

KARAKTERISTIK BRIKET CAMPURAN ARANG TONGKOL JAGUNG DAN ARANG BATANG JAGUNG

David Mangallo¹, Thomas Pagasis¹, Bertha Mangallo^{2*}

¹Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Cenderawasih
Jl. Kamp Wolker, Yabansai, Heram, Jayapura City, Papua 99224, Indonesia

²Department of Chemistry, Faculty of Mathematic and Natural Science, University of Papua, Jl.
Gunung Salju Amban, Manokwari, Papua Barat, Indonesia

* Email korespondensi: b.mangallo@unipa.ac.id

Submitted: 11 – 02 – 2026
Revised: 6 – 7 -2026
Accepted: 7 - 7 – 2026

ABSTRACT: Corn cobs and corn stalks represent abundant agricultural residues with significant potential for conversion into solid bio-fuels. This study aimed to evaluate the physicochemical characteristics

of briquettes produced from varying proportions of corn cob charcoal and corn stalk charcoal. Carbonization was conducted through pyrolysis using a modified oil-drum reactor. The resulting char was pulverized and sieved to 60 mesh to ensure particle uniformity prior to briquetting. A 5% tapioca starch solution was used as a binding agent, and briquettes were formed using a hydraulic press in a honeycomb configuration (4-inch diameter, 16 central perforations). Five different charcoal composition ratios were prepared and analyzed. Proximate analysis revealed moisture content ranging from 4.68% to 5.71%, ash content from 12.27% to 17.23%, volatile matter from 16.24% to 21.62%, and fixed carbon from 56.47% to 65.78%. The calorific value varied between 5,138 and 5,274 cal/g. The results demonstrate that blended corn cob and corn stalk charcoal briquettes exhibit favorable fuel properties and potential applicability as sustainable alternative energy sources.

Keywords: Biomass briquettes; Corn cob charcoal; Corn stalk charcoal; sustainable energy

PENDAHULUAN

Pertumbuhan jumlah penduduk serta meningkatnya aktivitas industri menyebabkan kebutuhan energi dan bahan bakar terus mengalami peningkatan. Ketergantungan terhadap bahan bakar fosil menjadi tantangan karena sumber energi ini memerlukan waktu yang sangat lama untuk terbentuk kembali sehingga tergolong tidak terbarukan. Selain itu, emisi yang dihasilkan dari penggunaannya dapat menurunkan kualitas lingkungan udara dan

memberikan dampak negatif terhadap kesehatan manusia. Kenaikan harga bahan bakar fosil juga berpengaruh signifikan terhadap peningkatan biaya produksi di berbagai sektor industri. Oleh karena itu, diperlukan inovasi dan pengembangan teknologi untuk memanfaatkan sumber daya alam yang berpotensi sebagai bahan bakar alternatif yang bersifat terbarukan dan ramah lingkungan. Pengembangan bahan bakar alternatif diharapkan mampu memenuhi kebutuhan energi masyarakat maupun

industri, dengan tetap memperhatikan karakteristik bahan baku dan kualitas produk agar sesuai dengan standar serta performa bahan bakar yang telah digunakan secara luas.

Limbah pertanian yang berasal dari budidaya dan pengolahan jagung, seperti tongkol dan batang jagung, hingga saat ini masih belum dimanfaatkan secara optimal meskipun tersedia dalam jumlah yang sangat besar. Pada tanaman jagung, sekitar 35–50% biomassa setelah panen berupa residu lignoselulosa yang mencakup batang, daun, kulit, dan tongkol jagung, sedangkan sisanya merupakan biji yang dimanfaatkan sebagai produk utama. Biomassa residu jagung tersebut kaya akan komponen lignoselulosa, terutama selulosa, hemiselulosa, dan lignin, yang merupakan sumber karbon terbarukan dan bahan baku potensial untuk berbagai aplikasi bioenergi serta bioproduk berbasis biorefinery (Zabed et al., 2023). Kandungan selulosa yang tinggi memberikan kontribusi terhadap nilai kalor dan potensi konversi energi, sementara lignin berperan dalam meningkatkan densitas energi biomassa. Oleh karena itu, tongkol dan batang jagung memiliki prospek yang sangat baik untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan, termasuk dalam bentuk briket biomassa, bioetanol, biochar, maupun produk bioenergi lainnya. Pemanfaatan limbah jagung sebagai bahan bakar alternatif tidak hanya meningkatkan nilai tambah limbah pertanian, tetapi juga mendukung pengurangan ketergantungan terhadap bahan bakar fosil dan penerapan sistem energi yang lebih berkelanjutan.

