



KARAKTERISASI NILAI KALOR BRIKET BERBASIS CAMPURAN KULIT DURIAN DAN KULIT JAGUNG SEBAGAI BAHAN BAKAR PADAT RAMAH LINGKUNGAN

Ayu Syufiatun Br Tarigan^{a,e*}, Fatima Sari Ritonga^b, Rona Cuana^c, Bagus Sidik Waskito Hadi^d

^aProgram Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan, Jl. Almamater No.1, Padang Bulan, Kec. Medan Baru, Medan, Sumatera Utara 20155, Indonesia

^bProgram Studi Teknologi Rekayasa Pengelasan dan Fabrikasi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan, Jl. Almamater No.1, Padang Bulan, Kec. Medan Baru, Medan, Sumatera Utara 20155, Indonesia

^cProgram Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan, Jl. Almamater No.1, Padang Bulan, Kec. Medan Baru, Medan, Sumatera Utara 20155, Indonesia.

^dProgram Studi Teknologi Rekayasa Energi Terbarukan, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan, Jl. Almamater No.1, Padang Bulan, Kec. Medan Baru, Medan, Sumatera Utara 20155, Indonesia.

^ePusat Kajian Energi Baru Terbarukan, Politeknik Negeri Medan, Jl. Almamater No.1, Padang Bulan, Kec. Medan Baru, Medan, Sumatera

*Corresponding authors at: ayusyufiatuntrg@polmed.ac.id (A.S.Tarigan).

INFO ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diajukan pada 04 November 2025

Direvisi pada 06 Februari 2026

Disetujui pada 18 Februari 2026

Tersedia daring pada 28 Februari 2026

Kata kunci:

Briket Biomassa, Energi Terbarukan, Kulit Durian, Kulit Jagung, Nilai Kalor

Keywords:

Biomass Briquette, Calorific Value, Corn Husk, Durian Peel, Renewable Energy

ABSTRAK

Briket biomassa merupakan salah satu solusi energi alternatif yang ramah lingkungan untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi komposisi campuran kulit durian dan kulit jagung terhadap nilai kalor, waktu nyala awal, lama pembakaran, dan kualitas asap, sekaligus mengkaji keunggulan kombinasi kedua biomassa tersebut dibandingkan pembakaran bahan tunggal yang telah dilaporkan pada penelitian sebelumnya dalam meningkatkan kinerja pembakaran dan kualitas emisi. Bahan baku kulit durian dikarbonisasi pada temperatur 300–400°C, kemudian dicampur dengan kulit jagung kering dan perekat tapioka 5% dari total massa. Campuran dicetak dalam bentuk silinder dan dikeringkan hingga kadar air <10%. Pengujian nilai kalor dilakukan menggunakan kalorimeter bom, sedangkan waktu nyala awal dan lama pembakaran diukur menggunakan stopwatch. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan fraksi kulit durian meningkatkan nilai kalor dan durasi pembakaran, sedangkan penambahan kulit jagung mempercepat penyalaan awal. Komposisi optimum diperoleh pada rasio 95% kulit durian dan 5% kulit jagung, dengan nilai kalor 27,6 MJ/kg dan waktu pembakaran 150 menit, serta menghasilkan asap tipis. Hasil tersebut memenuhi standar SNI 01-6235-2000 untuk briket biomassa. Dengan demikian, briket campuran kulit durian dan kulit jagung berpotensi menjadi bahan bakar padat alternatif yang efisien dan ramah lingkungan, serta mendukung pengembangan energi terbarukan berbasis limbah pertanian.

ABSTRACT

Biomass briquettes constitute a sustainable and eco-friendly substitute for fossil fuels. This study examines the impact of altering the composition of durian peel and corn husk mixtures on calorific value, ignition time, burning duration, and smoke characteristics, while assessing the synergistic benefits of combining both biomasses in comparison to single-material briquettes documented in prior research. The durian peel was carbonised at temperatures ranging from 300 to 400°C, thereafter combined with dried maize husk and 5 wt% tapioca binder relative to the total mass of the mixture. The composite material was shaped into cylindrical briquettes and desiccated to get a moisture level under 10%. The calorific value was assessed with a bomb calorimeter, while ignition time and combustion length were evaluated by controlled combustion testing. The findings demonstrate that augmenting the ratio of durian peel markedly enhances calorific value and prolongs combustion duration, whilst the incorporation of maize husk improves ignition properties by hastening flame commencement. The ideal formulation was determined to be 95% durian peel and 5% maize husk, yielding a calorific value of 27.6 MJ/kg and a combustion period of 150 minutes with little smoke emission. The acquired qualities conform to the Indonesian National Standard (SNI 01-6235-2000) for biomass briquettes. The findings indicate that durian peel–corn husk composite briquettes represent a viable solid renewable fuel sourced from agricultural waste, exhibiting enhanced combustion efficiency and environmental performance.

1. PENGANTAR

Krisis energi global yang terjadi dalam beberapa dekade terakhir telah menjadi isu strategis di berbagai negara, termasuk Indonesia. Ketergantungan terhadap sumber energi fosil seperti minyak bumi, gas alam, dan batu bara semakin menekan ketersediaan sumber daya alam serta mempercepat laju perubahan iklim akibat peningkatan emisi gas rumah kaca (De La Peña dkk., 2022). Di sisi lain, kebutuhan energi nasional terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk dan industrialisasi. Menurut laporan IISD (2022), sekitar 84% suplai energi nasional masih bergantung pada bahan bakar fosil. Kondisi tersebut menimbulkan tantangan besar terhadap ketahanan energi, keberlanjutan lingkungan, dan kemandirian energi nasional. Oleh sebab itu, diversifikasi energi melalui pemanfaatan sumber daya terbarukan menjadi langkah strategis dalam mewujudkan kemandirian energi nasional yang ramah lingkungan (Pratama dkk., 2025).

