



Pengolahan Briket Dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Perekat Kanji Sebagai Energi Alternatif

Istiqamah*, Zahratunnisa Rahmadina

Universitas Islam Negeri Antasari, Banjarmasin, Indonesia

*Surel penanggung jawab tulisan: istiqamah@uin-antasari.ac.id

Article History

Received: 22 October 2025. Received in revised form: 28 November 2025.

Accepted: 06 January 2026. Available online: 31 May 2026.

Abstrak. Menurunnya ketersediaan minyak bumi yang berbanding terbalik dengan meningkatnya kebutuhan energi mendorong pemanfaatan energi alternatif yang lebih berkelanjutan. Salah satu alternatif potensial adalah briket dari limbah tandan kosong kelapa sawit, yang kualitasnya dipengaruhi oleh jenis perekat yang digunakan. Penelitian ini merupakan eksperimen dengan pendekatan kuantitatif dan kualitatif untuk menganalisis pengaruh variasi perekat, yaitu tepung kanji yang memiliki daya rekat tinggi, tepung sagu yang bersifat elastis, dan limbah nasi yang mudah mengikat partikel arang. Kualitas briket dinilai berdasarkan lama menyala, aroma asap, dan tekstur. Data dikumpulkan melalui observasi dan angket, dengan analisis deskriptif kuantitatif dan kualitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa formulasi terbaik adalah perbandingan 70 gr arang tandan buah kelapa sawit kosong dengan 50 gr pengikat pati dan 110 ml air, yang menghasilkan briket dengan durasi pembakaran optimal, tanpa bau, dan tekstur yang padat.

Kata Kunci: Ketersediaan Minyak Bumi, Perekat, Tandan Kosong Kelapa Sawit

Abstract. The decreasing availability of petroleum, coupled with the increasing demand for energy, drives the utilization of more sustainable alternative energy sources. One promising alternative is the briquette made from oil palm empty fruit bunch waste, the quality of which is influenced by the type of binder used. This study is an experiment with both quantitative and qualitative approaches to analyze the effect of binder variations, namely starch flour with high adhesive properties, sago flour which is elastic, and rice waste which easily binds charcoal particles. The quality of the briquettes is assessed based on burn duration, smoke odor, and texture. Data were collected through observation and questionnaires, with both quantitative and qualitative descriptive analysis. The results showed that the best formulation was a ratio of 70 gr of empty oil palm fruit bunch charcoal to 50 gr of starch binder to 110 ml of water, which produced briquettes with optimal burning duration, no odor, and a dense texture.

Keywords: Adhesives, Availability of Crude Oil, Empty Palm Fruit Bunches

1. PENDAHULUAN

Ketersediaan energi fosil, khususnya minyak bumi, semakin mengkhawatirkan karena sifatnya yang tidak dapat diperbarui. Berdasarkan laporan British Petroleum (2024), cadangan minyak bumi global mencapai 1,57 triliun barel, dengan 67,3% berada di kawasan Timur Tengah. Namun, laporan International Energy Agency (2024) menunjukkan bahwa cadangan tersebut terus menurun, sementara permintaan minyak dunia diperkirakan mencapai 104,25 juta barel per hari pada tahun 2024. Kondisi ini membuat ketergantungan terhadap energi fosil tidak lagi berkelanjutan dan menuntut pengembangan energi alternatif. Pemerintah Indonesia turut mendorong pemanfaatan energi terbarukan sebagaimana tercantum dalam Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) No. 12 Tahun 2017 tentang Pemanfaatan Limbah Biomassa untuk Energi.

Salah satu sumber biomassa yang berpotensi besar adalah limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Indonesia merupakan negara dengan lahan perkebunan sawit yang sangat luas, termasuk di Provinsi Kalimantan Timur. Berdasarkan data Dinas Perkebunan Provinsi Kalimantan Timur (2021), Desa Olong Pinang di Kabupaten Paser memiliki luas perkebunan sawit mencapai 897,39 hektar dengan produksi mencapai 300 ton tandan buah segar (TBS) per hari pada tahun 2020. Setiap pengolahan 1 ton TBS menghasilkan 20–23% limbah TKKS atau sekitar 200–230 kg (Mandiri, 2012 dalam Susanto *et al.*, 2017). Dengan produksi 300 ton TBS per hari, Desa Olong Pinang menghasilkan sekitar 60–69 ton limbah TKKS setiap harinya.