Briket bioarang merupakan salah satu bentuk bahan bakar padat berbasis biomassa yang semakin banyak dikembangkan sebagai alternatif pengganti

bahan bakar fosil karena memiliki nilai kalor yang relatif tinggi, teknologi produksinya sederhana, serta dapat dibuat dari berbagai limbah pertanian yang tersedia secara melimpah (Mangallo et al., 2025). Dibandingkan biomassa dalam bentuk aslinya, proses karbonisasi dan pembriketan mampu meningkatkan densitas energi, memperbaiki karakteristik pembakaran, serta mempermudah penanganan, penyimpanan, dan transportasi bahan bakar (Kaliyan & Vance Morey, 2009).

Briket yang dihasilkan dari biomassa tongkol jagung memiliki prospek yang baik sebagai sumber energi terbarukan karena mudah dinyalakan akibat kadar air yang relatif rendah setelah proses pengeringan dan karbonisasi, menghasilkan pembakaran yang lebih stabil dengan emisi asap dan residu abu yang lebih rendah dibandingkan biomassa mentah, serta memiliki umur simpan yang lebih panjang karena kadar kelembapan dan aktivitas biologisnya lebih rendah (Bazargan et al., 2014).

Karakteristik tersebut menjadikan briket tongkol jagung sebagai bahan bakar yang ekonomis, ramah lingkungan, dan berpotensi mendukung pemanfaatan limbah pertanian secara berkelanjutan (Rahman et al., 2015; Temmerman et al., 2006).

Pembuatan arang dari limbah tongkol jagung umumnya dilakukan melalui proses pirolisis (karbonisasi termal) yang berlangsung bertahap. Selama proses pirolisis, biomassa mengalami serangkaian perubahan fisik dan kimia yang berlangsung secara bertahap. Pada tahap awal, air bebas dan air terikat dalam biomassa menguap akibat pemanasan pada suhu rendah. Peningkatan suhu, komponen lignoselulosa seperti hemiselulosa, selulosa, dan lignin akan

terdegradasi melalui reaksi dekomposisi termal yang menghasilkan senyawa volatil, tar, gas, dan residu padat berupa arang (*biochar*). Pada suhu yang lebih tinggi, proses devolatilisasi berlangsung lebih intensif sehingga meningkatkan pembentukan gas pirolisis dan memperkaya kandungan karbon pada arang yang dihasilkan (Leng et al., 2019; Tomczyk et al., 2020; Weber & Quicker, 2018).

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa biomassa tongkol jagung yang dikarbonisasi pada kisaran suhu sekitar 350–450 °C dapat menghasilkan arang dengan nilai kalor tinggi dan sifat pembakaran yang sesuai untuk aplikasi briket biomassa (Krishna Koundinya et al., 2023). Dengan demikian, karbonisasi tongkol jagung pada kisaran sekitar 380 °C dilaporkan mampu menghasilkan briket dengan nilai kalor yang berada di atas ambang minimum standar mutu briket arang nasional Indonesia (SNI 01-6235-2000), sehingga layak dipertimbangkan sebagai bahan bakar padat alternatif (Wilaipon, 2009; Chisanga et al., 2023).

Studi mengenai pemanfaatan tongkol jagung sebagai bahan baku briket telah banyak dilaporkan, namun kombinasi arang tongkol jagung dan arang batang jagung dalam bentuk briket sarang tawon masih relatif jarang dievaluasi secara sistematis. Oleh karena itu, penelitian ini diarahkan untuk memproduksi briket sarang tawon dari campuran arang tongkol jagung dan arang batang jagung pada beberapa rasio komposisi, sekaligus menilai pengaruh variasi komposisi kedua bahan terhadap karakteristik fisik dan kualitas bahan bakar briket yang dihasilkan, seperti kadar air, kadar abu, kerapatan, ketahanan mekanik, serta