Biomassa merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki prospek tinggi untuk dikembangkan karena bersifat dapat diperbarui, tersedia melimpah, dan berpotensi menjadi bahan bakar karbon-netral (Nainggolan dkk., 2025; Qin dkk., 2022). Biomassa berasal dari bahan organik hasil aktivitas biologis yang dapat dikonversi menjadi energi melalui proses kimia, fisika, maupun biologis. Indonesia sebagai negara agraris memiliki potensi biomassa besar yang bersumber dari limbah pertanian dan perkebunan, seperti sekam padi, tongkol jagung, cangkang kelapa sawit, dan kulit buah tropis. Namun, sebagian besar potensi tersebut belum dimanfaatkan secara optimal dan masih dibakar secara terbuka, yang menyebabkan pemborosan sumber daya serta pencemaran lingkungan (Erdiwansyah dkk., 2024).

Kulit durian dan kulit jagung merupakan dua jenis biomassa yang melimpah di Indonesia. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS, 2023), produksi durian nasional mencapai sekitar 1,2 juta ton per tahun, yang menghasilkan lebih dari 600 ribu ton limbah kulit durian. Sementara itu, produksi jagung nasional mencapai lebih dari 18 juta ton, yang diperkirakan menghasilkan sekitar 2 juta ton limbah kulit jagung setiap tahunnya. Sebagian besar limbah tersebut tidak dimanfaatkan secara produktif dan sering kali dibakar di lahan pertanian, sehingga meningkatkan risiko kebakaran serta melepaskan emisi partikulat ke atmosfer. Besarnya potensi limbah organik tersebut membuka peluang untuk dikembangkan menjadi sumber energi alternatif dalam bentuk bahan bakar padat seperti briket biomassa, yang memiliki nilai ekonomi sekaligus mendukung pengurangan emisi karbon.

Kulit durian dan kulit jagung memiliki karakteristik termal yang saling melengkapi. Kulit durian memiliki kandungan lignoselulosa tinggi (terdiri dari selulosa 50–60% dan lignin 15–18%) yang menghasilkan panas pembakaran stabil dan nilai kalor yang tinggi. Namun, densitas dan struktur seratnya yang padat membuat bahan ini sulit menyala (Doan Trang dkk., 2024; Trijayanti, 2023). Sebaliknya, Kulit jagung merupakan biomassa ringan dengan kadar air yang relatif rendah, sehingga mudah terbakar dan cepat menyala. Namun, nilai kalor yang dihasilkan cenderung lebih rendah (Ibrahim dkk., 2019; Osibuamhe dkk., 2024). Dengan mengombinasikan kedua jenis bahan tersebut, diharapkan dapat dihasilkan briket biomassa dengan performa pembakaran yang optimal, mudah dinyalakan, stabil, efisien, dan memiliki emisi rendah.

Briket biomassa merupakan salah satu bentuk inovasi energi padat yang dihasilkan melalui proses pemadatan residu organik dengan atau tanpa penambahan perekat. Kualitas briket ditentukan oleh sejumlah parameter seperti kadar air, kadar abu, kadar karbon tetap, waktu penyalaan, durasi pembakaran, dan nilai kalor (Obi dkk., 2022; Wu dkk., 2025). Di antara parameter tersebut, nilai kalor menjadi indikator utama yang menunjukkan efisiensi energi dari bahan bakar padat. Nilai kalor yang tinggi menunjukkan bahwa bahan memiliki kandungan karbon tetap yang lebih besar dan mampu melepaskan energi panas yang lebih tinggi selama proses pembakaran (Santos dkk., 2024). Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa proses karbonisasi, rasio campuran bahan, dan jenis perekat berpengaruh signifikan terhadap karakteristik termal briket biomassa (Faradaiza dkk., 2023; Tanui dkk., 2018).

Sejumlah penelitian sebelumnya telah mengkaji pemanfaatan kulit durian sebagai bahan baku briket biomassa, baik secara tunggal maupun dikombinasikan dengan biomassa lain seperti sekam padi (Utami dkk., 2024) dan serbuk gergaji (Adi & Mirwan, 2022), yang umumnya berfokus pada peningkatan nilai kalor, kekuatan mekanik, dan stabilitas pembakaran. Penelitian oleh Utami dkk. (2024) lebih menekankan pada variasi komposisi multibahan untuk meningkatkan kekuatan tekan dan temperatur pembakaran, sedangkan Adi & Mirwan (2022) berfokus pada peningkatan kerapatan dan ketahanan bakar melalui penambahan serbuk gergaji. Namun demikian, hingga saat ini belum banyak penelitian yang secara eksperimental mengkaji keterkaitan antara waktu penyalaan, stabilitas atau durasi pembakaran, dan intensitas asap secara simultan dalam satu sistem formulasi briket. Sebagian besar studi masih mengevaluasi parameter-parameter tersebut secara terpisah atau hanya menitikberatkan pada satu aspek kinerja, sehingga hubungan komprehensif antarparameter pembakaran dalam satu pendekatan eksperimental terpadu belum terjabarkan secara sistematis.

Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh variasi komposisi campuran kulit durian dan kulit jagung terhadap karakteristik termal briket biomassa, meliputi nilai kalor, waktu penyalaan, lama pembakaran, dan intensitas asap. Kebaruan penelitian ini terletak pada pendekatan sinergi dua biomassa dengan karakter termokimia kontras untuk memperoleh performa energi dan lingkungan yang lebih seimbang, yang belum secara eksplisit dilaporkan pada penelitian sebelumnya. Hasil penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi dalam pengembangan briket biomassa berbasis limbah pertanian sebagai sumber energi terbarukan yang efisien dan ramah lingkungan.

2. METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorium dengan pendekatan kuantitatif-komparatif. Tujuannya adalah untuk menganalisis pengaruh variasi komposisi campuran kulit durian dan kulit jagung terhadap karakteristik pembakaran briket biomassa. Parameter utama yang diamati meliputi nilai kalor, waktu nyala awal, lama pembakaran, dan kualitas asap. Setiap variasi komposisi diuji dengan pengulangan sebanyak tiga kali (triplo) untuk memperoleh data yang akurat dan mengurangi kesalahan eksperimen. Model penelitian ini mengadaptasi pendekatan eksperimental sebagaimana digunakan oleh Faradaiza dkk., (2023) yang meneliti karakteristik briket bioarang kulit durian pada berbagai temperatur karbonisasi dan komposisi perekat, sehingga memungkinkan evaluasi yang sistematis terhadap performa pembakaran briket biomassa.

Seluruh rangkaian penelitian dilaksanakan di Laboratorium Energi Terbarukan Politeknik Negeri Medan. Proses penelitian mencakup tahapan penyiapan bahan baku, karbonisasi, pencetakan briket, hingga pengujian karakteristik pembakaran. Pelaksanaan di lingkungan laboratorium dilakukan untuk menjaga konsistensi kondisi eksperimen serta memastikan keakuratan dan validitas hasil pengamatan. Pada penelitian ini, bahan utama yang digunakan terdiri atas kulit durian dan kulit jagung kering, sedangkan tepung tapioka digunakan sebagai perekat. Peralatan yang digunakan antara lain oven pengering, tungku karbonisasi, alat cetak manual, saringan 40 dan 80 mesh, kalorimeter bom, serta alat ukur waktu dan timbangan analitik.

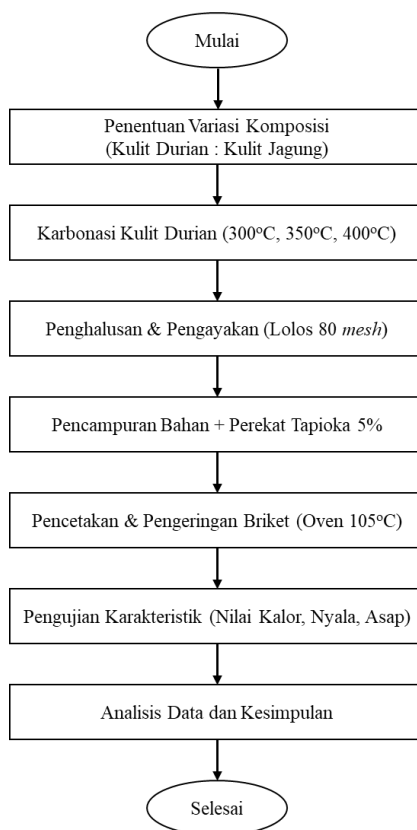
2.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini diawali dengan tahap persiapan bahan baku yang terdiri atas pengumpulan kulit durian dan kulit jagung kering sebagai bahan utama, serta tepung tapioka sebagai bahan perekat. Bahan baku terlebih dahulu dikeringkan menggunakan oven pada temperatur 60–80°C hingga kadar airnya kurang dari 10%. Setelah kering, bahan dihaluskan menggunakan *grinder* hingga lolos ayakan berukuran 40 *mesh* untuk memperoleh ukuran partikel yang seragam. Proses pengeringan ini penting untuk mengurangi kadar air yang dapat mempengaruhi proses karbonisasi dan kualitas pembakaran briket.

Proses pembuatan briket dapat dilihat pada Gambar 1, dimulai dengan pengeringan kulit durian dan kulit jagung dengan beberapa variasi komposisi campuran kulit durian dan kulit jagung (misalnya 70:30, 60:40, dan 50:50) untuk membandingkan performa briket yang dihasilkan pada temperatur 105°C hingga beratnya konstan untuk menghilangkan kadar air. Selanjutnya, kulit durian dikarbonisasi dalam tungku tertutup dengan kenaikan *temperature* terukur 300°C, 350°C, dan 400°C selama ± 3 jam penahanan pada masing-masing temperatur. Hasil karbonisasi dihancurkan dan diayak menggunakan saringan 80 *mesh* agar ukuran partikel seragam, kemudian dicampur dengan serbuk kulit jagung sesuai variasi rasio komposisi (95:5, 90:10, dan 85:15).

Campuran bahan kering selanjutnya ditambahkan perekat berupa larutan tepung tapioka 5% (perbandingan tepung dan air 1:5), lalu diaduk hingga homogen. Adonan yang dihasilkan dicetak menggunakan cetakan silinder berdiameter 1,5 cm dan tinggi 3 cm, kemudian dipadatkan dengan alat manual menggunakan *hydraulic press* dengan tekanan 10 MPa selama 60 detik. Briket yang terbentuk dijemur selama satu hari pada temperatur ruang, kemudian dikeringkan kembali menggunakan oven pada temperatur 105°C hingga mencapai berat konstan. Briket kering disimpan dalam wadah tertutup untuk menjaga kadar air sebelum dilakukan pengujian karakteristik.

Briket yang telah kering diuji untuk menilai performa pembakaran dan kualitas asap. Pengujian dilakukan terhadap empat parameter utama, yaitu nilai kalor, waktu nyala awal, lama pembakaran, dan kualitas asap. Setiap variasi komposisi briket diuji sebanyak tiga kali untuk memperoleh data rata-rata yang akurat dan dapat dibandingkan. Nilai kalor diukur menggunakan alat kalorimeter bom, di mana sampel briket dibakar dalam ruang tertutup dengan suplai oksigen terkontrol, dan hasilnya dihitung berdasarkan kenaikan temperatur air di dalam alat. Waktu nyala awal ditentukan dengan *stopwatch*, dimulai sejak briket disentuh api hingga menyala mandiri tanpa sumber api tambahan, sedangkan lama pembakaran diukur sejak briket menyala hingga api padam sepenuhnya untuk mengetahui ketahanan energi briket. Kualitas asap diamati secara visual selama proses pembakaran dengan tiga kategori pengamatan, yaitu tipis, sedang, dan tebal. Pengamatan dilakukan di ruang terbuka dengan pencahayaan memadai agar intensitas asap mudah dibedakan. Hasil pengamatan ini digunakan untuk menilai dampak emisi dan efisiensi pembakaran dari setiap variasi briket biomassa.



