

Dari Limbah Sawit Menjadi Energi: Karakteristik Briket Arang Tandan Kosong dan Pelepah Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) dengan Perekat Pati Bonggol Pisang

Indrawati*, Carolina Diana Mual, Y. R. Gasang

Program Studi Teknologi Produksi Tanaman Perkebunan, Politeknik Pembangunan Pertanian
Manokwari

*Email Korespondensi: indrawatimkw5923@gmail.com

Abstrak

Volume limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan pelepah yang terus meningkat seiring perluasan perkebunan kelapa sawit di Indonesia menuntut solusi pengelolaan yang bernilai tambah dan ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan mengetahui karakteristik briket arang dari TKKS dan pelepah kelapa sawit dengan perekat non-pangan berupa pati bonggol pisang, serta menentukan komposisi terbaik mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-6235-2000. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap non-faktorial dengan lima taraf komposisi bahan baku (P0-P4) dan perekat 20%, diulang empat kali sehingga diperoleh 20 satuan percobaan. Parameter yang diuji meliputi kadar air, kadar abu, kerapatan, suhu, dan lama pembakaran. Hasil penelitian menunjukkan seluruh perlakuan belum memenuhi standar SNI pada parameter kadar air (29,86–34,63%) dan kadar abu (11,24–14,23%), namun nilai kerapatan (0,74–0,86 g/cm³), suhu pembakaran (526–566°C), dan lama pembakaran (117–128 menit) berada pada tingkat yang kompetitif dibandingkan standar internasional. Komposisi P2 (40% TKKS + 40% pelepah + 20% perekat) tampil sebagai formula terbaik dengan suhu pembakaran tertinggi (566°C) dan durasi pembakaran terlama (128 menit), berkat keseimbangan kandungan lignin dari TKKS dan selulosa-hemicelulosa dari pelepah. Temuan ini menegaskan potensi limbah padat kelapa sawit sebagai sumber energi biomassa terbarukan, sekaligus menunjukkan perlunya optimalisasi proses pengeringan untuk menekan kadar air dan abu agar briket memenuhi standar mutu nasional.

Kata Kunci: Briket Arang, Energi Biomassa, Pati Bonggol Pisang, Pelepah Kelapa Sawit, Tandan Kosong Kelapa Sawit

Abstract

The steadily rising volume of empty fruit bunch (EFB) and frond waste from expanding oil palm plantations in Indonesia calls for value-adding and environmentally sound management solutions. This study aimed to determine the characteristics of charcoal briquettes made from EFB and oil palm fronds using a non-food adhesive derived from banana corm starch, and to identify the composition yielding the best briquette quality with reference to Indonesian National Standard (SNI) 01-6235-2000. A non-factorial Completely Randomized Design was applied with five raw-material composition treatments (P0-P4) and a constant 20% binder content, each replicated four times for a total of 20 experimental units. Parameters tested included moisture content, ash content, density, combustion temperature, and burning duration. Results showed that none of the treatments met the SNI standard for moisture content (29.86–34.63%) or ash content (11.24–14.23%), yet density (0.74–0.86 g/cm³), combustion temperature (526–566°C), and burning duration (117–128 minutes) were competitive against international standards. The P2 composition (40% EFB + 40% fronds + 20% binder) emerged as the best-performing formulation, achieving the highest combustion temperature (566°C) and the longest burning duration (128 minutes), attributable to the balanced lignin content from EFB and cellulose-hemicellulose content from fronds. These findings confirm the potential of solid palm oil waste as a renewable biomass energy source, while highlighting the need to optimize the drying process to reduce moisture and ash content so that the briquettes can meet national quality standards.