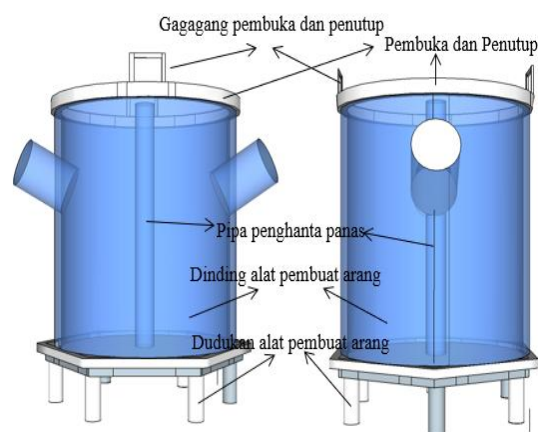
nilai kalor (Kaliyan & Vance Morey, 2009; Temmerman et al., 2006).

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan merancang tungku pengarangan (Gambar 1) dan alat cetak briket (Gambar 2).

Proses Pembuatan Arang

Proses pembuatan arang dari limbah tongkol jagung dan batang jagung dengan komposisi campuran pada Tabel 1, menggunakan alat drum pengarangan (Gambar 1).



Gambar 1. Tungku pengarangan

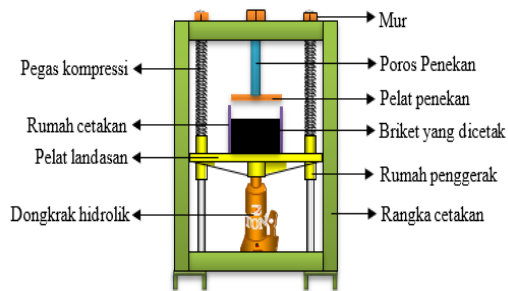
Tabel 1. Komposisi Campuran Bahan Briket

Komposisi	Arang Tongkol Jagung (%)	Arang Batang Jagung (%)	Perekat (%)
A	20	75	5
B	30	65	5
C	47,5	47,5	5
D	65	30	5
E	75	20	5

Pencetakan Briket

Pencetakan briket dari arang limbah tongkol jagung dan arang batang jagung

dilakukan dengan menggunakan alat cetak briket (Gambar 2).



Gambar 2. Alat Pencetak Briket

Prosedur Pengambilan Data

Prosedur pengambilan data terdiri dari tiga tahapan, yaitu proses pembuatan arang limbah bonggol dan batang jagung, pencetakan briket dari arang tongkol jagung dan arang batang jagung, dan uji karakteristik briket.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Arang Tongkol dan Batang Jagung

Pembuatan arang tongkol jagung dan arang batang jagung dilakukan dalam kiln pengarang dengan metode pirolisis (Gambar 3). Kiln pengarang yang terbuat dari drum digunakan untuk mengarangkan tongkol jagung dan batang jagung yang bekerja secara pirolisis.



Gambar 3. Proses pengarangan

Pembuatan Briket Arang Tongkol Jagung dan Arang Batang Jagung

Pada penelitian ini, briket biomassa dibuat menggunakan campuran arang tongkol jagung dan arang batang jagung dengan penambahan perekat tepung sagu sebanyak 5% dari total massa bahan. Penggunaan perekat berbasis pati, seperti tepung sagu, banyak diterapkan dalam pembuatan briket biomassa karena bersifat ramah lingkungan, mudah diperoleh, serta mampu meningkatkan kekuatan dan integritas briket selama proses penanganan dan pembakaran (Kaliyan & Vance Morey, 2009; Laudari et al., 2018). Arang tongkol jagung dan arang batang jagung dicampurkan sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan, kemudian dihomogenkan bersama larutan perekat hingga membentuk adonan yang merata. Tahap pencampuran ini menghasilkan campuran biomassa yang masih mengandung kadar air cukup tinggi sehingga bertekstur lembap dan mudah dibentuk. Selanjutnya, adonan briket didiamkan dan diangin-anginkan hingga mencapai konsistensi menyerupai pasta yang sesuai untuk proses pencetakan. Campuran tersebut

kemudian dicetak secara manual menggunakan cetakan berbentuk sarang tawon, yang dikenal memiliki luas permukaan lebih besar sehingga dapat mendukung proses pembakaran yang lebih merata dan efisien (Onukak et al., 2017; Temmerman et al., 2006). Briket yang telah terbentuk selanjutnya dikeringkan dengan memanfaatkan sinar matahari hingga kadar airnya menurun dan diperoleh briket yang padat, kuat, serta siap untuk diuji karakteristik fisik dan kualitas pembakarannya (Gambar 4). Proses pengeringan merupakan tahap penting karena kadar air yang rendah berkontribusi terhadap peningkatan nilai kalor, kemudahan penyalaan, dan stabilitas penyimpanan briket biomassa (Laudari et al., 2018; Mendoza Aguilar

et al., 2019).