Gambar 1: Rancangan Penelitian Briket

2.2 Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan melalui pendekatan observasional dan instrumentasi laboratorium. Setiap parameter pengujian dicatat secara sistematis pada seluruh variasi komposisi briket. Data dikumpulkan melalui pengukuran nilai kalor, pengamatan waktu nyala awal, lama pembakaran, serta penilaian kualitas asap. Proses pengambilan data dilaksanakan di lingkungan laboratorium dengan prosedur terstandar untuk menjamin keakuratan hasil.

Pengujian nilai kalor dilakukan menggunakan alat kalorimeter bom, di mana sampel briket yang telah dikeringkan dibakar dalam ruang tertutup dengan suplai oksigen, dan perubahan temperatur digunakan untuk menghitung energi panas yang dilepaskan. Waktu nyala awal dan lama pembakaran diukur menggunakan *stopwatch* sejak briket mulai tersulut api hingga padam sepenuhnya, untuk menilai kemudahan penyalaan dan efisiensi energi. Sementara itu, kualitas asap diamati secara visual di area berventilasi baik dan dikategorikan menjadi tiga tingkatan: tipis, sedang, dan tebal.

Selain pengamatan numerik, seluruh proses pengujian didokumentasikan melalui foto seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, sebagai bukti pendukung dan arsip penelitian. Dokumentasi ini juga digunakan untuk membantu interpretasi hasil kualitatif, khususnya dalam penilaian karakteristik asap. Dengan demikian, data yang diperoleh mencakup aspek kuantitatif dan kualitatif secara menyeluruh.



Gambar 2: Dokumentasi Produk Briket

Analisis data dilakukan secara deskriptif dan komparatif untuk menentukan komposisi briket terbaik. Data numerik (nilai kalor, waktu nyala, dan durasi pembakaran) diolah untuk memperoleh nilai rata-rata, selisih antarperlakuan, serta disajikan dalam tabel atau grafik agar mudah diinterpretasikan. Parameter non-numerik seperti kualitas asap dianalisis secara kualitatif berdasarkan hasil observasi dan dokumentasi visual. Selanjutnya, hasil penelitian dibandingkan dengan standar nasional serta temuan penelitian terdahulu, seperti Faradaiza dkk., (2023), guna memastikan bahwa briket yang dihasilkan memenuhi kriteria briket bioarang yang efisien dan ramah lingkungan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Nilai Kalor Briket

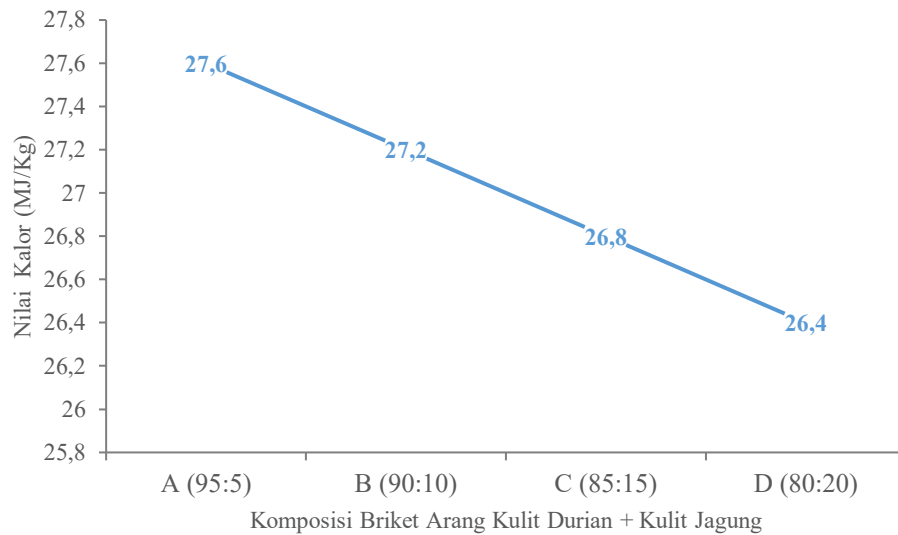
Nilai kalor merupakan parameter utama dalam menentukan kualitas energi briket biomassa karena menunjukkan jumlah energi panas yang dilepaskan selama proses pembakaran sempurna satu satuan massa bahan bakar (Faradaiza dkk., 2023). Setiap sampel briket memiliki massa rata-rata $10 \pm 0,2$ g. Pengujian dilakukan dengan tiga ulangan untuk menjamin keterulangan data dengan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 1. Data hasil pengujian pada Gambar 3 dan Gambar 4 menunjukkan bahwa peningkatan proporsi kulit jagung dalam campuran menyebabkan penurunan nilai kalor. Briket A dengan komposisi 95% kulit durian menghasilkan nilai kalor tertinggi sebesar 27,6 MJ/kg, sedangkan briket D (80:20) memiliki nilai terendah, yaitu 26,4 MJ/kg. Perbedaan ini menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan dari komposisi kimia masing-masing bahan baku terhadap performa energi briket.