Meskipun jumlahnya melimpah, pemanfaatan limbah TKKS oleh masyarakat setempat masih sangat terbatas. Berdasarkan hasil observasi di Desa Olong Pinang, limbah TKKS hanya dimanfaatkan sebagian kecil masyarakat sebagai kayu bakar, sementara sebagian besar lainnya dibiarkan menumpuk hingga membusuk. Penumpukan limbah ini berpotensi menimbulkan pencemaran tanah, air, dan udara (bau tidak sedap), sehingga diperlukan pengolahan yang lebih optimal dan bernilai ekonomis. Masyarakat berharap limbah TKKS dapat dimanfaatkan secara lebih produktif untuk mengurangi pencemaran lingkungan sekaligus meningkatkan nilai guna limbah.

Secara ilmiah, potensi TKKS sebagai energi alternatif telah dibuktikan oleh beberapa penelitian sebelumnya. Menurut Muzi *et al.* (2014), tandan kosong kelapa sawit dapat dimanfaatkan menjadi briket, bioetanol, gas metan melalui gasifikasi, hingga bio-oil melalui proses pirolisis. Penelitian Amalia *et al.* (2020) juga menunjukkan bahwa arang TKKS dapat diolah menjadi briket berkualitas baik dengan menggunakan bahan perekat seperti tepung kanji dan air tebu dan menghasilkan nilai kalor, volatile matter, serta kadar karbon terikat yang baik.

Namun, penelitian sebelumnya belum secara spesifik membandingkan kualitas briket TKKS berdasarkan jenis perekat yang digunakan. Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan untuk menentukan bahan perekat terbaik dalam pembuatan briket TKKS dengan indikator kualitas berupa durasi pembakaran, aroma asap, dan tekstur briket. Selain mampu mengurangi pencemaran lingkungan, pengolahan limbah TKKS menjadi briket juga dapat meningkatkan nilai ekonomis limbah serta mendukung ketersediaan energi alternatif yang ramah lingkungan.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan pendekatan campuran (kuantitatif dan kualitatif). Penelitian dilaksanakan di Desa Olong Pinang, Kabupaten Paser, beserta laboratorium sederhana untuk proses pengolahan bahan dan pengujian kualitas briket. Pendekatan kuantitatif digunakan untuk mengukur indikator lama menyala, sedangkan pendekatan kualitatif digunakan untuk menilai aroma asap dan tekstur briket.

2.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi peralatan dasar pengolahan briket seperti wadah pencampur, alat penggiling, cetakan briket manual, alat press, nampan pengering, stopwatch untuk mengukur lama menyala, serta alat pembakaran uji. Bahan utama dalam penelitian ini adalah limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) segar yang baru terlepas dari tandan untuk menjaga kadar air, serta perekat alami berupa tepung tapioka (kanji) dan air sebagai bahan pencampur. Seluruh bahan digunakan sesuai prosedur agar menghasilkan briket yang padat dan mudah diuji.

2.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dilakukan melalui beberapa tahap, meliputi persiapan bahan, penghalusan, pencampuran, pencetakan, pengeringan, hingga uji kualitas dan menentukan sampel terbaik. Persiapan bahan dimulai dengan pembersihan TKKS dari kotoran, kemudian dikeringkan hingga kadar air rendah. Penghalusan dilakukan dengan menggiling TKKS menjadi serbuk halus agar mudah dipadatkan. Pencampuran serbuk TKKS dengan perekat kanji dalam beberapa komposisi untuk menentukan formulasi terbaik. Pencetakan campuran yang dimasukkan ke dalam cetakan dan dipadatkan menggunakan alat press. Pengeringan produk briket yang dikeringkan di dalam oven hingga benar-benar kering. Uji kualitas, meliputi pengujian durasi pembakaran, aroma asap, dan tekstur. Terakhir, penentuan sampel terbaik berdasarkan hasil uji kualitas awal dan lanjutan.