Keywords: Banana Corm Starch, Biomass Energy Charcoal Briquette, Oil Palm Empty Fruit Bunch, Oil Palm Frond

PENDAHULUAN

Bertambahnya jumlah populasi penduduk dan aktivitas industri akan mendorong meningkatnya kebutuhan energi global maupun nasional yang saat ini pemenuhannya masih didominasi oleh bahan bakar fosil yang bersifat non-terbarukan dan memberikan dampak negatif terhadap lingkungan melalui emisi gas rumah kaca. Banyak negara telah berinovasi untuk menemukan sumber energi baru yang lebih ramah lingkungan dan dapat terbarukan, salah satunya dengan memanfaatkan biomassa yang banyak dihasilkan sektor pertanian ataupun perkebunan seperti kelapa sawit. Indonesia sebagai negara produsen kelapa sawit terbesar di dunia memiliki potensi biomassa yang sangat melimpah terutama dari limbah padatnya di antaranya adalah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dan pelepah kelapa sawit.

Total luas perkebunan kelapa sawit Indonesia hingga tahun 2022 tercatat 16,83 juta ha dengan jumlah produksi 46,82 juta ton TBS (Dirjen Perkebunan, 2024) dan setiap tahunnya akan bertambah mengingat kelapa sawit menjadi salah satu komoditas strategis nasional. Pertumbuhan industri pengolahan kelapa sawit yang masif berdampak linier terhadap kuantitas limbah yang dihasilkan, baik dari fase pembukaan lahan, pemeliharaan tanaman, hingga limbah proses pabrikasi yang menjadi beban ekologis bagi lingkungan. Komponen limbah padat utama dari proses ekstraksi kelapa sawit terdiri dari cangkang atau tempurung, serabut serat, lumpur sawit, bungkil, dan tandan kosong kelapa sawit (TKKS). TKKS menyusun proporsi limbah padat terbesar, yakni mencapai 21-23% dari total volume pengolahan Tandan Buah Segar (TBS). Setiap pengolahan 1 ton TBS dari tanaman kelapa sawit pada fase puncak dipastikan menghasilkan sekitar 220–230 kg TKKS atau setara dengan 7,87 ton per ha pertahunnya, sedangkan untuk limbah pelepah kelapa sawit sekitar 16,3 -10 ton per ha per tahunnya (Pahan, 2006; Aholoukpé et al., 2013).

Sebagian pelaku usaha perkebunan, baik skala rakyat maupun korporasi, masih belum mengelola limbah tersebut secara memadai, sehingga sering menimbulkan konflik sosial akibat pencemaran yang dirasakan masyarakat sekitar. Kondisi ini juga terjadi di areal PT Medco Papua Hijau Selaras, Kabupaten Manokwari, yang mengelola lahan hak guna usaha seluas 20.000 hektare dengan 9.321 hektare di antaranya berstatus tanaman menghasilkan dengan rata-rata produksi 21,6 ton per ha per tahun atau 201.333,6 ton per tahun. Perusahaan ini berpotensi menghasilkan sekitar 46.307 ton tandan kosong kelapa sawit (TKKS) per tahunnya, ditambah limbah pelepah hasil pemangkasan yang diperkirakan mencapai 90.321 ton per tahunnya (Ojaba, N.S, Marlyn N. Lekitoo & Sientje

D. Rumetor, 2021) dan jumlahnya akan terus bertambah setiap tahunnya. Saat ini kedua jenis limbah tersebut umumnya hanya ditimbun secara terbuka (*open dumping*), dibakar, atau disebar sebagai mulsa, menyebabkan tumpukan yang menghasilkan bau gas metana dan berisiko memicu kebakaran yang menimbulkan asap pekat.

TKKS dan pelepah kelapa sawit tergolong biomassa lignoselulosik dengan kandungan serat kasar (selulosa) yang dominan, disertai hemiselulosa dan lignin dalam proporsi lebih kecil (Hizriani, 2023; Fachry et al., 2013). Pelepah kelapa sawit secara spesifik mengandung sekitar 44% bahan kering, 25% selulosa, 18,5% hemiselulosa, dan 23,7% lignin. Karakteristik kimia ini menjadikan kedua limbah tersebut berpotensi diolah menjadi briket arang, sebuah teknologi pemanfaatan biomassa yang relatif sederhana, murah, dan cepat diterapkan, sekaligus dapat menekan volume limbah yang menumpuk di lapangan (Hasanah, Lubis, & Situmorang, 2022). Sebagai bahan bakar padat pengganti kayu bakar, briket arang limbah sawit menawarkan sejumlah keunggulan, antara lain kadar abu yang relatif rendah, minim asap dan bau, daya simpan lama, biaya produksi lebih murah dibanding minyak bumi maupun arang kayu, serta kemudahan dalam penyimpanan dan pengangkutan.

