



Karakterisasi Kimiawi Tongkol Jagung sebagai Biomassa: Pretreatment, Preparasi, dan Pemanfaatannya

Yunita Talaa^{1*}, Rosmaya Abdulah¹, Putri Keyza Monoarfa¹, Suhendra Iskandar¹

¹Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah, UIN Sultan Amai Gorontalo, Gorontalo, Indonesia

Received: 23 September 2026

Revised: 24 September 2026

Accepted: 26 September 2026

Published: 26 September 2026

Corresponding Author:

Yunita Talaa:

yunitalaa01@gmail.com

DOI:

© 2025 The Authors. This open access article is distributed under a (CC-BY License)



Phone*: +62...

Abstrak: Kebutuhan akan energi di Indonesia semakin banyak dan berkembang seiring dengan pesatnya peningkatan pembangunan di bidang teknologi, industri, dan informasi. Dengan tingginya konsumsi energi di Indonesia dan semakin berkurangnya cadangan energi fosil, maka Indonesia sudah saatnya untuk secara serius mengembangkan energi alternatif terbarukan. Berbagai bentuk energi terbarukan yang sedang dikembangkan saat ini di antaranya energi yang berasal dari angin, uap, biomassa, suara, dan sebagainya. Kebutuhan energi alternatif lain sedang dikembangkan, salah satunya dengan mengonversi biomassa menjadi energi listrik dengan teknik pembakaran menggunakan udara yang terbatas atau gasifikasi. Energi dari biomassa dapat diperoleh dengan pembakaran secara langsung, dapat juga dengan pirolisis (tanpa adanya oksigen) atau gasifikasi (dengan oksigen terbatas) untuk menghasilkan bahan bakar cair atau bahan bakar gas. Limbah biomassa akan dimanfaatkan sebagai bahan bakar kompor penghasil energi listrik. Kompor biomassa adalah salah satu teknologi energi terbarukan yang dikembangkan menggunakan bahan bakar limbah biomassa yang sangat banyak ditemui di sekitar kita. Limbah tongkol jagung tersebut hanya menimbulkan masalah serius bagi lingkungan, terutama karena pembakaran limbah akan menimbulkan polusi yang hebat dan juga membahayakan lingkungan. Padahal, energi yang terkandung dalam limbah organik padat dapat dimanfaatkan melalui pembakaran langsung atau dengan terlebih dahulu mengonversikannya dalam bentuk lain yang bernilai ekonomis, yang lebih efisien dan efektif penggunaannya, di antaranya pembakaran langsung (biomassa) melalui proses gasifikasi sebagai alternatif bahan bakar.

Kata Kunci: Bioenergi, Biomassa, Tongkol Jagung, Bahan Bakar, Briket.

Pendahuluan

Sangat umum diketahui bahwa Indonesia merupakan negara dengan wilayah yang luas dan jumlah penduduk yang tinggi. Kondisi geografis yang beragam serta persebaran penduduk yang tidak merata menyebabkan Indonesia masih menghadapi tantangan dalam memenuhi kebutuhan energi bagi seluruh masyarakat. Pada tahun 2016, sekitar 7 juta rumah tangga atau 28 juta penduduk Indonesia belum memperoleh akses terhadap listrik. Ketimpangan akses listrik juga masih terlihat antara wilayah Jawa dan luar Jawa. Rasio elektrifikasi di DKI Jakarta telah mencapai hampir 100%, sedangkan beberapa provinsi di luar Jawa, khususnya wilayah Indonesia bagian timur seperti Nusa Tenggara Timur dan Papua, masih berada di bawah 70%. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pemenuhan kebutuhan energi di Indonesia belum sepenuhnya merata.

Selain akses terhadap listrik, tantangan energi di Indonesia juga berkaitan dengan keterbatasan akses terhadap energi untuk kebutuhan sehari-hari, khususnya memasak. Sebagian masyarakat masih menggunakan tungku tradisional dengan bahan bakar biomassa karena keterbatasan akses terhadap bahan bakar modern. Penggunaan tungku tradisional tidak hanya menghadapi persoalan ketersediaan bahan bakar, tetapi juga menghasilkan asap pembakaran yang dapat mengganggu kesehatan, terutama bagi ibu dan anak-anak. Di sisi lain, penggunaan bahan bakar dengan proses pembakaran yang tidak efisien juga berkontribusi terhadap peningkatan emisi gas rumah kaca. Keterbatasan akses terhadap energi pada akhirnya dapat berdampak pada berbagai sektor kehidupan, termasuk kegiatan ekonomi dan pendidikan. Padahal, Indonesia memiliki potensi sumber daya energi terbarukan yang sangat besar dan dapat dikembangkan untuk mendukung penyediaan energi yang lebih merata dan berkelanjutan (Direktur Jenderal Kekayaan Intelektual 2014).

Di sisi lain, cadangan energi fosil di Indonesia semakin berkurang, sementara kebutuhan energi terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan perkembangan sektor industri. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa ketergantungan terhadap bahan bakar fosil menghadapi berbagai tantangan, antara lain keterbatasan cadangan, ketidakstabilan harga, serta dampak lingkungan yang ditimbulkan dari penggunaannya. Penggunaan bahan bakar fosil juga berkaitan dengan peningkatan emisi yang berkontribusi terhadap pemanasan global dan kerusakan lingkungan. Oleh karena itu, pengembangan sumber energi alternatif dan terbarukan menjadi salah satu langkah penting dalam mendukung keberlanjutan penyediaan energi di masa mendatang (Rifdah, Herawati, and Dubron 2017).

Salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan adalah biomassa. Biomassa merupakan bahan organik yang berasal dari tumbuhan maupun hewan, baik berupa hasil produksi, sisa metabolisme, maupun limbah yang dihasilkan dari berbagai aktivitas. Energi biomassa dapat dimanfaatkan sebagai salah satu sumber energi alternatif untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Selama sumber biomassa dapat diperbarui dan dikelola secara berkelanjutan, energi yang dihasilkan dari biomassa memiliki peluang untuk menjadi bagian dari sistem energi terbarukan. Indonesia memiliki potensi biomassa yang sangat melimpah, yang berasal dari berbagai sektor, termasuk pertanian, perkebunan, peternakan, kehutanan, dan limbah perkotaan. Potensi biomassa di Indonesia diperkirakan mencapai 146,7 juta ton per tahun, sedangkan potensi biomassa yang berasal dari sampah pada tahun 2020 diperkirakan mencapai 53,7 juta ton. Berbagai jenis limbah yang berasal dari tumbuhan maupun hewan tersebut berpotensi untuk dimanfaatkan dan dikembangkan sebagai sumber energi alternatif (Pratiwi and Asri 2018; Iskandar 2024).

Pemanfaatan biomassa sebagai sumber energi juga dapat memberikan manfaat dari sisi lingkungan dan ekonomi. Pemanfaatan limbah biomassa dapat meningkatkan efisiensi penggunaan energi karena kandungan energi yang terdapat di dalam limbah tidak terbuang secara percuma. Selain itu, pemanfaatan limbah dapat mengurangi biaya pengelolaan dan pembuangan limbah serta mengurangi kebutuhan terhadap tempat penimbunan sampah. Hal ini menjadi semakin penting karena penyediaan tempat penimbunan limbah semakin terbatas dan membutuhkan biaya yang besar, khususnya di wilayah perkotaan. Dengan demikian, pemanfaatan biomassa sebagai sumber energi tidak hanya berkaitan dengan penyediaan energi alternatif, tetapi juga dapat menjadi bagian dari upaya pengelolaan limbah dan penerapan prinsip ekonomi sirkular.