Gambar 4. Bentuk briket hasil penelitian

Analisis Proksimate

Kualitas briket dievaluasi melalui analisis proksimat yang meliputi penentuan kadar air, kandungan abu, zat terbang, karbon tetap, dan nilai kalor. Hasil pengukuran dari seluruh parameter tersebut untuk setiap jenis briket ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2: Pengujian Proksimate Briket

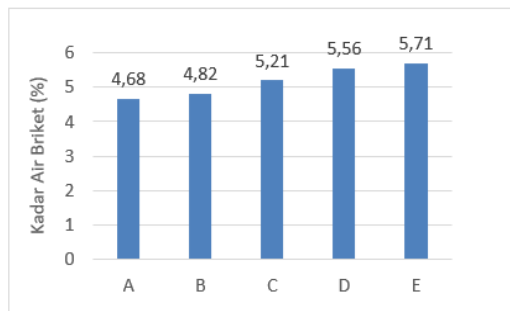
Jenis Briket	Bahan Briket			Hasil Pengujian Proksimate				
	Tongkol Jagung	Batang Jagung	Perekat	Kadar Air	Kadar Abu	Volatile Matter	Karbon Tetap	Nilai Kalor
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(cal/gr)
A	20	75	5	4,68	17,23	21,62	56,47	5138
B	30	65	5	4,82	16,16	20,14	58,88	5184
C	47,5	47,5	5	5,21	14,96	18,85	60,98	5206
D	65	30	5	5,56	13,08	17,53	63,83	5249
E	75	20	5	5,71	12,27	16,24	65,78	5274

Kadar Air

Kadar air merupakan parameter penting yang memengaruhi kemudahan penyalaan dan efisiensi pembakaran briket. Semakin rendah kadar air, semakin sedikit energi yang diperlukan untuk menguapkan air selama proses pembakaran sehingga nilai kalor yang dapat dimanfaatkan menjadi lebih tinggi (Kaliyan & Vance Morey, 2009; Mendoza Aguilar et al., 2019). Hasil analisis menunjukkan bahwa kadar air briket

campuran arang tongkol jagung dan arang batang jagung berkisar antara 4,68–5,71%, dengan nilai terendah diperoleh pada komposisi A sebesar 4,68%. Seluruh sampel telah memenuhi persyaratan SNI 01-6235-2000 yang mensyaratkan kadar air maksimum 8%. Peningkatan proporsi arang tongkol jagung dalam campuran cenderung meningkatkan kadar air briket, yang diduga berkaitan dengan karakteristik struktur biomassa tongkol jagung yang

lebih mampu mempertahankan kelembapan. Selain itu, penggunaan perekat tepung sagu juga berkontribusi terhadap kadar air akhir briket karena memerlukan penambahan air selama proses pencampuran dan pencetakan (Onukak et al., 2017; Rindayatno et al., 2024).