Mutu briket arang-tercermin dari nilai kalor, kadar abu, dan lama pembakarannya-sangat dipengaruhi oleh formulasi bahan baku dan jenis perekat yang digunakan. Perekat berbahan pati, seperti tepung tapioka, sagu, terigu, dan beras, umum dipakai karena menghasilkan asap relatif sedikit dan mudah diperoleh di pasaran. Akan tetapi, keempat sumber pati tersebut juga merupakan bahan pangan manusia, sehingga pemanfaatannya sebagai perekat briket berpotensi menimbulkan persaingan kebutuhan pangan. Pati dari bonggol pisang menjadi alternatif menarik karena selama ini kurang dimanfaatkan (*undervalued*) meskipun kandungan patinya cukup tinggi, dengan komposisi kimia yang secara komparatif menunjukkan kadar air lebih rendah dibandingkan pati singkong maupun sagu, sifat yang secara teoretis menguntungkan bagi kualitas perekat briket. Oleh karena itu pati dari bonggol pisang dapat menjadi alternatif perekat non-pangan dengan kandungan amilosa dan amilopektin yang berperan dalam mengikat partikel arang (Faijah, Fadilah, & Nurmila, 2020; Fawzia, 2011).

Berbagai kajian terdahulu telah mengevaluasi briket dari limbah sawit dengan beragam jenis perekat maupun variasi ukuran partikel, namun kombinasi spesifik antara TKKS, pelepah kelapa sawit, dan perekat pati bonggol pisang pada berbagai rasio campuran belum banyak diteliti, terlebih pada konteks limbah perkebunan sawit di Papua

Barat. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi karakteristik briket arang berbahan TKKS dan pelepah kelapa sawit dengan perekat pati bonggol pisang pada lima komposisi campuran, sekaligus menentukan formulasi yang memberikan kualitas briket terbaik ditinjau dari parameter kadar air, kadar abu, kerapatan, suhu, dan lama pembakaran, mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-6235-2000.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di kampus Politeknik Pembangunan Pertanian (Polbangtan) Manokwari selama tiga bulan dari bulan April sampai dengan Juni 2025, mulai dari penyiapan bahan hingga pengujian sampel di Laboratorium Balai Penerapan Modernisasi Pertanian (BMRP) Papua Barat.

Bahan baku yang digunakan adalah TKKS dari pabrik dan pelepah kelapa sawit hasil pruning yang diperoleh dari Perkebunan PT. Medco Papua Hijau Selaras, serta pati bonggol pisang kepok yang diolah secara basah melalui tahapan pembersihan, pemotongan, penghalusan, pemerasan, dan pengendapan selama beberapa hari hingga diperoleh endapan pati murni.

Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) non-faktorial, di mana komposisi bahan briket menjadi faktor perlakuan dengan lima taraf, masing-masing diulang empat kali sehingga diperoleh 20 satuan percobaan. Taraf perlakuan yang diuji adalah: P0 (TKKS 80% + perekat 20%), P1 (TKKS 50% + pelepah 30% + perekat 20%), P2 (TKKS 40% + pelepah 40% + perekat 20%), P3 (TKKS 30% + pelepah 50% + perekat 20%), dan P4 (TKKS 45% + pelepah 35% + perekat 20%), dengan bobot total tiap satuan percobaan 100 gram.

