

# Karakteristik bio-briket kulit durian (*durio zibethinus*) sebagai bahan bakar alternatif terbarukan dengan perekat alami

Elisna Trijayanti

Program Studi Biologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

e-mail: elisnatrijayanti@gmail.com

## Kata Kunci:

bio-briket; karakteristik briket; kulit durian; perekat alami; energi alternatif

## Keywords:

bio-briquettes; briquettes characteristics; durian peel waste; natural adhesive; alternative energy.

## ABSTRAK

Karena bahan bakar fosil tidak terbarukan dan pada akhirnya akan menjadi langka karena pertumbuhan populasi, penting untuk mengeksplorasi sumber energi alternatif yang berkelanjutan (renewable) serta ramah lingkungan. Air, matahari, angin, panas, dan energi biomassa adalah beberapa sumber energi alternatif yang dapat menggantikan bahan bakar fosil. Salah satu energi biomassa dari perkebunan adalah biomassa dari limbah buah durian. Varietas buah Indonesia bernama durian (*Durio zibethinus*) memiliki potensi biomassa yang tinggi jika dimanfaatkan sebagai bahan baku bioenergi karena buah durian mengandung +20,92% daging buah serta limbah berupa biji dan kulit +79,08%. Limbah kulit dan biji durian dapat diubah menjadi bio-briket. Biomassa yang dijadikan fokus dalam penelitian ini adalah biji dan kulit dari buah durian. Tujuan penelitian antara lain memanfaatkan limbah pertanian dan mengidentifikasi sifat bio-briket yang berasal dari kulit durian dan bahan perekat alami seperti biji durian dan tepung tapioka. Metode yang diterapkan dalam penelitian ini melibatkan penggunaan metode eksperimen serta analisis terhadap sifat fisik briket. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bio-briket durian dengan perekat biji durian dan tapioka memiliki durasi pembakaran yang lebih panjang jika dibandingkan dengan arang kayu konvensional. Fakta ini mengindikasikan bahwa melalui proses karbonisasi, bahan baku berupa kulit durian dapat berperan sebagai komponen utama dalam produksi bio-briket. Serta biji durian dan tepung tapioka dimanfaatkan sebagai bahan perekat dengan pertimbangan variasi dalam pencampuran atau penggunaannya.

## ABSTRACT

Since fossil fuels are non-renewable and will eventually become scarce due to population growth, it is important to explore alternative sources of energy that are both renewable and environmentally friendly. Water, solar, wind, heat, and biomass energy are some of the alternative energy sources that can replace fossil fuels. One of the sources of biomass energy from plantations is durian fruit waste. An Indonesian fruit variety called durian (*Durio zibethinus*) has high biomass potential if used as bioenergy raw material because durian fruit contains +20.92% flesh and waste in the form of seeds and skin +79.08%. Durian skin and seed waste can be turned into bio-briquettes. The biomass that is the focus of this research is the seeds and skin of the durian fruit. The research objectives include utilizing agricultural waste and identifying the properties of bio-briquettes derived from durian peels and natural adhesives such as durian seeds and tapioca flour. The method applied in this study involved the use of experimental methods and an analysis of the physical properties of the briquettes. The results showed that durian bio-briquettes with durian seed and tapioca adhesive had a longer burning duration when compared to conventional wood charcoal. This fact indicates that, through the carbonization process, the raw material in the form of durian rind can act as the main component in the production of bio-briquettes. As well as durian seeds and tapioca flour used as adhesives, with consideration of variations in mixing or use.



This is an open access article under the [CC BY-NC-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) license.

Copyright © 2023 by Author. Published by Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