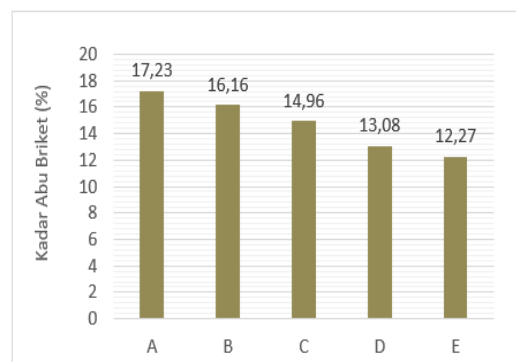


Gambar 5. Kadar air briket

Kadar Abu

Kadar abu merupakan salah satu parameter penting dalam penilaian mutu briket biomassa karena menggambarkan jumlah residu anorganik yang tersisa setelah proses pembakaran berlangsung secara sempurna. Residu tersebut umumnya berasal dari kandungan mineral alami yang terdapat dalam bahan baku biomassa, seperti silika, kalium, kalsium, magnesium, dan unsur anorganik lainnya yang tidak terbakar selama proses konversi energi (Oberberger & Thek, 2004; Vassilev et al., 2010; Vassilev et al., 2012). Dalam aplikasi sebagai bahan bakar padat, kadar abu yang rendah lebih diharapkan karena dapat meningkatkan efisiensi pembakaran, mengurangi pembentukan kerak (slagging) dan *fouling* pada peralatan pembakaran, serta meningkatkan fraksi bahan yang dapat dikonversi menjadi energi panas (García et al., 2012; Kaliyan & Vance Morey, 2009). Hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar abu briket yang dibuat dari campuran arang tongkol jagung dan arang batang jagung berada

pada kisaran 12,27–17,23%. Dari seluruh perlakuan yang diuji, komposisi E menghasilkan kadar abu terendah, yaitu sebesar 12,27% (Gambar 6). Nilai ini menunjukkan bahwa komposisi bahan baku memiliki pengaruh terhadap jumlah residu mineral yang tertinggal setelah pembakaran. Secara umum, semakin tinggi kandungan abu dalam briket, semakin kecil proporsi karbon dan senyawa organik yang dapat terbakar, sehingga energi yang dihasilkan selama proses pembakaran cenderung menurun. Akibatnya, briket dengan kadar abu tinggi umumnya memiliki nilai kalor yang lebih rendah dan menghasilkan residu pembakaran yang lebih banyak dibandingkan briket dengan kadar abu yang lebih rendah (Kaliyan & Vance Morey, 2009; Vassilev et al., 2010).



Gambar 6. Kadar abu briket

Berdasarkan jumlah persentase arang tongkol jagung dan arang batang jagung yang digunakan dalam membuat briket terlihat bahwa semakin tinggi persentase arang batang jagung dalam campuran briket, maka akan semakin menaikkan kadar abu briket. Menurut standar SNI 01-6235-2000 briket dengan kualitas baik harus memiliki kadar abu maksimal 8%, hal ini menunjukkan bahwa kadar abu briket pada semua komposisi yang dikaji tidak memenuhi standar SNI.

Ukuran partikel arang sangat berpengaruh terhadap kadar abu briket, makin kecil ukuran partikel arang maka kadar abu briket akan semakin besar (Huda et al., 2023). Senyawa organik, seperti selulosa dan hemiselulosa, terurai pada suhu $< 400^{\circ}\text{C}$, sebagian besar di antaranya diubah menjadi senyawa berbot molekul ringan yang dilepaskan sebagai uap pirolisis (Xie et al., 2013). Kandungan abu terutama terbentuk dari bahan anorganik seperti silikat, kalsium karbonat, dan garam kalium (Liu et al., 2014). Penelitian sebelumnya telah melaporkan bahwa unsur mineral seperti garam kalium berpengaruh terhadap penurunan suhu pirolisis (Zhao et al., 2013). Briket berbentuk berongga seperti bentuk briket sarang tawon juga berpotensi mengurangi kandungan abu, kelembapan, dan zat mudah menguap pada arang. Pengurangan kandungan abu, kelembapan, dan zat mudah menguap dapat memberikan manfaat berupa pengurangan efek korosi (Ajith Kumar et al., 2021).

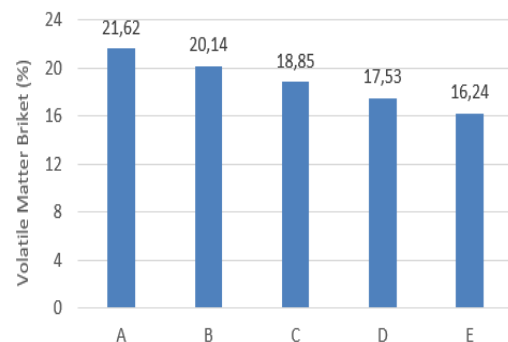
Kandungan *volatile matter*

Kandungan zat menguap (*volatile matter*) yang tinggi di dalam briket arang akan menimbulkan asap yang lebih banyak pada saat briket dinyalakan, sebab adanya reaksi antara karbon monoksida.