Tabel 1: Hasil Pengujian Nilai Kalor Briket

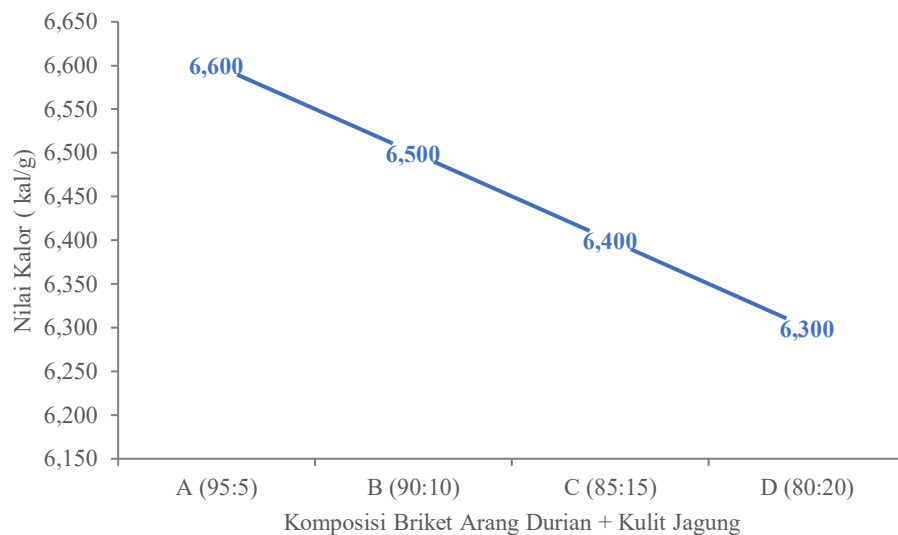
Formulasi Sampel Briket	Komposisi Arang Kulit Durian (%)	Komposisi Kulit Jagung (%)	Nilai Kalor (MJ/kg)	Nilai Kalor (kal/g)
A (95:5)	95	5	27,6	6.600
B (90:10)	90	10	27,2	6.500
C (85:15)	85	15	26,8	6.400
D (80:20)	80	20	26,4	6.300

Fenomena ini berkaitan dengan kandungan lignin dan karbon tetap yang tinggi pada kulit durian, yang berperan penting dalam pembentukan struktur karbon aromatik selama proses karbonisasi (Kawamoto, 2017; Mukherjee dkk., 2022; Nuriana dkk., 2013; Sun dkk., 2023). Lignin diketahui sebagai prekursor aromatik yang berkontribusi langsung terhadap tingginya nilai kalor melalui pembentukan struktur karbon terpolimerisasi (Nuriana dkk., 2013). Lignin berperan penting sebagai pembentuk struktur karbon aromatik kompleks yang tahan panas dan meningkatkan kandungan *fixed carbon* selama proses karbonisasi. Sebaliknya, kulit jagung yang kaya hemiselulosa dan zat volatil menghasilkan energi sesaat tetapi tidak stabil saat pembakaran (Chandrashekhar & Niemeyer, 2019; Parinduri & Parinduri, 2020). Zat volatil ini memberikan kontribusi panas singkat, namun cepat habis dan tidak menambah total energi secara signifikan. Proporsi hemiselulosa yang tinggi juga berkaitan dengan struktur arang yang lebih rapuh dan berpori besar, sehingga menurunkan densitas energi per satuan massa. Hal inilah yang terlihat secara jelas pada grafik, semakin banyak kulit jagung, semakin landai kurva nilai kalornya. Kecenderungan ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar karbon tetap, semakin besar pula nilai kalor yang dihasilkan. Penurunan nilai kalor pada sampel C dan D mengindikasikan bahwa fraksi kulit jagung yang berlebih menyebabkan pembakaran lebih cepat tetapi tidak tuntas, karena struktur arangnya lebih berpori dan densitasnya lebih rendah. Dengan demikian, semakin tinggi kandungan kulit durian, semakin besar pula nilai kalor yang dihasilkan.

Meskipun terdapat variasi nilai kalor, secara umum seluruh variasi briket telah memenuhi standar mutu SNI 01-6235-2000, yaitu memiliki nilai kalor ≥ 5.000 kal/g, sehingga layak digunakan sebagai bahan bakar alternatif. Hasil ini sesuai dengan studi oleh Alene dkk., (2025), yang menyatakan bahwa briket berbahan limbah lignoselulosa dengan nilai kalor di atas 20 MJ/kg tergolong layak untuk aplikasi rumah tangga maupun industri kecil.