Prosedur Penelitian

Pelaksanaan penelitian meliputi tiga tahap pelaksanaan, yaitu (1) Tahap persiapan bahan briket meliputi pemilihan TKKS dan pelepah yang dibersihkan dan dipotong kecil (10-15 cm), pengeringan di bawah sinar matahari selama 2-3 hari hingga kadar air rendah, karbonisasi masing-masing bahan secara terpisah di dalam drum pembakaran, serta penghalusan dan pengayakan arang menggunakan mesin copper dan ayakan 40 mesh, (2) tahap pembuatan briket, mencakup pencampuran arang halus dengan larutan perekat pati bonggol pisang (perbandingan pati dan air 1:10, dimasak hingga membentuk gel), pencetakan menggunakan cetakan silinder berdiameter 4 cm dan tinggi 11 cm dengan pengepresan beban 60 kg, serta pengeringan briket cetak di bawah sinar matahari selama dua hari (14 jam) dilanjutkan menggunakan oven bersuhu 60°C selama 3 jam dan (3) tahap

pengujian briket di laboratorium untuk mengukur seluruh parameter mutu yang telah ditetapkan.

Variabel dan Cara Pengukuran

Kadar abu ditentukan dengan membakar 2 gram sampel dalam tanur pengabuan pada suhu 600°C selama 5 jam hingga diperoleh abu berwarna putih, kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang; kadar abu dihitung sebagai rasio berat abu terhadap berat sampel awal. Kadar air dihitung dari selisih berat basah dan berat kering briket dibagi berat basah, dikalikan 100%, yang mencerminkan proporsi air bebas dan air terikat dalam struktur briket.

Kerapatan dihitung dari berat kering briket dibagi volume briket berbentuk silinder ($V = \pi r^2 t$), mengikuti pendekatan yang lazim digunakan pada evaluasi briket biomassa. Lama pembakaran diukur menggunakan stopwatch sejak briket dinyalakan secara merata hingga habis terbakar sempurna. Suhu pembakaran diukur menggunakan termometer gun pada briket yang telah menyala merata, untuk mengetahui puncak panas yang dihasilkan selama proses pembakaran berlangsung.

Analisis Data

Data dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) satu arah untuk menguji pengaruh komposisi bahan terhadap setiap parameter yang diamati. Kriteria pengujian hipotesis menggunakan taraf signifikansi 5%, dengan H_0 (komposisi biomassa tidak berpengaruh terhadap karakteristik briket) ditolak apabila nilai probabilitas kurang dari 0,05.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Briket Arang

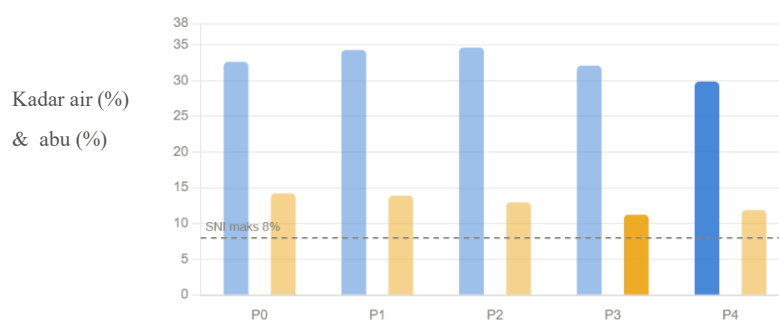
Hasil pengukuran terhadap kelima parameter mutu briket pada lima taraf komposisi disajikan pada Tabel 1. Secara umum, seluruh perlakuan belum mampu memenuhi ambang batas SNI 01-6235-2000 untuk kadar air dan kadar abu (maksimal 8%), sementara parameter kerapatan, suhu pembakaran, dan lama pembakaran telah menunjukkan capaian yang relatif baik dibandingkan rujukan standar briket dari beberapa negara.