Pada kisaran suhu $200\text{--}500^{\circ}\text{C}$, dalam tungku pembakaran terjadi dekomposisi termal pirolitik selulosa dan hemiselulosa menghasilkan senyawa volatil utama yang terdiri dari gas yang tidak dapat dikondensasi (CO_2 , CO , dan CH_4) dan gas yang dapat dikondensasi pada kondisi ambien yaitu beberapa senyawa organik dan air (Neves et al., 2011). Pada suhu tinggi, selulosa mengalami depolimerisasi menghasilkan laevoglucosan

yang bereaksi lebih lanjut untuk menghasilkan sejumlah produk gas yang mudah terbakar (Zhao et al., 2013).

Hasil pengujian kandungan *volatile matter* terhadap briket pada semua komposisi yang dikaji berkisar antara 16,24 % - 21,62 %, hal ini menunjukkan bahwa kandungan *volatile matter* briket pada semua komposisi yang dikaji tidak memenuhi standat SNI 01-6235-2000 yaitu $\leq 15\%$. Peningkatan persentase arang tongkol jagung dan penurunan persentase arang batang jagung dalam komposisi campuran, cenderung menurunkan kadar *volatile matter* briket (Gambar 7).

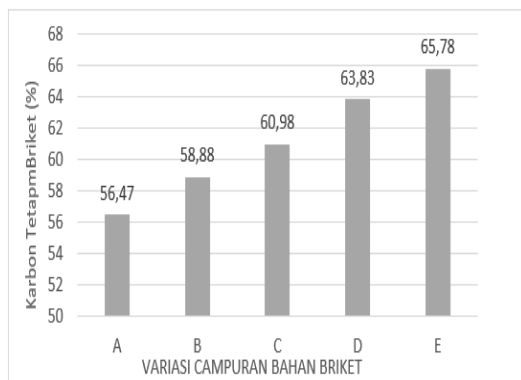


Gambar 7. *Volatile matter* briket

Kandungan karbon terikat (Fixed carbon content)

Kadar karbon tetap (*fixed carbon*) merupakan indikator penting dalam menentukan kualitas briket biomassa karena mencerminkan jumlah karbon yang tersedia untuk menghasilkan energi selama proses pembakaran. Semakin tinggi kadar karbon tetap, semakin besar potensi energi yang dapat dihasilkan, disertai waktu pembakaran yang lebih lama dan emisi asap yang lebih rendah (Demirbas, 2004; Obernberger & Thek, 2004). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar karbon tetap briket campuran arang tongkol jagung dan arang batang jagung berkisar antara 56,47–

65,78% (Gambar 8). Nilai tersebut mengindikasikan bahwa briket yang dihasilkan memiliki kandungan karbon yang cukup tinggi sehingga berpotensi memberikan performa pembakaran yang baik dan efisien (Kaliyan & Vance Morey, 2009; Vassilev et al., 2010).



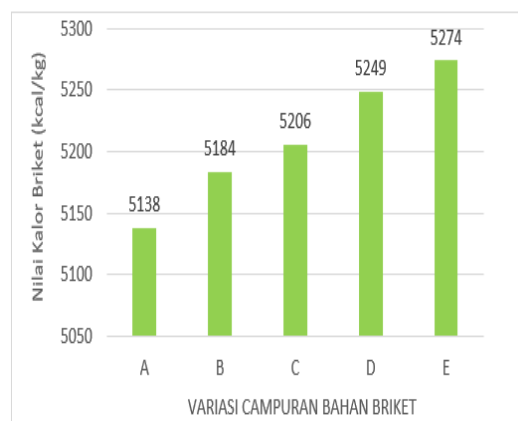
Gambar 8. Kandungan karbon tetap briket

Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan proporsi arang batang jagung dalam campuran briket cenderung menurunkan kadar karbon tetap. Hal ini diduga berkaitan dengan perbedaan karakteristik kimia dan kandungan lignoselulosa antara batang jagung dan tongkol jagung yang memengaruhi proses karbonisasi serta jumlah karbon yang tersisa dalam arang (Vassilev et al., 2010). Kadar karbon tetap yang tinggi merupakan karakteristik penting dari briket berkualitas karena berkontribusi terhadap peningkatan nilai kalor, stabilitas pembakaran, dan lamanya waktu nyala (Demirbas, 2004; Obernberger & Thek, 2004). Walaupun SNI 01-6235-2000 tidak menetapkan persyaratan khusus untuk kadar karbon tetap, parameter ini tetap banyak digunakan sebagai indikator mutu bahan bakar biomassa di berbagai negara. Berdasarkan hasil yang diperoleh, kadar karbon tetap briket pada penelitian ini berada dalam kisaran yang umum dilaporkan untuk briket biomassa

berkualitas baik, sehingga menunjukkan potensi yang menjanjikan sebagai bahan bakar alternatif terbarukan (Kaliyan & Vance Morey, 2009; Vassilev et al., 2012).