Salah satu sumber biomassa yang potensial berasal dari sektor pertanian. Tanaman pangan dan perkebunan menghasilkan berbagai jenis biomassa, baik berupa produk utama maupun limbah hasil samping, yang berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan. Beberapa komoditas

pertanian, seperti kelapa sawit, jarak, dan kedelai, telah dimanfaatkan sebagai bahan baku biodiesel, sedangkan komoditas seperti ubi kayu, jagung, sorgum, dan sagu berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku bioetanol (Parinduri and Parinduri 2020). Namun, pemanfaatan tanaman pangan sebagai bahan baku energi perlu mempertimbangkan aspek ketahanan pangan karena penggunaan bagian utama tanaman untuk energi dapat menimbulkan persaingan antara kebutuhan pangan dan energi. Oleh karena itu, pemanfaatan limbah atau hasil samping pertanian sebagai bahan baku energi menjadi alternatif yang lebih menarik karena dapat menghasilkan energi tanpa secara langsung mengurangi ketersediaan bahan pangan.

Salah satu limbah pertanian yang berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber energi adalah tongkol jagung. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik tahun 2016, luas lahan pertanian jagung di Indonesia mencapai 3.356.914 ha dengan produksi jagung pipilan sebesar 11.225.243 ton. Produksi jagung dalam jumlah tersebut menghasilkan limbah berupa tongkol jagung dalam jumlah yang cukup besar. Setelah jagung dipipil untuk memperoleh bijinya, tongkol yang tersisa pada umumnya belum dimanfaatkan secara optimal. Sebagian limbah pascapanen jagung digunakan sebagai pupuk atau bahan bakar rumah tangga, sedangkan sebagian lainnya dibuang atau dibakar untuk mengurangi volumenya. Pembakaran terbuka terhadap limbah tersebut dapat menimbulkan permasalahan lingkungan karena menghasilkan asap dan berbagai emisi yang berpotensi mencemari udara. Oleh karena itu, diperlukan alternatif pemanfaatan tongkol jagung yang lebih efektif sehingga kandungan energi di dalamnya dapat dimanfaatkan sekaligus mengurangi dampak lingkungan akibat penumpukan dan pembakaran limbah secara terbuka.

Tongkol jagung memiliki kandungan bahan organik dan energi yang memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif. Pemanfaatan tongkol jagung sebagai sumber energi dapat dilakukan melalui beberapa pendekatan, antara lain pembakaran langsung, pembuatan briket, pirolisis, maupun gasifikasi. Biofuel yang berasal dari biomassa telah menjadi salah satu bagian penting dalam pengembangan pemanfaatan energi terbarukan. Residu pertanian, limbah makanan, tanaman energi, dan alga merupakan bahan baku yang berpotensi dikembangkan untuk menghasilkan bahan bakar berbasis biomassa. Selain sebagai bahan bakar, tongkol jagung juga telah dikembangkan sebagai bahan baku karbon aktif untuk berbagai aplikasi, termasuk pengolahan limbah cair dan penyisihan zat warna dari air limbah (Ciurcina et al. 2025). Hal tersebut menunjukkan bahwa limbah tongkol jagung memiliki potensi pemanfaatan yang luas dan tidak terbatas pada pengelolaan limbah semata.

Salah satu bentuk pemanfaatan tongkol jagung sebagai sumber energi adalah dengan mengolahnya menjadi biobriket. Biobriket merupakan bahan bakar padat yang dibuat dengan memadatkan biomassa sehingga lebih mudah dalam penyimpanan, transportasi, dan penggunaannya sebagai bahan bakar. Penelitian mengenai pembuatan biobriket dari tongkol jagung telah dilakukan dengan mengkaji pengaruh jenis dan jumlah bahan perekat terhadap kualitas biobriket. Parameter yang digunakan antara lain nilai kalor, kadar air, dan kadar abu. Jenis perekat yang digunakan meliputi tepung kanji, tanah liat, dan lem kayu. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa variasi jenis dan jumlah perekat menjadi salah satu faktor penting yang dapat memengaruhi karakteristik dan kualitas biobriket yang dihasilkan (Rifdah et al. 2017).

Selain biobriket, biomassa juga dapat dimanfaatkan melalui proses termokimia seperti pirolisis dan gasifikasi. Pembakaran langsung dapat menghasilkan energi panas, sedangkan proses pirolisis yang berlangsung tanpa atau dengan sangat sedikit oksigen dapat menghasilkan produk berupa biochar, bio-oil, dan gas. Sementara itu, gasifikasi merupakan proses konversi biomassa dengan jumlah oksigen atau udara yang terbatas untuk menghasilkan gas yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar. Pengembangan berbagai teknologi tersebut membuka peluang untuk meningkatkan nilai tambah limbah biomassa sekaligus menghasilkan sumber energi alternatif yang lebih berkelanjutan.

Pemanfaatan biomassa sebagai sumber energi juga memiliki relevansi yang kuat dengan agenda transisi energi di Indonesia. Biomassa merupakan salah satu aset yang dapat mendukung peralihan menuju sistem energi yang lebih berkelanjutan karena sumbernya berasal dari bahan organik yang dapat diperbarui. Transisi energi tidak hanya berkaitan dengan pengurangan penggunaan energi fosil, tetapi juga mencakup pengembangan sumber energi alternatif yang tersedia secara lokal dan dapat memberikan manfaat ekonomi bagi masyarakat (Primadanty 2023). Energi sendiri merupakan sumber daya yang sangat diperlukan untuk menjalankan kegiatan perekonomian, baik untuk kebutuhan konsumsi maupun kegiatan produktif di berbagai sektor. Oleh karena itu, pemanfaatan sumber daya energi perlu

diarahkan pada prinsip keberlanjutan agar dapat memberikan manfaat bagi masyarakat dalam jangka panjang. Dalam konteks tersebut, pengembangan biomassa sebagai sumber energi terbarukan memiliki peluang untuk mendukung ketahanan energi sekaligus memberikan nilai tambah terhadap limbah pertanian (Yana et al. 2022).

Berdasarkan uraian tersebut, limbah tongkol jagung merupakan salah satu biomassa yang melimpah dan memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai sumber energi alternatif. Pemanfaatannya tidak hanya dapat mengurangi permasalahan lingkungan yang ditimbulkan oleh penumpukan dan pembakaran terbuka limbah pertanian, tetapi juga dapat meningkatkan nilai tambah limbah menjadi produk yang bernilai guna. Pengolahan tongkol jagung menjadi bahan bakar padat maupun pemanfaatannya melalui teknologi konversi biomassa lainnya dapat menjadi salah satu alternatif dalam mendukung penyediaan energi terbarukan, pengelolaan limbah, dan transisi menuju sistem energi yang lebih berkelanjutan.

Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode tinjauan literatur (*literature review*). Metode ini berfokus pada pengumpulan, identifikasi, serta evaluasi data sekunder yang bersumber dari berbagai literatur ilmiah maupun publikasi resmi yang kredibel. Pengumpulan data difokuskan pada publikasi seperti jurnal ilmiah, prosiding konferensi, dan laporan data statistik, seperti laporan dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) dan Badan Pusat Statistik (BPS) terkait produksi jagung dan akses energi listrik. Literatur yang dikaji merupakan publikasi yang berfokus pada potensi biomassa, transisi energi dari bahan bakar fosil ke energi alternatif, serta teknologi konversi limbah organik, khususnya penggunaan limbah tongkol jagung sebagai sumber energi.

Proses pencarian dan seleksi literatur dilakukan menggunakan kata kunci utama yang relevan, antara lain bioenergi, biomassa, tongkol jagung, bahan bakar alternatif, biobriket, dan gasifikasi. Literatur yang dipilih adalah studi yang membahas proses pengolahan pascapanen jagung, pembuatan biobriket dari tongkol jagung, serta pengaruh jenis bahan perekat (seperti tepung kanji, tanah liat, dan lem kayu) maupun jumlah perekat terhadap kualitas biobriket yang dihasilkan. Fokus pengkajian kualitas biobriket tersebut meliputi analisis terhadap nilai kalor pembakaran, kadar air, dan kadar abu untuk menemukan komposisi briket yang terbaik. Data ketersediaan limbah biomassa di Indonesia dan kawasan ASEAN juga turut dikaji untuk meninjau prospek keekonomiannya.

Analisis data dilakukan secara deskriptif komparatif, di mana temuan dari berbagai studi literatur disintesis untuk memperoleh gambaran komprehensif mengenai potensi pemanfaatan tongkol jagung. Informasi mengenai tantangan pemenuhan energi listrik, rasio elektrifikasi, serta dampak lingkungan dari pembakaran limbah secara langsung dibandingkan dengan solusi konversi energi yang lebih efektif dan bernilai ekonomis. Hasil tinjauan literatur ini selanjutnya digunakan untuk menarik kesimpulan dan merumuskan potensi pengembangan limbah tongkol jagung sebagai inovasi biomassa energi terbarukan di Indonesia.

Hasil dan Pembahasan

Pemanfaatan tongkol jagung sebagai biomassa energi tidak dapat dilepaskan dari karakteristik lignoselulosanya. Tongkol jagung tersusun terutama atas selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang membentuk struktur kompleks dan relatif resisten terhadap proses konversi. Salah satu sumber melaporkan bahwa tongkol jagung mengandung sekitar 45% selulosa, 35% hemiselulosa, dan 15% lignin, meskipun komposisi tersebut dapat bervariasi bergantung pada varietas, kondisi pertumbuhan, dan metode analisis yang digunakan (Putri, Putra, and Puteri 2025). Struktur lignoselulosa tersebut menyebabkan tongkol jagung memerlukan perlakuan awal atau *pretreatment* sebelum dikonversi menjadi produk bernilai tambah. Dalam konteks pemanfaatan sebagai bahan bakar padat, *pretreatment* terutama diperlukan untuk menghasilkan bahan dengan karakteristik fisik yang sesuai, sedangkan pada jalur konversi biokimia, *pretreatment* berperan dalam membuka struktur lignoselulosa sehingga komponen penyusunnya lebih mudah diakses.



Gambar 1. Skema jalur pemanfaatan tongkol jagung sebagai biomassa energi (Azis 2023)

Secara umum, *pretreatment* tongkol jagung dapat dilakukan melalui metode kimia, fisikokimia, fisik, maupun kombinasi beberapa metode. Kajian mengenai *pretreatment* tongkol jagung menunjukkan bahwa metode yang dikombinasikan cenderung lebih banyak digunakan karena mampu mengatasi keterbatasan yang terdapat pada satu metode tunggal. Kombinasi perlakuan dapat meningkatkan pelepasan gula, memperpendek waktu proses, serta menekan pembentukan senyawa penghambat yang dapat terbentuk selama proses *pretreatment* (Adiandri et al. 2022). Hal tersebut menunjukkan bahwa pemilihan metode *pretreatment* perlu disesuaikan dengan tujuan akhir pemanfaatan biomassa. *Pretreatment* yang ditujukan untuk menghasilkan gula fermentabel, misalnya, memiliki kebutuhan yang berbeda dibandingkan *pretreatment* untuk menghasilkan bahan bakar padat.

Tabel 1. Komposisi kimia dan karakteristik awal tongkol jagung (Putri et al. 2025; Satria et al. 2021)

Parameter	Nilai/Kisaran	Peran terhadap konversi
Selulosa	$\pm 45\%^*$	Struktur lignoselulosa, sumber karbon
Hemiselulosa	$\pm 35\%^*$	Komponen mudah terdegradasi termal
Lignin	$\pm 15\%^*$	Struktur pengikat dan sumber karbon aromatik
Serat kasar	38,99%	Menunjukkan kandungan struktural
Protein kasar	4,64%	Komponen minor biomassa
Kadar air	—	Memengaruhi penyalan dan nilai kalor
Kadar abu	—	Memengaruhi residu pembakaran

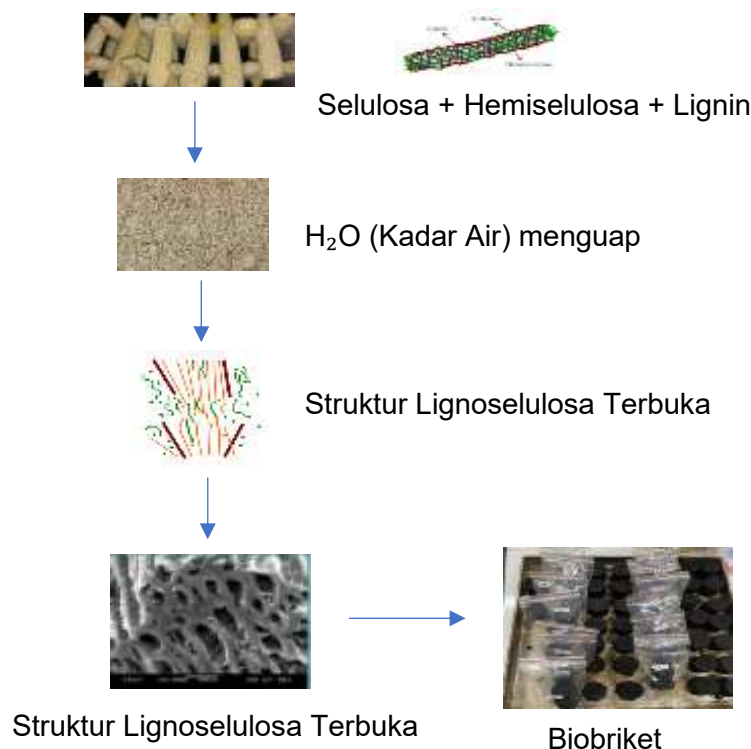
Salah satu pendekatan yang lebih kompleks dilakukan melalui integrasi ekstrusi ulir ganda, fraksinasi organosolv, dan hidrolisis enzimatis. Pada penelitian tersebut, proses ekstrusi menghasilkan kondisi optimum pada suhu 144 °C dan kecepatan 11 rpm, sedangkan tahap organosolv optimum diperoleh pada waktu perlakuan 60 menit dengan kadar padatan 20,1%. Kombinasi tersebut menghasilkan konversi selulosa menjadi glukosa hingga sekitar 93% dan memungkinkan pemulihan lignin terlarut sebesar 45,4% (Jose et al. 2026). Hasil tersebut memperlihatkan bahwa *pretreatment* bukan sekadar tahap persiapan bahan, tetapi dapat menentukan tingkat keberhasilan proses konversi biomassa berikutnya. Namun, metode *pretreatment* yang kompleks seperti ekstrusi dan organosolv lebih relevan untuk jalur produksi bioproduk atau biofuel berbasis lignoselulosa dibandingkan produksi biobriket sederhana.