Gambar 3: Komposisi Briket Arang Kulit Durian + Kulit Jagung dalam MJ/Kg

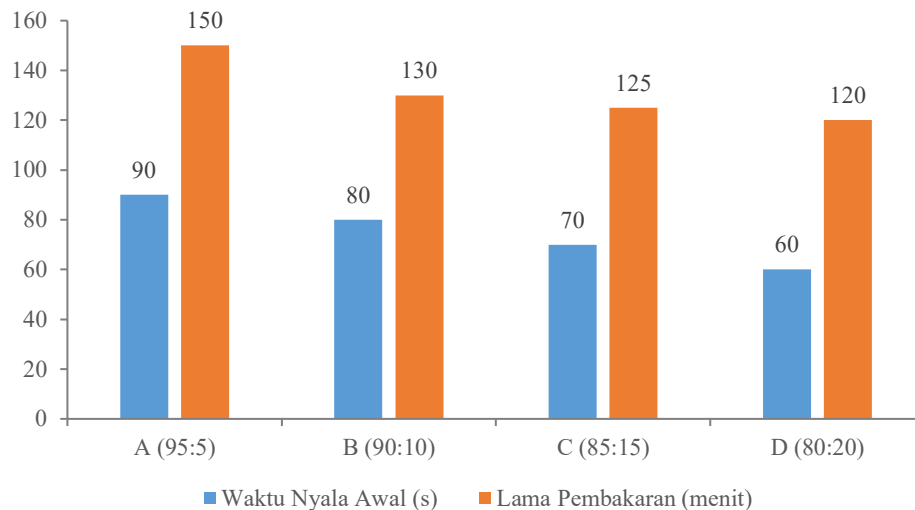


Gambar 4: Komposisi Briket Arang Kulit Durian + Kulit Jagung dalam kal/g

3.2 Uji Nyala Awal dan Lama Pembakaran

Waktu nyala awal menggambarkan kemudahan briket untuk mulai terbakar setelah diberi sumber panas. Hasil uji nyala awal pada Gambar 5 menunjukkan bahwa peningkatan fraksi kulit jagung mempercepat waktu penyalan briket. Briket D menyala paling cepat dalam waktu 60 detik, sedangkan briket A membutuhkan waktu hingga 90 detik. Hal ini disebabkan oleh tingginya kandungan hemiselulosa dan zat volatil pada kulit jagung yang mudah terdegradasi pada temperatur rendah dan melepaskan gas mudah terbakar seperti metana (CH_4), karbon monoksida (CO), dan hidrogen (H_2) (Niksa, 2022). Hemiselulosa merupakan komponen biomassa paling reaktif dan paling mudah mengalami devolatilisasi pada fase awal pembakaran, sebaliknya lignin terurai secara bertahap pada temperatur 250–500°C, sehingga biomassa berlignin tinggi membutuhkan energi aktivasi lebih besar untuk menyala (El dkk., 2024).

Meskipun demikian, penyalan cepat tidak selalu berarti efisiensi tinggi, karena briket dengan kadar volatil besar cenderung mengalami pembakaran tidak merata sehingga bisa menimbulkan resiko nyala tidak stabil atau percikan api jika control aliran udara buruk dan menghasilkan residu abu lebih banyak (Nuryawan dkk., 2025; Marreiro dkk., 2021). Dengan demikian, terdapat keseimbangan antara reaktivitas termal awal dan kestabilan pembakaran yang dipengaruhi oleh proporsi karbon tetap dalam bahan. Briket dengan nyala cepat tetapi memiliki nilai kalor rendah dan struktur berpori, seperti briket D, mengalami pembakaran tidak merata sehingga meninggalkan residu abu lebih banyak. Secara termodinamika, terdapat hubungan timbal balik antara reaktivitas awal dan stabilitas pembakaran.



Gambar 5: Uji Nyala dan Lama Pembakaran Briket

Lama pembakaran menjadi indikator efisiensi dan daya tahan energi briket. Durasi pembakaran sangat dipengaruhi oleh kadar *fixed carbon* dan porositas internal briket. *Fixed carbon* tinggi, seperti yang dihasilkan dari arang kulit durian, menyediakan material karbon yang “keras” dan lambat teroksidasi, sehingga bara dapat tetap menyala dalam waktu panjang. Hasil pengujian menunjukkan bahwa durasi pembakaran menurun dengan meningkatnya proporsi kulit jagung. Briket A memiliki waktu pembakaran paling lama (150 menit), sedangkan briket D hanya 120 menit. Hal ini disebabkan oleh kadar karbon tetap dan densitas arang kulit durian yang tinggi, sehingga menghasilkan bara padat dan tahan oksidasi. Sebaliknya, arang kulit jagung yang berpori tinggi mempercepat difusi oksigen, menyebabkan pembakaran cepat namun tidak stabil. Secara ilmiah, proses ini menunjukkan bahwa struktur padat dan kandungan karbon tinggi memperlambat laju oksidasi, menghasilkan pembakaran lebih efisien dan tahan lama.

3.3 Uji Kualitas Asap

Kualitas asap merupakan indikator penting dalam menilai efisiensi dan kebersihan pembakaran briket karena berhubungan langsung dengan kandungan zat volatil, efisiensi oksidasi, serta tingkat kesempurnaan proses pirolisis bahan baku. Data hasil pengujian pada Tabel 2 menunjukkan bahwa briket A menghasilkan asap paling tipis dan stabil, sedangkan briket D mengeluarkan asap lebih pekat. Hal ini mengindikasikan bahwa komposisi bahan baku memiliki pengaruh signifikan terhadap parameter emisi, khususnya pada briket biomassa berbasis limbah pertanian.

Peningkatan emisi pada briket dengan kandungan kulit jagung tinggi disebabkan oleh pembentukan tar dan hidrokarbon aromatik polisiklik (PAH) akibat pirolisis hemiselulosa yang tidak sempurna (Faradaiza dkk., 2023). Secara kimia, tingginya fraksi kulit jagung pada briket D menyebabkan sisa zat volatil yang lebih banyak setelah proses karbonisasi. Hemiselulosa pada kulit jagung terdegradasi pada temperatur yang lebih rendah dibanding lignin, sehingga menghasilkan volatil ringan dan tar dalam jumlah cukup besar.

Selain itu, kualitas asap dipengaruhi oleh densitas briket dan ukuran pori mikroskopis bahan baku. Briket yang tersusun dari arang kulit jagung memiliki struktur yang lebih berpori sehingga aliran udara selama pembakaran lebih cepat. Akibatnya, volatil terlepas dalam waktu singkat dan tidak seluruhnya sempat mengalami oksidasi sempurna. Proses pembakaran yang tidak tuntas menghasilkan partikel karbon amorf dan gas CO yang menyebabkan asap pekat (Indu dkk., 2025; Wang dkk., 2013). Sebaliknya, briket dengan kandungan kulit durian dominan menunjukkan pembakaran lebih sempurna karena memiliki rasio C/O tinggi dan proses oksidasi yang stabil. Dari perspektif termokimia, tingginya kandungan lignin pada arang kulit durian turut berperan penting dalam menekan emisi asap. Lignin memiliki aromatisitas tinggi dan struktur karbon cincin yang stabil sehingga selama pirolisis menghasilkan *fixed carbon* lebih banyak dan volatil lebih sedikit (Zheng dkk., 2022). Hal ini menyebabkan pembakaran lebih bersih. Beberapa studi menunjukkan bahwa biomassa berlignin tinggi menghasilkan partikel asap lebih rendah dibanding biomassa dengan hemiselulosa dominan (Matijošius & Kilikevi, 2021; Rebbling dkk., 2020). Hal ini menegaskan bahwa campuran dengan komposisi kulit durian lebih besar tidak hanya menghasilkan nilai kalor tinggi dan durasi bakar lebih lama, tetapi juga menghasilkan pembakaran yang lebih bersih dan ramah lingkungan.