2.4 Parameter Pengamatan

Parameter kualitas briket yang diamati mencakup aspek lama menyala, aroma asap, dan tekstur briket. Lama menyala diukur menggunakan *stopwatch* sejak briket dinyalakan hingga api padam. Aroma asap dinilai secara kualitatif berdasarkan intensitas bau saat pembakaran (netral, ringan, atau menyengat). Tekstur briket diamati dari kekompakan dan kekerasannya setelah pengeringan dan pembakaran.

2.5 Teknik Analisis data

Analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif dan kualitatif. Data kuantitatif diperoleh dari waktu nyala briket yang dicatat secara numerik. Data kualitatif berupa deskripsi aroma asap dan tekstur berdasarkan pengamatan langsung. Setiap sampel diberi kode, ditabulasi, kemudian dibandingkan berdasarkan tiga indikator kualitas (lama menyala, aroma asap, tekstur). Hasil analisis digunakan untuk menentukan komposisi perekat terbaik sesuai acuan penelitian Kambey *et al.* (2021) dan Siregar *et al.* (2023) yang telah dimodifikasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil

Uji kualitas briket dilakukan untuk menilai pengaruh variasi perekat terhadap durasi pembakaran, aroma asap, dan tekstur. Pengujian dilakukan oleh peneliti bersama tiga pegawai laboratorium dan tiga warga sekitar, melalui dua tahap, uji awal dan uji lanjutan. Berikut adalah hasil dari kedua uji tersebut:

3.1.1 Hasil Uji awal

Penelitian awal mengenai kualitas briket bertujuan untuk menentukan konsentrasi optimal arang, variasi perekat, dan air untuk dijadikan briket tandan kosong kelapa sawit. Uji awal ini dilaksanakan secara mandiri oleh peneliti. Hasil dari pengujian awal kualitas briket disajikan dalam data berikut:

Tabel 1. Uji Awal Komposisi Adonan Briket

Sampel	Arang TKKS (gram)	Variasi konsentrasi Perekat (gram)	Air sebagai pelarut (ml)	Keterangan kondisi briket
K1	70 gram	50 gram	110 ml	Briket padat dan layak untuk uji lanjutan
K2	25 gram	15 gram	30 ml	Briket cukup padat, bisa diuji lanjutan
K3	10 gram	15 gram	15 ml	Briket agak rapuh, masih dapat diuji
K4	10 gram	5 gram	15 ml	Briket kurang padat, masih dapat diuji
S1	70 gram	50 gram	110 ml	Briket padat dan layak diuji lanjut
S2	25 gram	15 gram	30 ml	Briket rapuh, tidak layak diuji lanjut
S3	10 gram	15 gram	15 ml	Briket mudah hancur, tidak bisa diuji
S4	10 gram	5 gram	15 ml	Briket hancur, tidak bisa diuji lanjut
N1	70 gram	50 gram	110 ml	Briket padat, bisa diuji lanjut
N2	25 gram	15 gram	30 ml	Briket rapuh, tidak layak diuji lanjut
N3	10 gram	15 gram	15 ml	Briket mudah hancur, tidak bisa diuji
N4	10 gram	5 gram	15 ml	Briket hancur, tidak bisa diuji lanjut

Keterangan:

Kode K : Perekat Kanji

Kode S : Perekat Sagu

Kode N : Perekat Limbah Nasi

1 : pengulangan 1

2 : pengulangan 2

3 : pengulangan 3

4 : pengulangan 4

Hasil uji awal menunjukkan bahwa hanya beberapa sampel yang menghasilkan briket dengan struktur cukup padat sehingga layak diuji lebih lanjut. Pada perekat kanji, seluruh variasi yang diuji menghasilkan briket yang relatif stabil dan memenuhi syarat uji lanjutan. Pada perekat sagu, hanya satu formulasi yang menunjukkan kekompakan yang memadai, sementara variasi lainnya tidak stabil karena mudah rapuh. Adapun perekat limbah nasi hanya menunjukkan satu komposisi yang layak, sementara formulasi lainnya tidak mampu menghasilkan briket dengan kekuatan fisik yang baik.

Secara keseluruhan, data menunjukkan bahwa kanji merupakan perekat yang paling konsisten, sedangkan sagu dan limbah nasi hanya efektif pada komposisi tertentu. Oleh karena itu, sampel yang memenuhi kriteria kekompakan saja yang dilanjutkan ke tahap uji kualitas berikutnya.

