliki efisiensi pembakaran lebih tinggi dibanding FP1 dan FP2.

Secara keseluruhan, hasil uji emisi pada ke-3 formulasi sampel biobriket masih terbilang tinggi, tetapi jika dibandingkan dengan pembakaran kayu bakar dengan menggunakan metode yang sama, biobriket memiliki emisi yang lebih baik dibandingkan dengan kayu bakar, kecuali untuk formulasi FP2 yang memiliki nilai  $\text{CO}_2$  sedikit lebih tinggi dibandingkan pembakaran kayu bakar. Hal ini menunjukkan bahwa biobriket hasil pengujian berpotensi lebih baik sebagai pengganti kayu bakar dalam proses penyulingan sereh wangi di PT Arutmin, Kintap.

## KESIMPULAN

Biobriket yang dihasilkan memiliki kadar air (10,00–13,33%) dan kadar abu (10–15,67%) yang sudah memenuhi SNI 4931:2010. Densitas biobriket (0,42–0,552 g/cm<sup>3</sup>) cukup baik untuk mendukung proses pembakaran. Laju pembakaran (0,0058–0,0066 g/detik) menunjukkan nyala yang stabil. Namun, kadar volatile matter (65,33–76,33%) masih jauh di atas standar (<22%), sehingga proses karbonisasi perlu diperbaiki. Selain itu untuk hasil nilai kalor berada di angka 2760,21–3387,41 kal/gram dan hasil uji emisi yang masih cukup tinggi jika dibandingkan dengan standar, tetapi jika dibandingkan dengan nilai kayu bakar, nilai ini masih jauh lebih baik sehingga biobriket ini dapat digunakan sebagai pengganti kayu bakar untuk proses penyulingan sereh wangi di PT Arutmin Indonesia.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada PT Arutmin Indonesia tambang kintap atas bantuan pendanaan yang diberikan pada pelaksanaan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anizar, H., Sribudiani, E., & Somadona, S. (2020). Pengaruh Bahan Perekat Tapioka Dan Sagu Terhadap Kualitas Briket Arang Kulit Buah Nipah. *Perennial*, 16(1), 11–17. <http://dx.doi.org/10.24259/perennial.v16i1.9159>
- Badan Standarisasi Nasional. (2010a). *SNI 3478:2010 Analisis kadar abu contoh batubara*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2010b). *SNI 4931:2010 Briket batubara klasifikasi, syarat mutu dan metode pengujian*. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2006.05.022>
- Daowwiangkan, S., Thiangchanta, S., Khiewwijit, R., Suttakul, P., & Mona, Y. (2023). Investigation of the physical properties and environmental impact of lemongrass bio briquettes. *Energy Reports*, 9(S11), 439–444. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.09.005>
- Elwina, Dewi, R., Syafruddin, Amalia, Z., & Fadhil, M. (2022). Analisa Nilai Kalor dan Laju Pembakaran Biobriket Berbasis Ampas Kopi Arabica dan Robusta dengan Metode Densifikasi. *Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 6(1), 206–211. <http://e-jurnal.pnl.ac.id/semnaspnl/article/view/3621%0Ahttp://e-jurnal.pnl.ac.id/semnaspnl/article/download/3621/2876>
- Fachruzzaki, F., Halim, H., & Lestari, R. (2022). Pengaruh Campuran Sekam Padi pada Briket Batubara. *Jurnal GEOSAPTA*, 8(1), 15. <https://doi.org/10.20527/jg.v8i1.10740>
- Legawati, L., Roza, R., Ermal, D. A. S., Maarasyid, C., Israyandi, I., & Fithry, D. A. (2025). Briket Ramah Lingkungan Berbasis Limbah Organik: Integrasi Kertas Bekas Sebagai Perekat pada Limbah Pertanian. *Jurnal Surya Teknika*, 12(1), 312–317. <https://doi.org/10.37859/jst.v12i1.9377>
- Maharani, F., Muhammad, M., Jalaluddin, J., Kurniawan, E., & Ginting, Z. (2022). Pembuatan Briket dari Arang Serbuk Gergaji Kayu dengan Perekat Tepung Singkong sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 11(2), 207–216. <https://doi.org/10.29103/jtku.v11i2.9458>
- Melani, A., Ariyanto, E., Robiah, R., & Ajie Tentara, M. (2024). Briket Arang Dari Limbah Bonggol Jagung (Kajian Pengaruh Temperatur Karbonisasi, Rasio Arang Bonggol Jagung Dan Perekat Lem Kayu). *Jurnal INOVATOR*, 7(2), 62–66. <https://doi.org/10.37338/inovator.v7i2.388>