Untuk pemanfaatan tongkol jagung sebagai biobriket, *pretreatment* dapat dilakukan dengan pendekatan yang lebih sederhana. Tongkol jagung terlebih dahulu dikeringkan untuk menurunkan kadar air, kemudian diperkecil ukurannya melalui proses penggilingan dan diayak untuk memperoleh ukuran partikel yang lebih seragam. Salah satu kajian menyebutkan bahwa bahan yang digunakan untuk pembuatan briket perlu dikeringkan hingga kadar air kurang dari 15%, kemudian digiling, diayak, dicampur dengan perekat, dicetak, dan dikeringkan kembali (Putri et al. 2025). Tahapan tersebut menunjukkan

bahwa pretreatment untuk pembuatan biobriket pada dasarnya berorientasi pada perubahan sifat fisik bahan agar diperoleh bahan baku yang lebih homogen dan mudah dipadatkan.

Tabel 2. Metode pretreatment tongkol jagung dan karakteristik hasilnya (Jose et al. 2026; Putri et al. 2025; Ajimotokan et al. 2019; Adiandri et al. 2022)

Metode	Prinsip	Kondisi/Parameter	Dampak utama	Tujuan pemanfaatan
Pengeringan	Mengurangi kadar air	<15%	Mempermudah pengolahan	Biobriket
Pengecilan ukuran	Memperbesar homogenitas bahan	Penggilingan + pengayakan	Ukuran partikel lebih seragam	Biobriket
Ekstrusi	Perlakuan termomekanik	144 °C; 11 rpm	Meningkatkan aksesibilitas selulosa	Bioproduk
Organosolv	Pelarutan sebagian lignin	60 menit; 20,1% padatan	Meningkatkan digestibilitas	Biofuel/bioproduk
Kombinasi pretreatment	Integrasi beberapa metode	Beragam	Meningkatkan pelepasan gula	Biokonversi
Karbonisasi	Pemanasan tanpa oksigen	±500–800 °C	Meningkatkan fraksi karbon	Biobriket



Gambar 2. Perubahan struktur biomassa selama pretreatment dan karbonisasi (Askara 2023; Kumaravel et al. 2024; Nurwahdaha et al. 2018; Yonanda and Daryono 2025; Adiandri et al. 2022)

Setelah melalui tahap pretreatment, tongkol jagung dapat diproses menjadi biobriket melalui proses karbonisasi, penghalusan, pencampuran dengan perekat, pencetakan, dan pengeringan. Karbonisasi merupakan salah satu tahap yang dapat dilakukan untuk mengubah biomassa menjadi arang

dengan memanaskannya pada kondisi oksigen terbatas. Proses tersebut menyebabkan terjadinya dekomposisi sebagian komponen organik, terutama hemiselulosa, selulosa, dan lignin, sehingga diperoleh bahan dengan kandungan karbon yang relatif lebih tinggi. Salah satu kajian melaporkan bahwa karbonisasi tongkol jagung dilakukan melalui pemanasan tanpa oksigen, kemudian arang yang dihasilkan digiling dan diayak sebelum dicampur dengan perekat tepung tapioka untuk selanjutnya dicetak dan dikeringkan (Putri et al. 2025).

Karbonisasi memberikan keuntungan dalam menghasilkan bahan bakar padat dengan karakteristik pembakaran yang berbeda dibandingkan biomassa mentah. Arang hasil karbonisasi memiliki kandungan karbon yang lebih tinggi dan dapat menghasilkan bahan bakar dengan waktu pembakaran yang relatif lebih lama. Oleh karena itu, karbonisasi dapat menjadi salah satu pendekatan untuk meningkatkan kualitas tongkol jagung sebagai bahan bakar padat. Namun, proses tersebut juga perlu mempertimbangkan kehilangan massa selama karbonisasi karena sebagian bahan organik terdekomposisi menjadi gas dan produk volatil. Dengan demikian, keberhasilan proses tidak hanya ditentukan oleh karakteristik arang yang dihasilkan, tetapi juga oleh efisiensi keseluruhan konversi biomassa menjadi bahan bakar.

Selain karbonisasi, densifikasi merupakan tahap penting dalam pembuatan biobriket. Biomassa dalam bentuk awal umumnya memiliki densitas curah yang rendah sehingga membutuhkan ruang penyimpanan dan transportasi yang relatif besar. Proses pemadatan dapat meningkatkan densitas dan memperbaiki sifat mekanik bahan bakar. Penelitian terhadap briket tongkol jagung menunjukkan bahwa variasi tekanan, suhu, waktu penahanan, dan ukuran partikel memengaruhi densitas briket. Pada kondisi tekanan 9–15 MPa, suhu 90–120 °C, waktu penahanan 7,5–15 menit, serta ukuran partikel kurang dari 2,5 mm dan lebih dari 2,5 mm, densitas briket yang dihasilkan berada pada kisaran 570–1300 kg/m³ (Orisaleye et al. 2018). Hasil tersebut menunjukkan bahwa kondisi proses pemadatan merupakan salah satu faktor penting dalam menghasilkan briket dengan karakteristik fisik yang sesuai.

Tabel 3. Faktor proses dan pengaruhnya terhadap karakteristik biobriket (Orisaleye et al. 2018; Satria et al. 2021; Ajimotokan et al. 2019)

Faktor	Variasi yang dilaporkan	Parameter yang dipengaruhi	Temuan utama
Ukuran partikel	0,25–1,75 mm	Kuat tekan, ketahanan air	Partikel lebih halus dapat meningkatkan pemadatan
Tekanan kompaksi	25–65 kPa	Kuat tekan, densitas	Tekanan lebih tinggi meningkatkan pemadatan
Tekanan	9–15 MPa	Densitas	Meningkatkan densitas
Suhu	90–120 °C	Densitas	Berpengaruh terhadap pemadatan
Waktu penahanan	7,5–15 menit	Densitas	Memengaruhi struktur briket
Rasio bahan	90:10–50:50	Air, abu, <i>fixed carbon</i> , densitas	Mengubah karakteristik briket
Jenis perekat	Pati/tanah liat/lem kayu	Kekuatan dan sifat pembakaran	Perlu optimasi jenis perekat
Jumlah perekat	Berbagai konsentrasi	Nilai kalor, abu, kekuatan	Terlalu sedikit/lembek, terlalu banyak dapat menurunkan kualitas energi

Ukuran partikel juga berperan dalam menentukan kualitas briket karena memengaruhi kemampuan partikel untuk saling mengisi dan membentuk struktur yang kompak. Penelitian terhadap campuran tongkol jagung dan sekam padi menunjukkan bahwa ukuran partikel 0,25 mm, rasio bahan 80:20, serta tekanan kompaksi 65 kPa menghasilkan kuat tekan paling tinggi, yaitu 111 kN/m² (Ajimotokan et al. 2019). Temuan tersebut memperlihatkan bahwa karakteristik bahan sebelum pencetakan, terutama ukuran partikel, perlu dikendalikan untuk memperoleh briket dengan kekuatan mekanik yang baik. Briket

dengan struktur yang lebih kompak juga cenderung lebih mudah ditangani, disimpan, dan ditransportasikan.