## Pendahuluan

Hingga tahun 2050, kebutuhan energi nasional akan terus meningkat sejalan dengan pertumbuhan penduduk, ekspansi ekonomi, kenaikan biaya energi, dan kebijakan pemerintah. Dalam laporan ESDM tahun 2019, bahan bakar minyak (BBM) yang menyumbang 40,1% dari total kebutuhan energi final pada tahun 2050, akan diikuti oleh listrik (21,3%), gas (17,7%), batubara (11,0%), dan LPG, dengan bahan bakar nabati (BBN) dan biomassa masing-masing kurang dari 4%. Sebagian besar sumber energi ini berasal dari bahan bakar fosil, yang memiliki sejumlah kelemahan lingkungan (Yanti et al., 2022). Fakta bahwa pasokan bahan bakar fosil sangat terbatas sementara permintaan meningkat adalah salah satu masalah utama yang dihadapi banyak negara saat ini. Sebagai sumber energi yang tidak dapat diperbarui, bahan bakar fosil pada akhirnya akan habis. Pemanfaatan bahan bakar fosil memiliki kelemahan, di samping menyebabkan kerusakan pada lingkungan, juga tidak berkelanjutab dan tidak dapat diperbarui. Di sisi lain, tampaknya peningkatan penggunaan bahan bakar fosil inilah yang menyebabkan pemanasan global (Barokah & Abtokhi, 2013).

Sudah saatnya Indonesia mengeksplorasi sumber energi alternatif baru untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Bioenergi, khususnya bahan bakar nabati untuk Bahan Bakar Nabati (BBN), merupakan salah satu jawabannya mengingat Indonesia memiliki sumber daya alam berupa biomassa yang sangat besar yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber bioenergi (Sulistiana, 2012). Energi biomassa adalah salah satu bentuk energi terbarukan yang murah dan berlimpah. Dibandingkan dengan bahan bakar batubara (fosil), energi biomassa memiliki emisi  $\text{SO}_x$  dan  $\text{NO}_x$  yang lebih rendah dan merupakan sumber energi terbarukan. Unsur tumbuhan seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin merupakan contoh komponen penyusun biomassa. Bahan organik seperti daun, ranting, rumput kering, limbah pertanian, dan limbah kehutanan adalah contoh biomassa. Limbah biomassa ini bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk kebutuhan rumah tangga sehari-hari, khususnya untuk memasak. Namun karena masih memiliki kadar air yang tinggi, nilai kalor yang rendah, densitas yang rendah, dan kadar abu yang tinggi, maka pemanfaatan limbah biomassa sendiri kurang efektif. Untuk menghasilkan bensin yang lebih efisien, maka harus didaur ulang (Muzakir et al., 2017).

Kelapa sawit, limbah penggilingan padi, limbah pabrik gula, polywood, kayu, kakao, dan limbah pertanian lainnya merupakan potensi biomassa di Indonesia yang kini banyak dimanfaatkan. Briket adalah salah satu cara pemanfaatan biomassa. Briket telah mendapatkan popularitas sebagai *renewable energy* atau bahan bakar terbarukan baik di bidang industri maupun di bidang rumah tangga karena sejumlah keuntungan, termasuk energi tinggi dan kekuatan tekan, efisiensi, dan kemampuan untuk menciptakan bahan bakar yang bersih (Yulianti et al., 2019). Briket ialah bahan bakar tanpa asap yang ramah lingkungan, tidak membahayakan kesehatan manusia dan merupakan bahan bakar padat yang terbuat dari limbah pertanian. Alternatif bahan bakar untuk minyak bumi termasuk briket. Briket memberikan sejumlah keuntungan jika dibandingkan dengan arang konvensional, termasuk peningkatan panas yang dihasilkan, produksi asap yang lebih sedikit, dan bentuk serta ukuran yang konsisten. Biomassa menjadi komponen utama dalam proses produksi briket, dan dalam penelitian ini, varietas biomassa yang digunakan adalah kulit durian. Bahan bakar diproduksi

dengan mengkarbonisasi, menggiling, menggabungkan, membentuk, dan mengeringkan briket. Secara khusus, kulit dan biji durian, yang merupakan limbah pertanian, belum banyak digunakan dalam keadaan ini. 683.232 ton durian diproduksi secara lokal di Indonesia setiap tahun. Indonesia menghasilkan berbagai macam durian berkualitas tinggi, tetapi mereka juga banyak mengimpor, dan antara tahun 2004 dan 2010, hingga impor durian meningkat (Nuriana et al., 2013).