3.1.2 Hasil Lanjutan

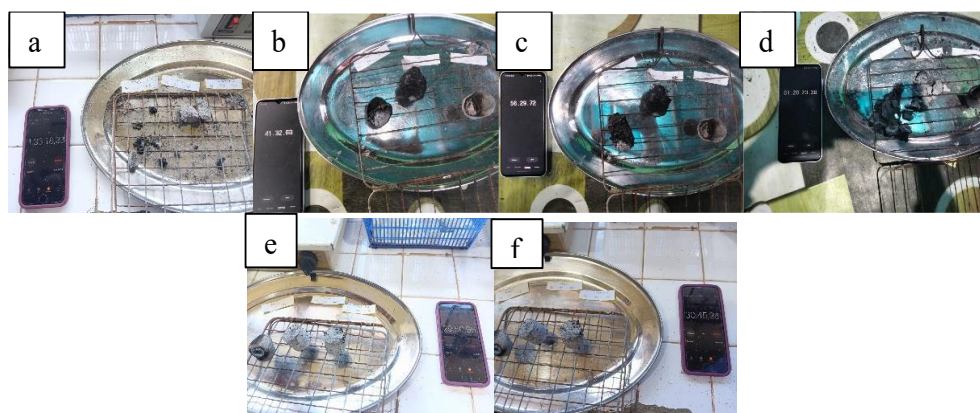
Uji lanjutan ini bertujuan untuk mengetahui kualitas briket berdasarkan parameter lama nyala, aroma asap, dan tekstur briket. Uji lanjutan ini merupakan hasil penelitian yang dilakukan pada uji awal guna mengetahui komposisi adonan briket yang terbaik untuk dilakukan uji lanjutan. Uji lanjutan ini dilaksanakan di Laboratorium PT. Perkebunan Nusantara IV Regional V PKS Long Pinang, dengan kehadiran langsung 3 petugas laboratorium serta 3 masyarakat sekitar pabrik di Desa Olongpinang. Berikut adalah data hasil uji lanjutan:

Tabel 2. Data Hasil Uji Lanjutan

				Parameter Uji		
No.	Komposisi (Arang:Perekat:Air)			Lama Menyala	Aroma asap	Tekstur briket
1	Tepung Kanji	K 1	70 gr : 50 gr : 110 ml	1.33.18 menit/detik	Tidak Berbau	Cukup Padat
2		K 2	25 gr : 15 gr : 30 ml	41.32 menit/detik	Tidak Berbau	Cukup Padat
3		K 3	10 gr : 15 gr : 15 ml	56.29 menit/detik	Tidak Berbau	Cukup Padat
4		K 4	10 gr : 5 gr : 15 ml	1.20.23 menit/detik	Tidak Berbau	Cukup Padat
5	Tepung Sagu	S 1	70 gr : 50 gr : 110 ml	29.50 menit/detik	Sangat Berbau	Padat
6	Limbah Nasi	S 2	70 gr : 100 gr : 50 ml	30.45 menit/detik	Berbau	Padat

Hasil uji menunjukkan bahwa perekat tepung kanji memberikan performa paling stabil dibandingkan dua perekat lainnya. Seluruh variasi (K1–K4) menghasilkan briket yang bertekstur padat, aroma asap relatif netral, dan durasi nyala lebih lama, sehingga menunjukkan efektivitas kanji sebagai perekat utama. Pada tepung sagu (S1), briket memang cukup padat, tetapi aroma asap lebih menyengat dan durasi nyala lebih singkat, sehingga kualitasnya lebih rendah dibandingkan kanji. Sementara itu, perekat limbah nasi (N1) menghasilkan briket dengan tekstur padat namun memiliki aroma asap kurang baik dan durasi nyala tidak sepanjang kanji, sehingga efektivitasnya juga lebih rendah.

Secara keseluruhan, tepung kanji menjadi perekat dengan kinerja terbaik berdasarkan tiga parameter: durasi pembakaran, aroma asap, dan tekstur briket.