Perekat merupakan komponen penting dalam pembuatan biobriket karena partikel biomassa hasil penggilingan tidak selalu mampu mempertahankan bentuk setelah proses pencetakan. Perekat berfungsi meningkatkan kohesi antarpikel sehingga briket memiliki kekuatan mekanik yang lebih baik. Dalam praktiknya, bahan perekat dapat berasal dari bahan organik maupun anorganik. Tepung kanji atau tapioka merupakan salah satu perekat yang banyak digunakan karena mudah diperoleh dan memiliki kemampuan membentuk ikatan setelah mengalami gelatinisasi. Selain perekat berbasis pati, beberapa penelitian juga menggunakan bahan lain seperti tanah liat dan lem kayu untuk menghasilkan karakteristik briket yang berbeda.

Penggunaan perekat tidak hanya memengaruhi kekuatan mekanik, tetapi juga dapat memengaruhi sifat pembakaran. Penambahan perekat dalam jumlah terlalu tinggi dapat meningkatkan kandungan bahan non-biomassa dalam briket sehingga berpotensi menurunkan nilai kalor per satuan massa dan mengubah kadar abu. Sebaliknya, jumlah perekat yang terlalu rendah dapat menyebabkan ikatan antarpartikel tidak cukup kuat sehingga briket mudah retak atau hancur. Oleh karena itu, terdapat kebutuhan untuk memperoleh jumlah perekat yang cukup untuk mempertahankan integritas fisik briket tetapi tidak memberikan pengaruh negatif yang berlebihan terhadap karakteristik bahan bakar.

Pengaruh komposisi bahan terhadap karakteristik briket juga terlihat pada penelitian yang menggunakan campuran arang tongkol jagung dan arang kulit pinang. Variasi rasio tongkol jagung dan kulit pinang memberikan pengaruh nyata terhadap densitas, kadar air, *volatile matter*, kadar abu, dan *fixed carbon*, meskipun tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai kalor. Perlakuan dengan rasio arang tongkol jagung dan arang kulit pinang sebesar 90:10 menghasilkan densitas 0,66 g/cm³, kadar air 4,23%, *volatile matter* 15,01%, kadar abu 3,68%, *fixed carbon* 77,07%, dan nilai kalor 6528,73 cal/g (Satria et al. 2021). Hasil tersebut menunjukkan bahwa karakteristik akhir biobriket tidak hanya ditentukan oleh jenis bahan baku, tetapi juga oleh komposisi campuran bahan yang digunakan.

Pada penelitian lain, campuran tongkol jagung, sekam padi, dan ampas tebu digunakan untuk menghasilkan biobriket dan kemudian dibandingkan karakteristik fisik, termal, serta kemampuan pembakarannya (Nagarajan and Prakash 2021). Analisis proksimat digunakan untuk menentukan kadar air, *volatile matter*, kadar abu, dan *fixed carbon*, sedangkan analisis ultimat digunakan untuk mengetahui kandungan karbon, hidrogen, dan nitrogen. Pendekatan tersebut menunjukkan bahwa evaluasi kualitas biobriket sebaiknya tidak hanya didasarkan pada satu parameter, tetapi dilakukan secara menyeluruh dengan mempertimbangkan sifat fisik, kimia, dan termal.

Nilai kalor merupakan salah satu parameter utama dalam menentukan kemampuan biobriket sebagai bahan bakar. Semakin tinggi energi yang dilepaskan selama pembakaran, semakin besar pula potensi briket untuk digunakan sebagai sumber energi panas. Nilai kalor dipengaruhi oleh komposisi kimia bahan, terutama kandungan karbon dan komponen organik yang mudah terbakar, serta kadar air dan abu. Penelitian terhadap campuran arang tongkol jagung dan kulit pinang menghasilkan nilai kalor hingga 6528,73 cal/g pada perlakuan terbaik (Satria et al. 2021). Sementara itu, penelitian mengenai campuran serbuk gergaji, sekam padi, dan tongkol jagung untuk bahan bakar *co-firing* menghasilkan nilai kalor sebesar 4248,5 kcal/kg pada komposisi terpilih (Rohmah 2026). Perbedaan nilai kalor tersebut memperlihatkan bahwa jenis bahan baku, komposisi campuran, dan proses pengolahan memberikan kontribusi terhadap karakteristik energi bahan bakar yang dihasilkan.

Kadar air merupakan parameter penting lainnya karena keberadaan air dalam bahan bakar membutuhkan energi selama proses pembakaran untuk menguapkan air tersebut. Kadar air yang tinggi dapat menyebabkan proses penyalaan menjadi lebih sulit dan mengurangi energi efektif yang tersedia untuk menghasilkan panas. Dalam penelitian campuran arang tongkol jagung dan kulit pinang, kadar air pada perlakuan terbaik mencapai 4,23% (Satria et al. 2021). Sementara itu, kajian mengenai pemanfaatan tongkol jagung sebagai briket juga menekankan perlunya proses pengeringan sebelum karbonisasi dan pencetakan karena bahan dengan kadar air yang lebih rendah lebih mudah diproses menjadi bahan bakar padat (Putri et al. 2025).

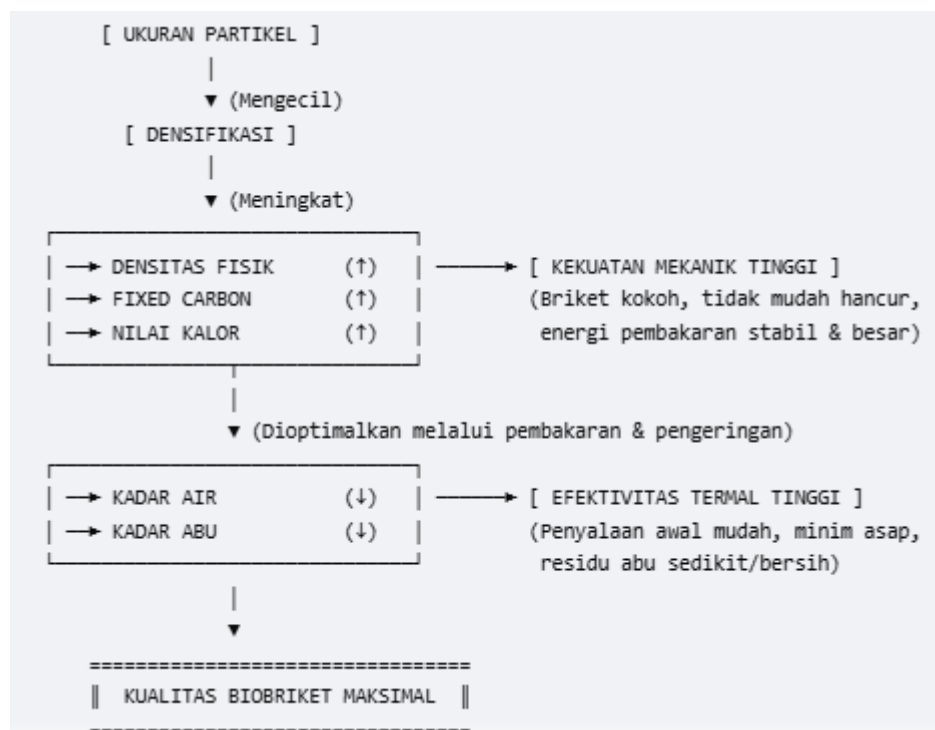
Selain kadar air, kadar abu menjadi parameter penting karena abu merupakan residu anorganik yang tersisa setelah proses pembakaran. Kandungan abu yang terlalu tinggi dapat mengurangi fraksi bahan organik yang berkontribusi terhadap pelepasan energi dan dapat meningkatkan jumlah residu

setelah pembakaran. Penelitian terhadap campuran arang tongkol jagung dan kulit pinang menunjukkan kadar abu sebesar 3,68% pada perlakuan terbaik (Satria et al. 2021). Oleh sebab itu, kadar abu perlu dipertimbangkan bersama dengan nilai kalor dan kadar air dalam menentukan kualitas keseluruhan biobriket.