Salah satu bahan dasar yang dibutuhkan untuk pembuatan briket adalah kulit durian. Nilai kalor limbah kulit durian sebesar 3786,95 kal/g dan hanya digunakan sebagai bahan bakar kompor memasak. Pembuatannya menjadi briket dapat meningkatkan kandungan kalorinya, yaitu 5152 kal/g, meningkatkan nilai ekonomi dan potensi komersial, sekaligus menurunkan sumber pencemaran lingkungan. Pati (5%), lignin (5%), selulosa (50–60%), dan unsur mineral merupakan sebagian besar penyusun limbah kulit durian. Briket kulit durian memiliki nilai kalor yang lebih besar dari cangkang sawit (4439,00 kal/g) tetapi lebih rendah dari tempurung kelapa (8142,68 kal/g). (Hasanah Fajriatun, 2020). Pada kenyataannya, briket kulit durian sangat mirip dengan briket arang kayu dan batok kelapa. Briket seringkali tidak menghasilkan asap dan tidak banyak mencemari udara. Saat musim durian, pasokan limbah kulit durian sangat banyak. Saat dibakar, briket ini mengeluarkan aroma yang harum, membuatnya ideal untuk digunakan di sektor makanan baik dalam skala kecil maupun besar. Briket yang terbuat dari kulit durian memiliki potensi penjualan yang sangat besar di pasar lokal, nasional, dan internasional (Lety Trisnaliani, Ahmad Zikri, 2015).

Pada dasarnya karbonisasi atau *authoring* merupakan tahapan dalam produksi biobriket. Dengan membakar bahan baku asli dalam lingkungan tertutup kecil atau tanpa udara, karbonisasi adalah proses mengubahnya menjadi karbon hitam. Proses karbonisasi bekerja berdasarkan pembakaran biomassa tanpa oksigen, hanya melepaskan komponen yang mudah menguap sambil meninggalkan karbon. Suhu karbonisasi akan memiliki dampak yang signifikan pada karakteristik arang yang dihasilkan, sehingga penentuan suhu yang optimal akan mempengaruhi mutu arang yang terbentuk. Proses pembakaran dianggap berhasil apabila menghasilkan abu yang berwarna putih dan semua potensi energi yang terkandung dalam materi organik dilepaskan ke lingkungan. Meski demikian, dalam proses karbonisasi, energi yang ada dalam bahan dilepaskan dengan kecepatan yang terkendali. Jika proses pembakaran dihentikan secara mendadak ketika bahan masih membakar, hasil akhirnya akan berupa arang dengan warna yang lebih gelap, yakni arang berwarna hitam. Bahan tersebut masih mengandung energi di dalamnya, yang dapat dimanfaatkan untuk memasak, mengeringkan, dan proses lainnya. Bahan organik yang diubah menjadi arang akan mengeluarkan lebih sedikit asap daripada jika dibakar seluruhnya menjadi abu (Asri, 2013).

Volume atau jumlah bahan organik mempengaruhi berapa lama koagulasi berlangsung. jumlah oksigen yang masuk, ukuran parsial bahan, kerapatannya, tingkat kekeringannya, dan jumlah asap yang dihasilkan selama pembakaran. Di bagian bawah terlihat jelas bahwa abu yang tersisa setelah dibakar tidak lagi mengandung energi. Pada sisi lain, arang masih menyimpan sejumlah energi karena transformasinya belum mencapai tahap abu. Tahap ini menjadi titik awal dalam pembentukan briket. Biasanya,

hasil karbonisasi menghasilkan arang yang mempertahankan bentuk aslinya. Oleh karena itu, untuk mencapai konsistensi dalam bentuk dan ukuran arang, diperlukan peralatan atau mesin penggiling yang dilengkapi dengan saringan berukuran 0,1 hingga 0,5 mm. Sesuai dengan ukuran dan kekerasan arang, pertama-tama dihancurkan menjadi potongan-potongan kecil dan kemudian disaring melalui saringan. Jenis alat penggiling yang digunakan bisa sama dengan penggilingan tepung atau bisa juga menggunakan blender (Widarti et al., 2016).