Tabel 2: Hasil Pengujian Kualitas Asap

Formulasi Sampel Briket	Kualitas Asap	Skor Kualitas Asap	Keterangan
A (95:5)	Asap tipis, stabil	4	Pembakaran paling bersih, asap minimal
B (90:10)	Asap sedang, stabil	3	Masih memenuhi batas kenyamanan
C (85:15)	Asap sedang, stabil	3	Masih memenuhi batas kenyamanan
D (80:20)	Asap sedang, agak tebal	2	Asap mulai mengganggu kenyamanan

Secara keseluruhan, hasil uji kualitas asap menunjukkan bahwa komposisi bahan baku memiliki pengaruh besar terhadap kebersihan pembakaran. Briket berbasis kulit durian (A dan B), yang memiliki kandungan lignin lebih tinggi, terbukti menghasilkan emisi partikulat yang lebih rendah dan pembakaran yang lebih stabil. Sifat lignin yang aromatik membuat proses pirolisis lebih terkendali dan mengurangi pembentukan tar serta asap. Sebaliknya, briket dengan proporsi kulit jagung tinggi (C dan D) menunjukkan emisi partikulat lebih besar karena dominasi hemiselulosa yang mudah terdegradasi dan menghasilkan volatil dalam jumlah tinggi. Oleh sebab itu, formulasi C dan D memerlukan optimalisasi lebih lanjut, misalnya dengan meningkatkan karbonisasi, menggunakan perekat bernilai karbon tinggi, atau mengurangi porositas briket untuk menekan pelepasan volatil secara mendadak.

Variasi komposisi dalam penelitian ini memperlihatkan hubungan yang konsisten dengan teori termokimia biomassa, khususnya perbedaan perilaku termal antara lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Temuan ini juga sejalan dengan berbagai penelitian terdahulu yang melaporkan bahwa biomassa dengan kandungan lignin lebih tinggi umumnya menghasilkan emisi partikulat lebih rendah dibanding biomassa yang kaya hemiselulosa. Dengan demikian, perbedaan karakteristik kimia bahan baku terbukti memberikan dampak signifikan terhadap kebersihan pembakaran serta potensi ramah lingkungan dari briket yang dihasilkan.

4. KESIMPULAN

Variasi komposisi campuran kulit durian dan kulit jagung terbukti memengaruhi karakteristik termal, performa pembakaran, dan kualitas asap briket biomassa. Peningkatan proporsi kulit durian menghasilkan nilai kalor dan stabilitas pembakaran yang lebih baik, sedangkan penambahan kulit jagung meningkatkan kemudahan penyalaan namun cenderung menurunkan densitas energi dan memperbesar intensitas asap. Secara termokimia, dominasi lignin dan karbon tetap pada arang kulit durian berkontribusi terhadap pembentukan struktur karbon aromatik yang lebih stabil, sehingga meningkatkan efisiensi pembakaran dan mengurangi emisi partikulat. Formulasi komposisi optimum diperoleh pada rasio 95% kulit durian dan 5% kulit jagung, yang menunjukkan keseimbangan antara kemudahan penyalaan, durasi pembakaran, dan kebersihan emisi. Briket campuran ini telah memenuhi persyaratan mutu SNI 01-6235-2000 dan berpotensi dikembangkan sebagai bahan bakar padat alternatif berbasis limbah pertanian yang efisien dan ramah lingkungan. Penelitian lanjutan disarankan untuk melakukan pengukuran emisi gas secara kuantitatif serta optimasi variabel proses guna meningkatkan kinerja dan keberlanjutan produk briket biomassa.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Politeknik Negeri Medan melalui Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (P3M) atas dukungan pendanaan melalui Kontrak No. B/313/PL5/PT.01.05/2025 yang bersumber dari DIPA POLMED Tahun Anggaran 2025. Dukungan ini sangat membantu dalam kelancaran dan keberhasilan pelaksanaan kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, R., & Mirwan, M. (2022). *ALTERNATIF*. 2.
- Alene, G., Tesfaldet, G., Gebreegziabher, G., & Gebrekidan, A. (2025). Development of briquettes suitable for energy generation from residue of sorghum stalk and groundnut husk. *Materials for Renewable and Sustainable Energy*, 14(2), 1–23.
- BPS. (2025). Catalog : 1101001. *Statistik Indonesia 2020*, 53,2025, 790.
- Chandrashekar, T., & Niemeyer, K. E. (2019). Computational study of the effects of density , fuel content , and moisture content on smoldering propagation of cellulose and hemicellulose mixtures. *Proceedings of the Combustion Institute*, 37(3), 4091–4098.
- De La Peña, L., Guo, R., Cao, X., Ni, X., & Zhang, W. (2022). Accelerating the energy transition to achieve carbon neutrality. *Resources, Conservation and Recycling*, 177(May 2021).
- Doan Trang, T. Y., Thuy, P. T., Dzung, H. T., Huong, T. T., Giap, V. D., & Cuong, V. T. (2024). a Comprehensive Method for Concurrent Recovery of Cellulose, Nanocellulose and Lignin From Durian Peel: a Sustainable Approach. *Cellulose Chemistry and Technology*, 58(9–10), 937–957.
- El, S. A., Tarek, S., & Mohamed, M. K. (2024). Thermal degradation behaviour and chemical kinetic characteristics of biomass pyrolysis using TG / DTG / DTA techniques. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 14(15), 17779–17803.
- Erdiwansyah, Gani, A., Mamat, R., Bahagia, Nizar, M., Yana, S., Mat Yasin, M. H., Muhibbuddin, & Rosdi, S. M. (2024). Prospects for renewable energy sources from biomass waste in Indonesia. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 10(August), 100880.
- Faradaiza, R., Mulyawan, R., Ginting, Z., Dewi, R., & Za, N. (2023). Pembuatan Briket Bioarang Dari Kulit Durian Dengan Menggunakan Perekat Tepung Tapioka. *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, 3(4), 567–580.
- Ibrahim, M. I. J., Sapuan, S. M., Zainudin, E. S., & Zuhri, M. Y. M. (2019). Extraction, chemical composition, and characterization of potential lignocellulosic biomasses and polymers from corn plant parts. *BioResources*, 14(3), 6485–6500.
- Indu, G., Nagendra, S., Madanayak, S., & Ball, R. J. (2025). *Physico-Chemical Characterisation of Particulate Matter and Ash from Biomass Combustion in Rural Indian Kitchens*. 1–24.
- Kawamoto, H. (2017). Lignin pyrolysis reactions. *Journal of Wood Science*, 63(2), 117–132.
- Matijošius, J., & Kilikevič, K. (2021). *Possibilities and Generated Emissions of Using Wood and Lignin Biofuel for Heat Production*.
- Mukherjee, A., Patra, B. R., Podder, J., & Dalai, A. K. (2022). *Synthesis of Biochar From Lignocellulosic Biomass for Diverse Industrial Applications and Energy Harvesting : Effects of Pyrolysis Conditions on the Physicochemical Properties of Biochar*. 9(June), 1–23.
- Nainggolan, R., Ritonga, F. S., Juwita, E., Bangun, A. J., Andry, A., & Marbun, S. (2025). Analisis Efisiensi Boiler Menggunakan Bahan Bakar Biomassa di PLTU PT. GIP Growth Asia. *SINERGI Polmed: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 06(02), 70–77.
- Niksa, S. (2022). Journal of Analytical and Applied Pyrolysis On the primary devolatilization of hemicellulose. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 164(March), 105515.