Dengan demikian, penentuan komposisi biobriket terbaik tidak seharusnya hanya didasarkan pada nilai kalor tertinggi. Briket yang memiliki nilai kalor tinggi tetapi kadar air atau kadar abu yang tinggi belum tentu memberikan performa pembakaran yang optimal. Sebaliknya, briket dengan kadar air rendah, kadar abu rendah, nilai kalor tinggi, serta kekuatan mekanik yang memadai akan memiliki prospek penggunaan yang lebih baik. Oleh karena itu, evaluasi kualitas biobriket perlu dilakukan secara multidimensional dengan mempertimbangkan sifat fisik, kimia, dan termal secara bersamaan.

Tabel 4. Karakteristik biobriket berbasis tongkol jagung dari berbagai penelitian (Orisaleye et al. 2018; Rohmah 2026; Satria et al. 2021; Adiandri et al. 2022)

Bahan/Komposisi	Nilai kalor	Kadar air	Kadar abu	Parameter lain
Tongkol jagung + kulit pinang (90:10)	6528,73 cal/g	4,23%	3,68%	FC 77,07%; VM 15,01%
Tongkol jagung + sekam padi	—	—	—	Kuat tekan hingga 111 kN/m ²
Campuran biomassa untuk <i>co-firing</i>	4248,5 kcal/kg	—	—	Densitas 0,85 g/cm ³
Tongkol jagung	—	—	—	Densifikasi 570–1300 kg/m ³



Gambar 3. Hubungan karakteristik fisikokimia dengan kinerja biobriket

Pemanfaatan tongkol jagung sebagai biomassa energi dapat dilakukan melalui berbagai jalur konversi. Jalur yang paling sederhana adalah pemanfaatan secara langsung atau melalui densifikasi menjadi briket dan pelet. Jalur lainnya meliputi karbonisasi, pirolisis, gasifikasi, maupun konversi biokimia.

Pemilihan jalur konversi sangat bergantung pada karakteristik bahan baku dan produk akhir yang diinginkan. Untuk kebutuhan bahan bakar padat skala rumah tangga maupun industri kecil, pembuatan biobriket merupakan salah satu teknologi yang relatif sederhana karena dapat dilakukan melalui tahapan pengeringan, pengecilan ukuran, karbonisasi, pencampuran perekat, pencetakan, dan pengeringan.

Tongkol jagung juga memiliki potensi untuk menghasilkan produk yang lebih beragam melalui proses pirolisis. Salah satu penelitian mengembangkan sistem katalitik dua tahap untuk meningkatkan uap hasil pirolisis tongkol jagung menjadi senyawa aromatik. Sistem tersebut menghasilkan kandungan aromatik hingga 80,14% dan kandungan BTX sebesar 29,59% pada kondisi katalis tertentu (Ke et al. 2026). Hasil tersebut menunjukkan bahwa pemanfaatan tongkol jagung tidak terbatas pada produksi bahan bakar padat, tetapi juga dapat diarahkan menuju produksi bahan kimia bernilai tambah. Namun, teknologi katalitik semacam ini memiliki kompleksitas yang lebih tinggi dibandingkan pembuatan biobriket sehingga penerapannya memerlukan pertimbangan terhadap kebutuhan energi, biaya katalis, serta kesiapan teknologi.

Pada skala pemanfaatan energi yang lebih luas, tongkol jagung juga berpotensi digunakan sebagai bagian dari campuran biomassa untuk bahan bakar *co-firing*. Penelitian mengenai campuran serbuk gergaji, sekam padi, dan tongkol jagung menunjukkan bahwa formulasi biomassa tertentu dapat menghasilkan karakteristik yang memenuhi sebagian besar indikator yang dipersyaratkan untuk bahan bakar *co-firing*, termasuk analisis proksimat, ultimat, densitas, dan ketahanan mekanik. Salah satu komposisi yang dipilih menghasilkan nilai kalor sebesar 4248,5 kcal/kg dan densitas 0,85 g/cm³ (Rohmah 2026). Temuan tersebut menunjukkan bahwa pemanfaatan tongkol jagung dapat diperluas dari skala rumah tangga menuju sistem energi yang lebih besar melalui pencampuran dengan sumber biomassa lainnya.

Tabel 5. Jalur pemanfaatan tongkol jagung berdasarkan teknologi konversi (Jose et al. 2026; Ke et al. 2026; Putri et al. 2025; Satria et al. 2021; Ajimotokan et al. 2019; Adiandri et al. 2022)

Jalur pemanfaatan	Proses utama	Produk	Tingkat teknologi
Biobriket	Pengeringan → karbonisasi → penggilingan → perekat → pencetakan	Bahan bakar padat	Rendah–menengah
Pelet	Pengeringan → penggilingan → densifikasi	Bahan bakar padat	Menengah
<i>Co-firing</i>	Pencampuran biomassa dengan bahan bakar konvensional	Energi listrik/panas	Menengah–tinggi
Pirolisis	Pemanasan terbatas oksigen	Biochar, bio-oil, gas	Menengah–tinggi
Pirolisis katalitik	Pirolisis + katalis	Senyawa aromatik/BTX	Tinggi
Pretreatment + hidrolisis	Pretreatment → hidrolisis enzimatis	Gula fermentabel	Tinggi