Gambar 1. Hasil uji lama menyala briket

Keterangan:

- a. Perekat kanji pengulangan I (K1) 1 jam 33 menit 18 detik
- b. Perekat kanji pengulangan II (K2) 41 menit 32 detik
- c. Perekat kanji pengulangan III (K3) 56 menit 29 detik
- d. Perekat kanji pengulangan IV (K4) 1 jam 20 menit 23 detik
- e. Perekat sagu pengulangan I (S1) 29 menit 50 detik
- f. Perekat limbah nasi pengulangan I (N1) 30 menit 45 detik

3.2. Pembahasan

3.2.1 Uji Awal

Uji awal dilakukan untuk menyeleksi formulasi briket yang memiliki tekstur paling stabil sebelum dilakukan pengujian lanjutan. Dari dua belas sampel yang diuji, hanya beberapa komposisi yang menghasilkan briket yang cukup padat setelah proses penjemuran. Pada perekat tepung kanji, sampel K1 menunjukkan tekstur briket paling stabil. Hasil ini sejalan dengan temuan Amalia *et al.* (2020) yang menyatakan bahwa tepung kanji mampu meningkatkan kerapatan briket karena kandungan amilopektin yang memberikan daya ikat lebih tinggi. Kondisi adonan yang mudah dicetak dan hasil briket yang padat pada formulasi K1 diperoleh karena rasio air dan perekat seimbang sehingga membentuk ikatan antar partikel arang dengan baik.

Untuk perekat tepung sagu, hanya sampel S1 yang menunjukkan briket yang layak diuji lanjutan. Briket pada S2, S3, dan S4 mudah hancur setelah penjemuran. Hasil ini konsisten dengan temuan Thoha & Fajrin (2010) yang melaporkan bahwa tepung sagu memiliki kadar air lebih tinggi sehingga menyebabkan briket menjadi rapuh ketika komposisi perekat terlalu dominan. Dengan demikian, komposisi yang

tidak tepat menghasilkan adonan menyerupai lumpur dan struktur briket yang kurang kompak.

Pada perekat limbah nasi, sampel N1 berhasil membentuk briket padat dan dapat dicetak dengan baik. Namun, sampel N2, N3, dan N4 menghasilkan briket yang berongga dan mudah hancur, terutama setelah penjemuran. Hasil ini selaras dengan penelitian Mokodompit (2011) yang menemukan bahwa penggunaan limbah nasi sebagai perekat memiliki keterbatasan karena kandungan air pada nasi rendaman menyebabkan proses pemadatan tidak optimal dan menurunkan kekuatan briket.

Secara keseluruhan, hasil uji awal menunjukkan bahwa stabilitas briket sangat dipengaruhi oleh keseimbangan komposisi arang, perekat, dan air. Formulasi yang menghasilkan briket padat pada penelitian ini dapat diperoleh karena proporsi perekat tidak terlalu tinggi dan kadar air dalam adonan lebih terkontrol, sesuai teori yang dijelaskan oleh Siregar *et al.* (2023) bahwa rasio bahan dalam adonan sangat menentukan kerapatan dan daya ikat briket biomassa.

3.2.2 Uji lanjutan

Analisis data dari Tabel 2, menunjukkan bahwa perlakuan K1 merupakan konsentrasi perekat yang paling optimal, dengan komposisi 70 gram arang, 7% perekat (50 gram tepung kanji), dan 110 ml air. Briket yang dihasilkan mampu menyala selama 1 jam 33 menit 18 detik, dengan aroma asap yang tidak terlalu kuat dan tekstur briket yang cukup padat. Proses pembakaran briket membutuhkan waktu sekitar 1-2 menit hingga briket menyala. Temuan ini menegaskan bahwa semakin banyak komposisi arang tandan kosong kelapa sawit, maka semakin lama briket akan menyala. Hal ini konsisten dengan penelitian yang dilakukan oleh Artiningsih (2022), yang menunjukkan bahwa peningkatan komposisi arang tandan kosong dalam pembuatan briket akan memperpanjang waktu nyala briket, yang pada gilirannya menandakan kualitas yang lebih baik.