Tabel 1. Karakteristik Briket Arang TKKS dan Pelepah Kelapa Sawit Dengan Perekat Pati Bonggol Pisang Pada Lima Komposisi Perlakuan

Parameter	P0	P1	P2	P3	P4	Standar SNI	Keterangan
Kadar air (%)	32,63	34,28	34,63	32,09	29,86	Maks 8%	Belum memenuhi
Kadar abu (%)	14,23	13,90	12,97	11,24	11,89	Maks 8%	Belum memenuhi
Kerapatan (g/cm ³)	0,82	0,82	0,86	0,79	0,74	-	Memenuhi kisaran umum
Suhu (°C)	540	526	566	535	537	-	Optimal
Lama bakar (menit)	117	126	128	124	125	-	Optimal

Kadar Air

Nilai kadar air pada seluruh perlakuan berkisar 29,86-34,63%, jauh melampaui ambang SNI 01-6235-2000 sebesar maksimal 8%, dengan capaian terbaik (terendah) pada perlakuan P4 (TKKS 45% + pelepah 35% + perekat 20%). Tingginya kadar air ini menjadikan briket hasil penelitian belum layak dipasarkan secara komersial, mengingat kadar air tinggi menurunkan nilai kalor karena sebagian besar energi pembakaran justru terpakai untuk menguapkan air yang masih terperangkap dalam struktur briket. Diduga kuat penyebab utamanya adalah proses pengeringan yang mengandalkan sinar matahari secara langsung, di mana bagian luar briket tampak kering namun bagian dalamnya masih menyimpan kelembapan cukup tinggi-kondisi yang konsisten dengan temuan bahwa pengeringan tidak optimal menyebabkan air tidak sepenuhnya menguap dari struktur briket (Wahyudi, 2022).



Gambar 1. Kadar air & kadar abu vs ambang SNI 01-6235-2000 (garis putus-putus = 8%)

Faktor lain yang turut berkontribusi adalah sifat higroskopis perekat nabati pati bonggol pisang itu sendiri; kandungan amilosa dan amilopektinnya diketahui memiliki daya serap air yang tinggi (Muzayanah, 2025), sehingga air cenderung terikat kuat pada matriks perekat. Ukuran partikel arang yang relatif halus akibat proses penghalusan dengan

blender turut memperluas luas permukaan bahan, yang pada gilirannya mempermudah penyerapan air dan menghambat proses pengeringan sempurna (Kurniawan et al., 2020).

Kadar Abu

Kadar abu pada seluruh perlakuan berkisar 11,24-14,23%, juga melampaui standar SNI sebesar maksimal 8%, dengan hasil terbaik pada perlakuan P3 (TKKS 30% + pelepah 50% + perekat 20%). Abu merupakan residu mineral anorganik yang tidak terbakar sempurna selama proses karbonisasi, dan keberadaannya dalam jumlah besar dapat menurunkan nilai kalor bahan bakar. Tingginya kadar abu pada briket TKKS dan pelepah sawit sejalan dengan karakteristik kimiawi kedua bahan tersebut yang secara alami mengandung mineral seperti silika (SiO_2), kalsium oksida (CaO), dan magnesium, yang cenderung tertinggal sebagai residu abu ketika dibakar (Purnama et al., 2019; Syukri et al., 2024).

Kerapatan

Nilai kerapatan briket berkisar 0,74-0,86 g/cm^3 , dengan nilai tertinggi pada perlakuan P2. Meskipun parameter kerapatan tidak diatur secara eksplisit dalam SNI 01-6235-2000, rentang nilai yang diperoleh pada penelitian ini tergolong cukup memenuhi syarat apabila dibandingkan dengan standar briket dari beberapa negara acuan, seperti Jepang (1-1,2 g/cm^3), Amerika Serikat (1 g/cm^3), dan Inggris (0,48 g/cm^3). Kerapatan yang relatif tinggi ini diduga dipengaruhi oleh kombinasi ukuran partikel bahan baku yang halus, tekanan pengepresan yang cukup besar (60 kg), dan sifat perekat pati bonggol pisang yang mampu mengikat partikel arang secara kuat, sebagaimana dilaporkan pada kajian sejenis bahwa partikel halus meningkatkan densitas karena mengisi ruang antar-serat secara lebih efektif (Sukma et al., 2023), sementara kandungan pati dan selulosa dalam perekat berkontribusi mempererat struktur briket (Muzayanah, 2025).