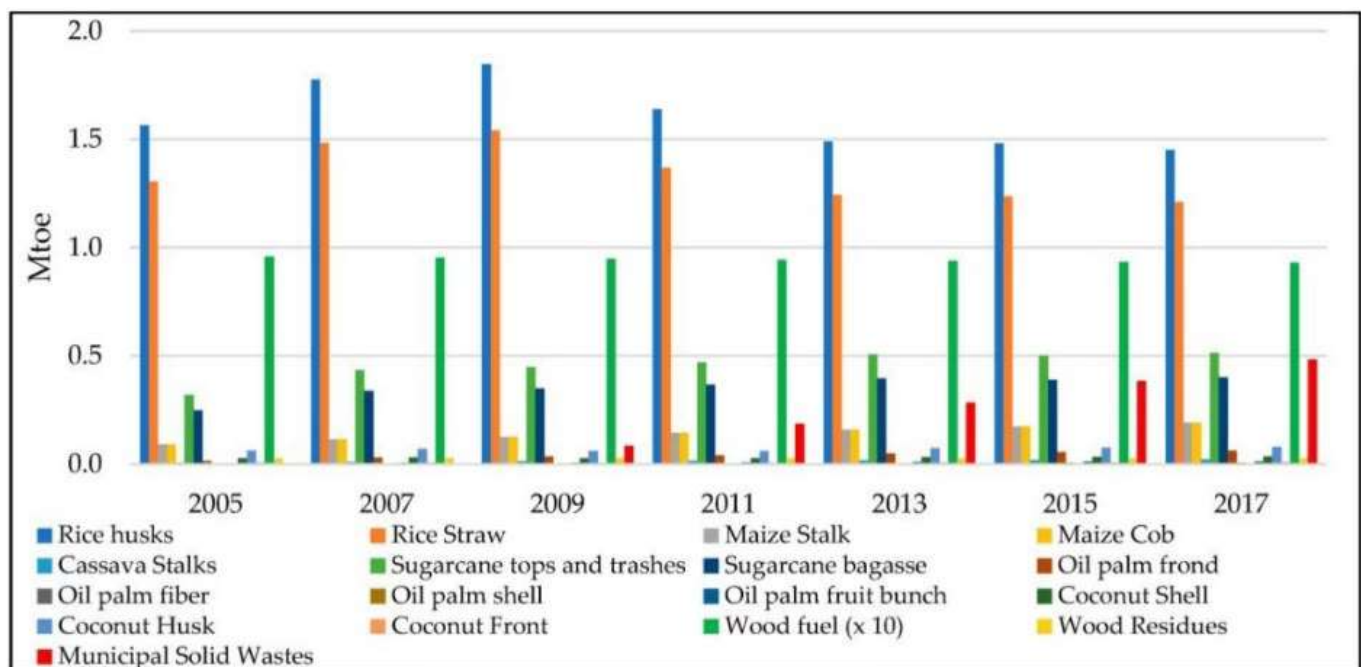
Besarnya potensi pemanfaatan tongkol jagung perlu dilihat dalam konteks ketersediaan biomassa pertanian secara keseluruhan. Limbah pertanian merupakan sumber bahan baku yang relatif tersebar dan tersedia secara berulang mengikuti siklus produksi pertanian. Tongkol jagung merupakan salah satu bagian tanaman yang tersisa setelah biji jagung dipisahkan dan secara umum memiliki nilai ekonomi yang lebih rendah dibandingkan produk utamanya. Pemanfaatannya sebagai sumber energi dapat meningkatkan nilai tambah limbah sekaligus mengurangi permasalahan yang timbul akibat penumpukan atau pembakaran terbuka.

Dari perspektif ekonomi, pemanfaatan tongkol jagung memiliki beberapa keuntungan karena bahan bakunya berasal dari limbah yang tersedia di sekitar sentra produksi pertanian. Teknologi sederhana seperti pengeringan, penggilingan, karbonisasi, pencampuran perekat, dan pencetakan memungkinkan proses produksi dilakukan dengan peralatan yang relatif sederhana. Hal ini memberikan peluang bagi pengembangan usaha berbasis masyarakat di daerah penghasil jagung. Produk berupa

biobriket juga memiliki keunggulan dalam hal kemudahan penyimpanan dan transportasi dibandingkan biomassa dalam bentuk curah karena proses densifikasi meningkatkan kerapatan bahan.

Dalam konteks Indonesia dan kawasan ASEAN, pengembangan biomassa sebagai sumber energi juga memiliki relevansi dengan kebutuhan diversifikasi sumber energi. Ketergantungan terhadap bahan bakar fosil dan meningkatnya kebutuhan energi mendorong perlunya pemanfaatan sumber energi lokal yang dapat diperbarui. Limbah pertanian seperti tongkol jagung dapat menjadi salah satu sumber bahan baku alternatif karena tidak secara langsung bersaing dengan kebutuhan pangan apabila yang dimanfaatkan adalah bagian limbah setelah produk utama dipanen. Dengan demikian, pemanfaatan tongkol jagung memiliki dua fungsi sekaligus, yaitu sebagai alternatif sumber energi dan sebagai pendekatan pengelolaan limbah pertanian.

Secara keseluruhan, hasil berbagai penelitian menunjukkan bahwa kualitas dan potensi energi tongkol jagung sangat dipengaruhi oleh karakteristik bahan baku, metode pretreatment, ukuran partikel, proses karbonisasi, tekanan dan kondisi densifikasi, komposisi bahan, serta jenis dan jumlah perekat. Parameter seperti nilai kalor, kadar air, kadar abu, *volatile matter*, *fixed carbon*, densitas, dan kekuatan mekanik perlu dipertimbangkan secara terpadu untuk menentukan kualitas biobriket. Dengan pengelolaan yang tepat, limbah tongkol jagung tidak lagi dipandang hanya sebagai residu pertanian, tetapi dapat dikonversi menjadi bahan bakar padat dan berbagai produk bernilai tambah. Oleh karena itu, kajian mengenai karakteristik fisik dan kimiawi, pretreatment, preparasi, serta pemanfaatan tongkol jagung menjadi penting untuk mengidentifikasi jalur pemanfaatan yang paling sesuai dengan karakteristik bahan, kebutuhan energi, dan kondisi teknologi yang tersedia.



Gambar 4. Perkiraan Potensi energi biomassa dari sektor pertanian, hutan, dan kota di ASEAN (Tun 2019).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi literatur, tongkol jagung memiliki potensi sebagai biomassa energi karena mengandung komponen lignoselulosa yang dapat dikonversi menjadi bahan bakar padat melalui tahapan pretreatment, preparasi, dan densifikasi. Pretreatment, seperti pengeringan, pengecilan ukuran, pengayakan, dan karbonisasi, berperan dalam memperbaiki karakteristik bahan dan meningkatkan kualitas produk, sedangkan jenis serta jumlah perekat, ukuran partikel, tekanan, dan kondisi pemadatan turut menentukan sifat fisik, mekanik, dan termal biobriket. Kualitas biobriket tidak hanya ditentukan oleh nilai kalor, tetapi juga oleh kadar air, kadar abu, densitas, kekuatan mekanik, dan karakteristik pembakaran. Dengan demikian, pemanfaatan tongkol jagung sebagai biobriket merupakan salah satu alternatif valorisasi limbah pertanian yang berpotensi mendukung penyediaan energi terbarukan sekaligus meningkatkan nilai tambah biomassa, meskipun optimasi komposisi bahan dan kondisi proses tetap

diperlukan untuk memperoleh karakteristik biobriket yang sesuai dengan standar dan kebutuhan pengguna.