Perekat yang digunakan untuk mengikat karbon agar briket menjadi kokoh merupakan salah satu komponen yang mempengaruhi kualitas briket. Kepadatan, ketahanan tekan, nilai kalor bakar, kadar air, dan kadar abu semuanya dipengaruhi oleh jenis perekat. Briket dibuat dengan menggunakan dua jenis perekat: perekat berasap (tar, pitch, tanah liat, dan tetes tebu) dan perekat yang sedikit berasap (pati, dekstrin, dan tepung beras) (Fardani & Tjahjani, 2018). Briket kekuatan tinggi dengan banyak asap diproduksi dengan menggunakan tar, pitch, tanah liat, dan molase sebagai perekat. Asap yang terkait dengan pembakaran dihasilkan ketika ada zat yang mudah menguap, seperti air, bahan organik, dan lainnya. Meskipun mereka dapat membuat briket tanpa asap dan tahan lama, perekat pati, dekstrin, dan tepung beras tidak mengandung kalori sebanyak arang kayu. Manfaat menggunakan perekat nabati seperti perekat tepung tapioka adalah lebih sedikit lem yang dibutuhkan untuk jenis aplikasi ini dibandingkan dengan perekat hidrokarbon. Namun, satu kekurangannya adalah briket yang dihasilkan memiliki ketahanan terhadap kelembaban yang rendah. Ini terjadi karena sifat dari pati yang mampu menyerap kelembaban dari lingkungan sekitar (Ariyanto et al., 2014). Perekat sebelumnya telah menggunakan tepung tapioka, tepung biji nangka, dan tepung biji durian. Penelitian ini menggunakan tepung biji durian dan tepung tapioka karena biji durian mengandung pati hingga 10% sehingga layak digunakan sebagai perekat.

Sifat-sifat dari biobriket dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti densitas bahan bakar atau densitas arang yang diubah menjadi serbuk, tingkat kehalusan serbuk, suhu proses karbonisasi, serta tekanan yang diterapkan selama tahap pembentukan. Selain itu, hasil dari pencampuran formula juga memiliki dampak pada karakteristik biobriket. Biobriket yang tidak meninggalkan noda hitam di tangan dan memiliki permukaan halus merupakan kualitas biobriket yang sangat baik. Briket juga harus memenuhi persyaratan sebagai berikut untuk digunakan sebagai bahan bakar seperti mudah dihidupkan, tidak berasap. Emisi gas pembakaran tidak mengandung toksisitas apapun, menunjukkan upaya laju pembakaran yang baik (waktu, laju pembakaran, dan suhu pembakaran). Bila disimpan dalam waktu lama, hasil pembakaran dan kandungan air tidak berjamur (Asri, 2013).

Berdasarkan uraian di atas, terdapat peluang untuk melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengoptimalkan pemanfaatan limbah pertanian. Penelitian ini akan fokus pada penggunaan kulit durian sebagai bahan baku utama dan biji durian serta tepung tapioka sebagai bahan perekat alami dalam pembuatan bio-briket. Dengan melakukan pengujian yang mencakup standar kualitas SNI 01-6235-2000, seperti pengukuran kadar air, kadar abu, kadar zat menguap, dan nilai kalor, akan memungkinkan identifikasi karakteristik dari briket yang dihasilkan. Hasil dari penelitian

ini mengindikasikan bahwa briket berbahan dasar kulit durian dengan perekat dari biji durian dan tapioka memiliki durasi pembakaran yang lebih lama jika dibandingkan dengan arang kayu konvensional. Temuan ini memiliki potensi untuk memberikan kontribusi positif dalam pengurangan limbah pertanian dan pengembangan sumber energi alternatif yang lebih efisien (Rumiyanti et al., 2018).

## Pembahasan

Setelah dilakukan penelitian dengan membuat briket dari kulit durian dan perekat alami didapatkan hasil pengujian karakteristik antara briket kulit durian dengan arang konvensional dapat dilihat dalam Tabel 1 sebagai berikut:

**Tabel 1.** Karakteristik briket kulit durian dan arang konvensional

	Asap	Api	Abu	Lama menyala (menit)
Arang	Ada	Ada	Banyak	50
Briket	Tidak ada	Tidak ada	Sangat sedikit	95

Data pada table 1 mengindikasikan bahwa ketika arang konvensional dinyalakan, asap akan muncul. Namun, pada briket dari kulit durian, tidak ada asap yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Irhamni et al (2019) bahwa tidak ada asap yang terbentuk pada tahap awal pembakaran biobriket, mengindikasikan bahwa kualitas briket yang berasal dari limbah kulit durian jauh lebih unggul daripada arang. Api yang mengepul dihasilkan dari proses pemanasan saat arang dinyalakan. Berbeda dengan briket kulit durian yang tidak menimbulkan bara api saat dinyalakan. Waktu yang diperlukan agar briket menyala lebih lama, yakni sekitar 95 menit, jika dibandingkan dengan arang yang hanya memerlukan waktu sekitar 50 menit. Perbedaan ini menunjukkan bahwa briket memiliki daya tahan yang lebih baik terhadap pembakaran, yang secara langsung mengindikasikan bahwa kualitas biobriket lebih tinggi.