- Nabawiyah, K., & Abtokhi, A. (2010). Penentuan Nilai Kalor Dengan Bahan Bakar Kayu Sesudah Pengarangan Serta Hubungannya Dengan Nilai Porositas Zat Padat. *Jurnal Neutrino*, 0(0), 44–55.
- Napitupulu, R., Pratama, R. J., & Dharta, Y. (2025). Analisis Pengaruh Konsentrasi Perekat Tepung Tapioka terhadap Pengurangan Kadar Abu pada Briket Tempurung Kelapa. *Jurnal Teknologi*, 25(1), 20. <https://doi.org/10.30811/teknologi.v25i1.6258>
- Novalinda, A., Fernianti, D., & Atikah. (2022). Pengaruh Rasio Campuran Dan Waktu Terhadap Mutu Biobriket Dari Pelelah Kelapa Sawit Dan Ampas Tebu. *Distilasi*, 7(2), 1–8.
- Nurhilal, O., Arianto, V., & Sugandi, W. K. (2025). *Konversi Energi Briket Sampah Daun Dan Ranting Pohon*. Pemanasan global merupakan salah satu permasalahan yang menarik perhatian dunia . Pemanasan global adalah peningkatan suhu permukaan bumi yang disebabkan oleh terperangkapnya CO<sub>2</sub> , CH<sub>4</sub> , N<sub>2</sub>O , dan C. 14(02), 75–83.
- Olugbade, T., Ojo, O., & Mohammed, T. (2019). Influence of Binders on Combustion Properties of Biomass Briquettes: A Recent Review. *Bioenergy Research*, 12(2), 241–259. <https://doi.org/10.1007/s12155-019-09973-w>
- Ozga, M., & Borowski, G. (2018). The use of granulation to reduce dusting and manage of fine coal. *Journal of Ecological Engineering*, 19(3), 218–224. <https://doi.org/10.12911/22998993/89794>
- Prokopenko, S. A., Ludzish, V. S., Lesin, Y. V., Tyulenev, M. A., & Sushko, A. V. (2017). Structural Peculiarities of Coal Mine Waste Piles in Kuzbass. *Journal of Mining Science*, 53(1), 92–98. <https://doi.org/10.1134/S1062739117011896>
- Rifai, A., Ningrum, P. P., & Wahyudi, A. (2024). Penerapan Akuntansi Manajemen Lingkungan Sebagai Bentuk Eco-Efficiency. *GEMAH RIPAH: Jurnal Bisnis*, 4(04), 34–39. <https://doi.org/10.69957/grjb.v4i04.1699>
- Saeed, A. A. H., Harun, N. Y., Bilad, M. R., Afzal, M. T., Parvez, A. M., Roslan, F. A. S., Rahim, S. A., Vinayagam, V. D., & Afolabi, H. K. (2021). Moisture content impact on properties of briquette produced from rice husk waste. *Sustainability (Switzerland)*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/su13063069>
- Siahdashti, M. S., Talaeeipour, M., Khademieslam, H., & Bazyar, B. (2022). Investigation of Physical and Thermal Properties of Fuel Briquettes Made of Bagasse. *BioResources*, 17(3), 2053–2073. <https://doi.org/10.15376/biores.17.2.2053-2073>
- Sukma, A. A. S., Padil, & Fadli, A. (2023). Analisa Spesifikasi Fluff, Pellet, dan Briket Pelelah Kelapa Sawit sebagai Biomassa Co-firing untuk Pembangkit Listrik. *Journal of Bioprocess, Chemical and Environmental Engineering Science*, 4(1), 7–18. <https://doi.org/10.31258/jbchees.4.1.7-18>
- Tampubolon, S. (2023). Pengaruh Nilai Kalor Terhadap Lamanya Waktu Pembakaran Briket Bioarang Biji Alputat dan Biji Durian. *Jurnal Ilmu Dan Inovasi Fisika*, 7(2),

158–163. <https://doi.org/10.24198/jiif.v7i2.45890>

Yulianti, R., Hartami, P. N., & Hidayat, T. (2022). Penurunan konsentrasi gas karbon monoksida dengan model fisik terowongan skala laboratorium. *Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara*, 18(1), 59–67.  
<https://doi.org/10.30556/jtmb.vol18.no1.2022.1205>

Zulfalina, Irhamni, & Rizki Andika Ramadhani. (2023). Pengaruh Adisi Sekam Padi Terhadap Kualitas Briket Batubara Mutu Rendah. *Hadron Jurnal Fisika Dan Terapan*, 5(02), 41–45.