Nilai kalor

Nilai kalor merupakan indikator utama kualitas briket karena mencerminkan kemampuan bahan bakar dalam menghasilkan energi panas selama pembakaran (Demirbas, 2004). Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kalor briket campuran arang tongkol jagung dan arang batang jagung berkisar antara 5.138–5.274 cal/g. Peningkatan proporsi arang batang jagung cenderung menurunkan nilai kalor briket, yang diduga berkaitan dengan penurunan kadar karbon tetap dan peningkatan kandungan abu pada campuran tersebut (Vassilev et al., 2012). Meskipun demikian, seluruh sampel masih memenuhi persyaratan mutu briket arang menurut SNI 01-6235-2000 yang menetapkan nilai kalor minimum sebesar 5.000 cal/g. Hasil ini menunjukkan bahwa briket yang dihasilkan memiliki kualitas energi yang memadai dan berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif berbasis biomassa (Kaliyan & Vance Morey, 2009; Mangallo et al., 2025; Obernberger & Thek, 2004).



Gambar 9. Perubahan nilai kalor briket

pada berbagai komposisi campuran arang tongkol jagung dan arang batang jagung.

KESIMPULAN

Peningkatan persentase arang tongkol jagung dan penurunan persentase arang batang jagung menghasilkan briket dengan kadar air, kandungan karbon tetap dan nilai kalor briket yang semakin meningkat serta penurunan kadar abu dan volatile matter. Briket tongkol jagung yang dihasilkan dari semua variasi komposisi telah memenuhi standard kualitas menurut SNI SNI 01-6235-2000 berdasarkan parameter kadar air, kadar abu, dan nilai kalor serta memenuhi standar Jepang dan USA untuk parameter kandungan karbon tetap.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajith Kumar, J., Vinoth Kumar, K., Petchimuthu, M., Iyahraja, S., & Vignesh Kumar, D. (2021). Comparative analysis of briquettes obtained from biomass and charcoal. *Materials Today: Proceedings*, 45, 857–861. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.918>
- Bazargan, A., Rough, S. L., & McKay, G. (2014). Compaction of palm kernel shell biochars for application as solid fuel. *Biomass and Bioenergy*, 70, 489–497. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.08.015>
- Demirbas, A. (2004). Combustion characteristics of different biomass fuels. *Progress in Energy and Combustion Science*, 30(2), 219–230. <https://doi.org/10.1016/j.peccs.2003.10.004>
- García, R., Pizarro, C., Lavín, A. G., & Bueno, J. L. (2012). Characterization of Spanish biomass wastes for energy use. *Bioresour Technology*, 103(1), 249–258. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.10.004>
- Huda, A. A., Karyanik, K., Muliatiningsih, M., Fathoni, A., & Hakim, A. (2023). Effect of adhesive concentration and particle size on the quality of hazelnut shell briquettes with glutinous rice adhesive. *Jurnal Agrotek Ummat*, 10(4), 304. <https://doi.org/10.31764/jau.v10i4.19663>
- Kaliyan, N., & Vance Morey, R. (2009). Factors affecting strength and durability of densified biomass products. *Biomass and Bioenergy*, 33(3), 337–359. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2008.08.005>
- Krishna Koundinya, K., Dobhal, P., Ahmad, T., Mondal, S., Kumar Sharma, A., & Kumar Singh, V. (2023). A technical review on thermochemical pathways for production of energy from corn-cob residue. *Renewable Energy Focus*, 44, 174–185. <https://doi.org/10.1016/j.ref.2022.12.007>
- Laudari, R., Sapkota, B., & Banskota, K. (2018). Validation of wind resource in 14 locations of Nepal. *Renewable Energy*, 119, 777–786. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.10.068>
- Leng, L., Huang, H., Li, H., Li, J., & Zhou, W. (2019). Biochar