Selain itu, kuantitas abu yang dihasilkan oleh briket terbukti tidak konsisten. Fakta ini mengisyaratkan adanya variasi dalam komposisi bahan briket atau proses pembakarannya, sehingga menghasilkan abu dengan jumlah yang lebih sedikit. Pentingnya lamanya nyala api juga dapat dilihat dari aspek kualitas biobriket. Semakin lama nyala api berlangsung, semakin baik biobriket yang dihasilkan. Faktor ini berkaitan dengan kemampuan briket untuk menghasilkan panas yang stabil dan efisien selama periode yang lebih lama, yang berkontribusi pada efektivitas briket sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan. Di sisi lain, aspek ramah lingkungan juga menjadi poin kunci dalam perbandingan ini. Biobriket dari limbah kulit durian menunjukkan keunggulan dalam hal ini karena tidak menghasilkan asap saat pembakaran awal, yang secara tidak langsung mengindikasikan tingkat emisi yang lebih rendah dan dampak lingkungan yang lebih positif (Irhamni et al., 2019).

Dibandingkan dengan wangi aromatik briket kulit durian, arang konvensional memiliki aroma yang kurang kuat. Karena minyak atsiri yang terkandung dalam briket kulit durian memiliki aroma tertentu dan cepat menguap. Karena itulah, ketika briket kulit durian dibakar, kandungan minyak atsiri inilah yang menyebabkan munculnya

aroma yang sedap. Sedangkan arang biasa sendiri tidak berbau harum karena tidak mengandung minyak atsiri. Hanya ada satu minyak esensial yang ditemukan pada tumbuhan berkayu, dan itu adalah kayu manis. Banyak yang menyebut minyak atsiri, sering disebut minyak terbang, sebagai minyak yang terbuat dari tanaman yang konstituennya mudah menguap. Karena kemampuannya yang unik untuk memberikan aroma atau bau, sering disebut sebagai minyak esensial atau minyak essen dalam bahasa lain (Suwaedi, 2018).

## Kesimpulan dan Saran

Kulit durian merupakan salah satu bahan dasar yang digunakan untuk membuat briket. Terdapat perbedaan antara arang konvensional dan briket kulit durian dalam pembakaran. Arang menghasilkan asap saat dinyalakan, sementara briket kulit durian tidak menghasilkan asap pada tahap awal pembakaran. Hal ini menunjukkan kualitas unggul briket kulit durian dibanding arang konvensional. Briket juga memiliki waktu menyala lebih lama (95 menit) dibanding arang konvensional (50 menit), menunjukkan daya tahan dan kualitas yang lebih tinggi. Kuantitas abu briket tidak konsisten, mengindikasikan variasi dalam komposisi bahan atau proses pembakaran, serta kemampuan briket menghasilkan panas stabil dan efisien. Briket kulit durian ramah lingkungan karena tidak menghasilkan asap pada proses pembakaran, menunjukkan emisi rendah. Aroma briket kulit durian lebih kuat karena minyak atsiri yang cepat menguap, sementara arang konvensional tidak memiliki aroma harum karena tidak mengandung minyak atsiri. Untuk melihat keistimewaan masing-masing bahan utama dan perekat serta kondisi ideal briket yang dihasilkan, penelitian ini dapat dilanjutkan dengan mengubah bahan utama, jenis perekat lain, dan rasio perekat lainnya.