Sedangkan perlakuan S1, dengan komposisi yang sama yaitu 70 gram arang, 50 gram tepung sagu, 110 ml air menunjukkan hasil yang kurang optimal, dengan waktu nyala hanya 29 menit 50 detik. Hal ini mungkin disebabkan oleh sifat lumpur dari bahan perekat sagu, yang sulit untuk menyatu dengan adonan arang. Penelitian Thoha & Fajrin (2010) menjelaskan bahwa penambahan perekat akan berpengaruh

terhadap adonan briket, semakin banyak komposisi perekat maka semakin besar pula kadar air yang dihasilkan maka akan semakin lama laju pembakarannya.

Perlakuan N1 menghasilkan durasi nyala selama 30 menit 45 detik. Kinerja ini dipengaruhi oleh sifat dasar limbah nasi sebagai perekat, yang memiliki kandungan pati terdegradasi dengan daya ikat lebih rendah dibandingkan pati murni. Secara ilmiah, perekat berbasis limbah nasi memiliki kemampuan kerekatan yang lemah karena struktur granula patinya telah mengalami gelatinisasi berulang selama proses pemasakan dan pendinginan, sehingga kekuatan adhesinya menurun. Hal ini sejalan dengan temuan Putra *et al.* (2013), yang menyatakan bahwa limbah nasi memiliki nilai kekuatan ikat lebih rendah dibandingkan pati segar, sehingga briket yang dihasilkan cenderung kurang padat dan memiliki durasi pembakaran yang lebih pendek. Temuan tersebut juga sejalan dengan penelitian Siregar *et al.* (2023), bahwa peningkatan proporsi bahan baku arang TKKS yang memiliki kerapatan lebih tinggi mampu memperpanjang durasi pembakaran, namun efektivitasnya tetap dipengaruhi oleh kualitas perekat yang digunakan. Dengan demikian, hasil durasi nyala pada perlakuan N1 dapat dijelaskan oleh karakter ilmiah limbah nasi yang memang memiliki daya rekat rendah, sehingga menghasilkan briket dengan ketahanan api yang lebih singkat.

4. SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi perekat memberikan pengaruh nyata terhadap mutu briket. Perekat tepung kanji menghasilkan kinerja terbaik, ditunjukkan oleh durasi pembakaran terpanjang yaitu 1 jam 33 menit 18 detik (K1) dan tekstur padat tanpa aroma asap menyengat. Sebaliknya, perekat sagu (S1) hanya mampu menyala selama 29 menit 50 detik, sementara perekat limbah nasi (N1) memiliki durasi 30 menit 40 detik dengan kualitas aroma dan tekstur yang lebih rendah. Dengan demikian, perekat tepung kanji terbukti paling efektif dalam meningkatkan kualitas pembakaran briket dari tandan kosong kelapa sawit.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan artikel berjudul “Pengolahan Briket dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Perekat Kanji sebagai Energi Alternatif.” Ucapan terima kasih disampaikan kepada dosen pembimbing atas bimbingan dan