- stability assessment methods: A review. *Science of The Total Environment*, 647, 210–222. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.402>
- Liu, X., Zhang, Y., Li, Z., Feng, R., & Zhang, Y. (2014). Characterization of corncob-derived biochar and pyrolysis kinetics in comparison with corn stalk and sawdust. *Bioresource Technology*, 170, 76–82. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.07.077>
- Mangallo, D., Pagasis, T., Allo, R., Kaiway, M. R., Tambing, E., & Rantepulung, S. (2025). Analysis of Corn Cob Briquette Characteristics Using Different Adhesives in the Pyrolysis Process. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 9(2), 779–788. <https://doi.org/10.70609/gtech.v9i2.6635>
- Mendoza Aguilar, J., Ramos-Real, F. J., & Ramírez-Díaz, A. J. (2019). Improving Indicators for Comparing Energy Poverty in the Canary Islands and Spain. *Energies*, 12(11), 2135. <https://doi.org/10.3390/en12112135>
- Neves, D., Thunman, H., Matos, A., Tarelho, L., & Gómez-Barea, A. (2011). Characterization and prediction of biomass pyrolysis products. *Progress in Energy and Combustion Science*, 37(5), 611–630. <https://doi.org/10.1016/j.peccs.2011.01.001>
- Obernberger, I., & Thek, G. (2004). Physical characterisation and chemical composition of densified biomass fuels with regard to their combustion behaviour. *Biomass and Bioenergy*, 27(6), 653–669. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2003.07.006>
- Onukak, I., Mohammed-Dabo, I., Ameh, A., Okoduwa, S., & Fasanya, O. (2017). Production and Characterization of Biomass Briquettes from Tannery Solid Waste. *Recycling*, 2(4), 17. <https://doi.org/10.3390/recycling2040017>
- Rahman, A., Rasul, M. G., Khan, M. M. K., & Sharma, S. (2015). Recent development on the uses of alternative fuels in cement manufacturing process. *Fuel*, 145, 84–99. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2014.12.029>
- Rindayatno, Rosdiana, & Agung Priyo Hutomo. (2024). The Effect of Adhesive Ratio on the Quality of Charcoal Briquettes. *International Journal of Scientific Multidisciplinary Research*, 2(10), 1453–1462. <https://doi.org/10.55927/ijsmr.v2i10.11987>
- Temmerman, M., Rabier, F., Jensen, P. D., Hartmann, H., & Böhm, T. (2006). Comparative study of durability test methods for pellets and briquettes. *Biomass and Bioenergy*, 30(11), 964–972. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2006.06.008>
- Tomczyk, A., Sokołowska, Z., & Boguta, P. (2020). Biochar physicochemical properties: Pyrolysis temperature and feedstock kind

- effects. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 19(1), 191–215. <https://doi.org/10.1007/s11157-020-09523-3>
- Vassilev, S. V., Baxter, D., Andersen, L. K., & Vassileva, C. G. (2010). An overview of the chemical composition of biomass. *Fuel*, 89(5), 913–933. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2009.10.022>
- Vassilev, S. V., Baxter, D., Andersen, L. K., Vassileva, C. G., & Morgan, T. J. (2012). An overview of the organic and inorganic phase composition of biomass. *Fuel*, 94, 1–33. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2011.09.030>
- Weber, K., & Quicker, P. (2018). Properties of biochar. *Fuel*, 217, 240–261. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.12.054>
- Xie, H., Yu, Q., Qin, Q., Zhang, H., & Li, P. (2013). Study on pyrolysis characteristics and kinetics of biomass and its components. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 5(1), 013122. <https://doi.org/10.1063/1.4792845>
- Zabed, H.M., Akter, S., Yun, J., Zhang, G., Zhao, M., Mofijur, M., Awasthi, M.K., Kalam, M.A., Ragauskas, A., Qi, X. (2023). Towards the sustainable conversion of corn stover into bioenergy and bioproducts through biochemical route: Technical, economic and strategic perspectives. *Journal of Cleaner Production*, Volume 400, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136699>.
- Zhao, D., Dai, Y., Chen, K., Sun, Y., Yang, F., & Chen, K. (2013). Effect of potassium inorganic and organic salts on the pyrolysis kinetics of cigarette paper. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 102, 114–123. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2013.03.007>