Referensi

- Adiandri, R. S., R. Purwadi, Hoerudin, and T. Setiadi. 2022. "Recent Methods in the Pretreatment of Corncob Wastes for Value-Added Bioproducts Carbon Sources Recent Methods in the Pretreatment of Corncob Wastes for Value-Added Bioproducts Carbon Sources." P. 012032 in *The 3rd International Conference on Agricultural Postharvest Handling and Processing*. Bandung: IOP Publishing.
- Ajimotokan, H. A., S. E. Ibitoye, J. K. Odusote, O. A. Adesoye, and P. O. Omoniyi. 2019. "Physico-Mechanical Properties of Composite Briquettes from Corncob and Rice." *Journal of Bioresources and Bioproducts* 4(3):159–65. doi: 10.12162/jbb.v4i3.004.
- Askara. 2023. "Mengubah Limbah Tongkol Jagung Menjadi Pati Pengental Melalui Proses Gelatinisasi." *Askara*. Retrieved September 26, 2026 (<https://www.askara.co/read/2025/09/15/59561/mengubah-limbah-tongkol-jagung-menjadi-pati-pengental-melalui-proses-gelatinisasi>).
- Azis, I. W. 2023. "Gebrakan KKN TIM I Undip Melakukan Penyuluhan Memproduksi Limbah Jagung." *Kumparan*. Retrieved September 26, 2026 (<https://kumparan.com/ichsan-winanda-azis/gebrakan-kkn-tim-i-undip-melakukan-penyuluhan-memproduksi-limbah-jagung-1zp5dwSBefU>).
- Ciurcina, E., S. Paniagua, L. Taboada-ruiz, E. Fuente, L. F. Calvo, F. Suarez-Garcia, M. Diaz-Somoano, and B. Ruiz. 2025. "Corn Cob Biomass Residues: Synergies Between Thermochemical Processes for Biofuel Production and Adsorbent Materials for The Bioenergy Sector." *Renewable Energy* 244:122705. doi: 10.1016/j.renene.2025.122705.
- Direktur Jenderal Kekayaan Intelektual. 2014. *Peraturan Pemerintah Tentang Kebijakan Energi Nasional*. Indonesia.
- Iskandar, Suhendra. 2024. "Analysis of the Impact of Black Tea Waste on The Fertility Quality of Rainbow Chili Plants (*Capsicum Annum* L.)." *Jurnal Pijar MIPA* 19(2):326–30. doi: 10.29303/jpm.v19i2.6473.
- Jose, A. H. M., B. G. Rodrigues, E. A. B. Moura, J. V. S. Motta, R. Moreira, and R. C. L. B. Rodrigues. 2026. "Integrated Twin-Screw Extrusion and Organosolv Pretreatment Efficiently Enhances Cellulose-to-Glucose Conversion and Lignin Recovery from Corn Cobs." *Biomass and Bioenergy* 213:109349. doi: 10.1016/j.biombioe.2026.109349.
- Ke, L., XiongJ., N. Zhou, Q. Zhang, L. Dai, R. Zou, R. Ruan, and Y. Wang. 2026. "Two-Stage Structured Catalysts of Eggshell-Derived CaO@SiC Foam and HZSM-5@SiC Foam for Catalytic Pyrolysis of Corn Cob into Aromatics: Reuse Modes of Two-Stage Catalysts." *Bioresourc Technology* 457:135017. doi: 10.1016/j.biortech.2026.135017.
- Kumaravel, Sakthivel, M. Geetha, Theophile Niyitanga, D. Senthil Kumar, Mysoon M. Al-Ansari, R. Mythili, Sanjeevamuthu Suganthi, L. Gunganathan, A. Murugan, and S. Ragupathy. 2024. "Preparation and Characterization of Activated Carbon from Corn Cob by Chemical Activation and Their Adsorption of Brilliant Green Dye from Wastewater." *Process Safety and Environmental Protection* 188:1338–45. doi: 10.1016/j.psep.2024.05.127.
- Nagarajan, J., and L. Prakash. 2021. "Preparation and Characterization of Biomass Briquettes Using Sugarcane Bagasse, Corncob and Rice Husk." Pp. 4194–98 in *Materials Today: Proceedings*, edited by T. Arunkumar and S. Ramachandran. Sivakasi: Elsevier Ltd.
- Nurwahdaha, Al Arofatus Nainia, Asma Nadia, Ratri Yuli Lestari, and Sunardi. 2018. "Pretreatment Lignoselulosa Dari Jerami Padi Dengan Deep Eutectic Solvent Untuk Meningkatkan Produksi Bioetanol Generasi Dua Lignocellulose Pretreatment of Rice Straw Using Deep Eutectic Solvent to Increase Second--Generation Bioethanol Production." *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan* 10(1):43–54.
- Orisaleye, Joseph Ifeolu, Simeon Olatayo Jekayinfa, Ademola O. Adebayo, Noor A. Ahmed, and R. Pacenka. 2018. "Effect of Densification Variables on Density of Corn Cob Briquettes Produced Using a Uniaxial Compaction Biomass Briquetting Press." *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects* 40(24):3019–28. doi: 10.1080/15567036.2018.1516007.
- Parinduri, Luthfi, and Taufik Parinduri. 2020. "Konversi Biomassa Sebagai Sumber Energi Terbarukan." *Journal of Electrical Technology* 5(2):88–92. doi: 10.30743/jet.v5i2.2885.
- Pratiwi, A. I., and M. Asri. 2018. "ANALISIS PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BIOMASSA BERBASIS

- TONGKOL JAGUNG." *Dielektrika* 5(2):108–15.
- Primadanty, Ria Putri. 2023. "Potensi Biomassa Dalam Transisi Energi Di Indonesia." *Parahyangan Economic Development Review* 2(2):136–43. doi: 10.26593/pedr.v2i2.7707.
- Putri, E. P., B. R. S. P. Putra, and A. H. A. Puteri. 2025. "Alternative Fuel: Bio-Charcoal Briquettes from Corn Cobs." Pp. 135–46 in *Physics and Mechanics of New Materials and Their Applications*, edited by I. A. Parinov, S. H. Chang, N. Sohani, and V. K. Gupta. Surabaya: Springer Cham.
- Rifdah, N. Herawati, and F. Dubron. 2017. "PEMBUATAN BIOBRIKET DARI LIMBAH TONGKOL JAGUNG PEDAGANG JAGUNG REBUS DAN RUMAH TANGGA SEBAGAI BAHAN BAKAR ENERGI TERBARUKAN DENGAN PROSES KARBONISASI." *Distilasi* 2(2):39–46. doi: 10.32502/jd.v2i2.1202.
- Rohmah, A. A. Z. 2026. "Analysis of Characteristics of Biomass Pellets (Sawdust, Rice Husk, and Corn Cob) in Coal Co-Firing Engineering." P. 030006 in *5th International Seminar on Fundamental and Application of Chemical Engineering, ISFACHE2024*, edited by F. Fahmi, O. Rachmaniah, R. P. Anugraha, and N. M. I. P. Suari. Surabaya: American Institute of Physics.
- Satria, M., N. Harun, F. Hamzah, and A. Pramana. 2021. "Characteristics of Charcoal Briquettes Corn Cobs Charcoal with the Addition of Areca Peel Charcoal." *Journal of Physics* 2049(1). doi: 10.1088/1742-6596/2049/1/012082.
- Tun, Maw Maw. 2019. "Biomass Sources and Energy Potential for Energy Sector in Myanmar: An Outlook." *Resources* 8(2):102. doi: 10.3390/resources8020102.
- Yana, Syaifuddin, Nelly, Radhiana, Nasir Ibrahim, Awal Afrizal Zubir, T. M. Zulfikar, and A. Yulisma. 2022. "Dampak Ekspansi Biomassa Sebagai Energi Terbarukan: Kasus Energi Terbarukan Indonesia." *Serambi Engineering* 7(4):4036–50. doi: 10.32672/jse.v7i4.4963.
- Yonanda, A., and E. Daryono. 2025. "Optimization of Natural Adhesive Type and Concentration on Characteristics of Corn Cob Biobriquettes." *Jurnal Teknologi Terapan G Tech* 9(1):304–12. doi: 10.70609/gtech.v9i1.6194.