arahannya, rekan-rekan laboratorium atas bantuan selama proses penelitian, serta tim redaksi jurnal yang telah memberikan kesempatan untuk mempublikasikan hasil penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, N., Kurniawan, E., & Jalaluddin, J. (2020, December). Pemanfaatan arang tandan kosong sawit sebagai bahan bakar alternative dalam bentuk briket. In *Prosiding Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ (SEMNASLIT 2020)*. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaslit/article/view/7812/0>
- Anizar, H., Sribudiani, E., & Somadona, S. (2020). Pengaruh bahan perekat tapioka dan sagu terhadap kualitas briket arang kulit buah nipah. *Perennial*, 16(1), 11-17. <https://journal.unhas.ac.id/index.php/perennial/article/view/9159/pdf>
- Artiningsih, N. K. A. (2022). Pengolahan limbah kelapa sawit menjadi briket mendukung dan mengurangi beban lingkungan. *Jurnal Agrifoodtech*, 1(2). <http://dx.doi.org/10.24259/perennial.v16i1.9159>
- Aziz, M. R., Siregar, A. L., Rantawi, A. B., & Rahardja, I. B. (2019). Pengaruh jenis perekat pada briket cangkang kelapa sawit terhadap waktu bakar. *Prosiding Semnastek*. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek>
- British Petroleum (BP). (2024). *BP statistical review of world energy 2024*. <https://www.bp.com/statisticalreview>
- Dhora, A., & Sihotang, A. (2022). Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan baku briket dengan perekat tepung kanji. *Jurnal Sains dan Ilmu Terapan*, 5(1), 14–17. <https://doi.org/10.59061/jsit.v5i1.63>
- Fatah, A., Rahmi, A., & Biantary, M. P. (2015). Tinjauan potensi tanaman sagu (*Metroxylon sagu* Rottb) sebagai komoditas unggulan di Kabupaten Paser. *Media Sains*, 8(2), 158-167. <https://l1diki11.kemdiktisaintek.go.id/jurnal/d3245e33-3092-11e8-9030-54271eb90d3b>
- International Energy Agency (IEA). (2024). *World energy outlook 2024*. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024>
- Kambey, E., Tooy, D., & Rumambi, D. (2022). Uji kualitas briket sabut kelapa sebagai sumber energi biomassa alternatif. *Cocos*, 15(1), 1-7 <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/cocos/article/view/43000>
- Mokodompit, M. (2011). Pengujian karakteristik briket (kadar abu, volatile matter, laju pembakaran) berbahan dasar limbah bambu dengan menggunakan perekat limbah nasi. *Skripsi*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia. <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/35357>
- Mujiarto, S., Ristianingsih, Y., & Amrullah, A. (2014). Pirolisis limbah tandan kosong kelapa sawit menjadi biomassa sebagai bahan bakar yang aplikatif. *Repo Dosen ULM 2014*. <https://repo-dosen.ulm.ac.id/handle/123456789/9703>

- Mulyadi, M. (2013). Penelitian kuantitatif dan kualitatif serta pemikiran dasar menggabungkannya. *Jurnal Studi Komunikasi dan Media*, 15(1), 128. <https://doi.org/10.31445/jskm.2011.150106>
- Muzi, I., & Mulasari, S. A. (2014). Perbedaan konsentrasi perekat antara briket bioarang tandan kosong sawit dengan briket bioarang tempurung kelapa terhadap waktu didih air. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 8(1), 1978-1988. <https://journal.uad.ac.id/index.php/KesMas/article/view/1036>
- Plomp, T. (2013). Educational design research: an introduction. *Educational design research*, 1, 11-50. https://digilibadmin.unismuh.ac.id/upload/26518-Full_Text.pdf#page=12
- Putra, H. P., Hakim, L., Yuriandala, Y., & K, D. A. (2013). Studi kualitas briket dari tandan kosong kelapa sawit dengan perekat limbah nasi. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 5(1), 27–35. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol5.iss1.art4>
- Ropiudin, R., & Syska, K. (2023). Analisis kualitas biobriket karbonisasi limbah bambu dengan perekat tepung singkong dan tepung nasi aking. *Jurnal Agritechno*, 3(2), 1-12. <https://doi.org/10.20884/1.jaber.2022.3.2.7125>
- Siregar, B. S. A., Ruswanto, A., & Adisetya, E. (2023). Siregar, B. S. A., Ruswanto, A., & Adisetya, E. (2023). Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit dan cangkang biji karet sebagai bahan baku briket arang dengan perekat bentonit. *AGROFORETECH*, 1(3), 1951-1960. <https://jurnal.instiperjogja.ac.id/index.php/JOM/article/view/778>
- Sugiyono. (2021). *Metode penelitian pendidikan pendekatan kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Bandung: PT. Alfabet.
- Susanto, J. P., Santoso, A. D., & Suwedi, N. (2017). Perhitungan potensi limbah padat kelapa sawit untuk sumber energi terbarukan dengan metode LCA. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 18(2), 165. <https://doi.org/10.29122/jtl.v18i2.2046>
- Astuti, A., & Taspika, M. (2015). Pembuatan elektroda karbon berpori dari tempurung kemiri dan perancangan prototipe sistem Capacitive Deionization (Cdi) untuk desalinasi air payau. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 11(1), 100-107. <https://doi.org/10.15294/jpfi.v11i1.4008>
- Thoha, M. Y., & Fajrin, D. E. (2010). Pembuatan briket arang dari daun jati dengan sagu aren sebagai pengikat. *Jurnal Teknik Kimia*, 17(1). <https://ejurnal.com/2015/03/pembuatan-briket-arang-dari-daun-jati.html>