## Daftar Pustaka

- Ariyanto, E., Karim, M. A., Firmansyah, A. (2014). Biobriket Enceng Gondok (Eichhornia Crassipes) Sebagai Bahan Bakar Energi Terbarukan. *Reaktor*, 15(1), 59. <https://doi.org/10.14710/reaktor.15.1.59-63>
- Asri, S. (2013). Efisiensi Konsentrasi Perekat Tepung Tapioka Terhadap Nilai Kalor Pembakaran pada Biobriket Batang Jagung (*Zea mays L.*). *Jurnal Teknosains*, 7, 78–89.
- Barokah, Q., & Abtokhi, A. (2013). Analisis Kadar Glukosa Pada Biomassa Bonggol Pisang Melalui Paparan Radiasi Matahari, Gelombang Mikro, Dan Hidrolisis Asam. *Jurnal Neutrino*, 123–132. <https://doi.org/10.18860/neu.v0io.2440>
- Fardani, A. R., & Tjahjani, S. (2018). Pembuatan Dan Karakterisasi Campuran Kulit Durian (*Durio Zibethinus Murr.*) Dan Buah Bintaro (*Cerberra Odollam G.*) Sebagai Bahan Bakar Briket Production And Characterization Peel Of Durian (*Durio Zibethinus Murr.*) And Bintaro (*Cerberra odollam G.*) Mixture as briquette fuel. *UNESA Journal of Chemistry*, 7(3).
- Hasanah Fajriatun, T. S. (2020). Pembuatan dan Karakterisasi Briket Campuran Kulit Durian (*Durio Zibethinus Murr*) dan Tempurung Keluwak (*Pangium Edule*) sebagai Bahan Bakar Alternatif Syenthesis and Characterization of Mixed Briquettes Durian (*Durio Zibethinus Murr*) and Keluwak Shell (Pan. *Journal of Chemistry*, 9(2),

- 128–136.
- Irhamni, I., Saudah, S., Diana, D., Ernilasari, E., Suzanni, M. A., & Israwati, I. (2019). Karakteristik Briket yang Dibuat dari Kulit Durian dan Perekat Pati Janeng. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 41(1), 11. <https://doi.org/10.24817/jkk.v41i1.3934>
- Lety Trisnaliani, Ahmad Zikri, E. A. (2015). Sebagai Produk Briket Di Wilayah Warga Rt . 19. *Snapttekmas*, 1(2).
- Muzakir, M. T., Nizar, M., & Yulianti, C. S. (2017). Pemanfaatan kulit buah kakao menjadi briket arang menggunakan kanji sebagai perekat. *Jurnal Serambi Engineering*, 2(3), 124–129.
- Nuriana, W., Anisa, N., & Martana. (2013). Karakteristik biobriket kulit durian sebagai bahan bakar alternatif terbarukan. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 23(1), 70–76. <http://jamu.journal.ipb.ac.id/index.php/jurnaltin/article/view/7236>
- Rumiyanti, L., Irminda, A., & Hendronursito, Y. (2018). Analisis Proksimat Pada Briket Arang Limbah Pertanian. *Spektra: Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 3(1), 15–22. <https://doi.org/10.21009/spektra.031.03>
- Sulistiana, I. T. (2012). Uji Kalor Bakar Bahan Bakar Campuran Bioetanol Dan Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Neutrino*, 3(2), 163–174. <https://doi.org/10.18860/neu.v0i.1653>
- Suwaedi, O. (2018). Pemanfaatan Limbah Serbuk Gergaji Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Briket. *Biosel: Biology Science and Education*, 7(2), 204. <https://doi.org/10.33477/bs.v7i2.656>
- Widarti, B. N., Sihotang, P., & Sarwono, E. (2016). Penggunaan Tongkol Jagung Akan Meningkatkan Nilai Kalor Pada Briket. *Jurnal Integrasi Proses*, 6(1), 16–21. <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jip> Submitted
- Yanti, R. N., Ratnaningsih, A. T., & Ikhsani, H. (2022). Pembuatan bio-briket dari produk pirolisis biochar cangkang kelapa sawit sebagai sumber energi alternatif. *Jurnal Ilmiah Pertanian*, 19(1), 11–18. <https://doi.org/10.31849/jip.v19i1.7815>
- Yulianti, E., Jannah, R., Khoiroh, L. M., & Istighfarini, V. N. (2019). Briket Arang Tempurung Kawista (*Limonia acidissima*) Teraktivasi NaOH dengan Perekat Alami. *Al-Kimiya*, 6(1), 1–8. <https://doi.org/10.15575/ak.v6i1.4798>