- Nuryawan, A., Simatupang, J., Risnasari, I., Tambunan, H., & Utami, S. S. (2025). *and thermal properties of charcoal briquettes produced from mangrove branch wood*. *September*, 1–18.
- Obi, O. F., Pecenka, R., & Clifford, M. J. (2022). A Review of Biomass Briquette Binders and Quality Parameters. *Energies*, 15(7), 1–22.
- Osibuamhe, M. O., Popoola, L. T., Asmara, Y. P., Taura, U., & Aderibigbe, T. A. (2024). Self-ignition behaviour of corn cob, wheat bran and rice husk residues in ambient air from biomass gasification. *Heliyon*, 10(17), e36875.
- Parinduri, L., & Parinduri, T. (2020). *Konversi Biomassa Sebagai Sumber Energi Terbarukan*. 5(2).
- Pratama, A. B., Benu, S. M., Boangmanalu, E. P. D., Siahaan, S., & Ibrahim, H. (2025). Laju Korosi Baja Karbon Ringan Pada Biopelumas Dari Limbah Minyak Goreng. *SINERGI Polmed: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 06(01), 07–18.
- Qin, F., Zhang, C., Zeng, G., Huang, D., Tan, X., & Duan, A. (2022). Lignocellulosic biomass carbonization for biochar production and characterization of biochar reactivity. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 157(December 2021).
- Rebbling, A., Sundberg, P., Fagerstro, J., Carlborg, M., Tullin, C., Bostro, D., Marcus, O., & Skoglund, N. (2020). *Demonstrating Fuel Design To Reduce Particulate Emissions and Control Slagging in Industrial-Scale Grate Combustion of Woody Biomass*.
- Report, G. S. I. (2022). *Indonesia 's Energy Support Measures : June*.
- Review, A. L. (2021). *Empirical Studies on Biomass Briquette Production : 1–40*.
- Santos, M., Morim, A. C., Videira, M., Silva, F., Matos, M., & Tarelho, L. A. C. (2024). Characteristics of Biochar Obtained by Pyrolysis of Residual Forest Biomass at Different Process Scales. *Energies*, 17(19).
- Sun, W., Bai, L., Chi, M., Xu, X., Chen, Z., & Yu, K. (2023). *Study on the Evolution Pattern of the Aromatics of Lignin during Hydrothermal Carbonization*.
- Tanui, J. K., Kioni, P. N., Kariuki, P. N., & Ngugi, J. M. (2018). Influence of processing conditions on the quality of briquettes produced by recycling charcoal dust. *International Journal of Energy and Environmental Engineering*, 9(3), 341–350.
- Trijayanti, E., & Kunci, K. (2023). Karakteristik bio-briket kulit durian (*durio zibethinus*) sebagai bahan bakar alternatif terbarukan dengan perekat alami. *Maliki Interdisciplinary Journal (MIJ) EISSN*, 1(4), 223–229.
- Utami, I. S., Rusdiana, D., & Suwarma, I. R. (2024). *Making Briquettes Variation Ingredient Durian Peel , Husk Rice , and Shell Coconut -- Impact on Strength , Burnability , Temperature , and Calorific Value*. 2024, 292–300.
- Wang, Q., Geng, C., Lu, S., Chen, W., & Shao, M. (2013). *Emission factors of gaseous carbonaceous species from residential combustion of coal and crop residue briquettes*. 7(1), 66–76.
- Wu, M., Wei, K., Jiang, J., Xu, B. Bin, & Ge, S. (2025). Advancing green sustainability: A comprehensive review of biomass briquette integration for coal-based energy frameworks. *International Journal of Coal Science and Technology*, 12(1).
- Zheng, Q., Zhang, D., Fu, P., Wang, A., Sun, Y., Li, Z., & Fan, Q. (2022). Insight into the fast pyrolysis of lignin : Unraveling the role of volatile evolving and char structural evolution. *Chemical Engineering Journal*, 437(P1), 135316.