Suhu dan Lama Pembakaran

Suhu pembakaran pada seluruh perlakuan berkisar 526-566°C, berada dalam rentang ideal pembakaran briket biomassa (500-700°C). Suhu tertinggi dicapai oleh perlakuan P2 (566°C), sedangkan suhu terendah tercatat pada P1 (526°C). Sejalan dengan itu, lama pembakaran tertinggi juga dicapai oleh P2 (128 menit), diikuti P1 (126 menit), P4 (124 menit), P3 (122 menit), dan P0 sebagai yang tercepat terbakar habis (117 menit). Keunggulan performa termal P2 diduga bersumber dari komposisi bahannya yang paling seimbang antara TKKS (40%) dan pelepah (40%), yang menggabungkan keunggulan kandungan lignin dari TKKS dengan selulosa dan hemiselulosa dari pelepah sawit,

sehingga menghasilkan pola pembakaran bertahap yang lebih efisien dan berdurasi lebih panjang, sebagaimana dilaporkan pada penelitian sejenis bahwa keseimbangan lignin-selulosa mendukung pembakaran gradual yang efisien (Zulfahmi et al., 2022).

Sebaliknya, briket pada perlakuan P0 yang seluruhnya berbahan TKKS-dengan kandungan lignin sangat tinggi tanpa campuran pelepah-cenderung mengalami oksidasi karbon yang lebih cepat sehingga durasi bakarnya paling singkat, konsisten dengan kesimpulan bahwa kerapatan briket turut berperan menentukan lama pembakaran, di mana briket yang lebih rapat cenderung terbakar lebih lama (Jamilatun, 2012). Nilai kerapatan tertinggi pada P2 (0,86 g/cm³) turut mendukung pola pembakaran bertahap dari permukaan luar ke bagian dalam briket, sehingga suhu dapat bertahan lebih tinggi dan lebih lama dibandingkan perlakuan lainnya.

Implikasi terhadap Pemanfaatan Praktis

Secara keseluruhan, tidak satu pun dari kelima komposisi yang diuji sepenuhnya memenuhi standar mutu SNI 01-6235-2000, khususnya pada parameter kadar air dan kadar abu. Namun demikian, dari sisi performa termal dan fisik, komposisi P2 (TKKS 40% + pelepah 40% + perekat pati bonggol pisang 20%) menunjukkan karakteristik paling unggul, dengan suhu pembakaran tertinggi dan durasi bakar terpanjang di antara seluruh perlakuan. Temuan ini mengindikasikan bahwa kombinasi seimbang antara TKKS dan pelepah kelapa sawit lebih menjanjikan dibandingkan penggunaan salah satu jenis limbah secara dominan, sekaligus menegaskan bahwa perbaikan lebih lanjut-terutama pada aspek pengeringan bahan baku dan briket cetak-menjadi kunci untuk mencapai kesesuaian dengan standar nasional sebelum briket berbahan limbah sawit dan perekat pati bonggol pisang ini dapat diaplikasikan secara komersial.

KESIMPULAN DAN SARAN

Seluruh komposisi briket arang TKKS dan pelepah kelapa sawit dengan perekat pati bonggol pisang yang diuji menunjukkan kadar air (29,86-34,63%) dan kadar abu (11,24-14,23%) yang melampaui ambang SNI 01-6235-2000 (maksimal 8%), dengan capaian terbaik masing-masing pada perlakuan P4 untuk kadar air dan P3 untuk kadar abu. Nilai kerapatan (0,74-0,86 g/cm³) pada seluruh perlakuan berada dalam kisaran yang layak dibandingkan standar internasional. Perlakuan P2 (TKKS 40% + pelepah 40% + perekat 20%) memberikan performa termal terbaik, dengan suhu pembakaran tertinggi (566°C) dan lama pembakaran terpanjang (128 menit). Meskipun belum ada satu pun komposisi yang

sepenuhnya memenuhi standar mutu nasional, formulasi P2 dapat direkomendasikan sebagai kandidat terbaik untuk pengembangan lebih lanjut, dengan catatan diperlukan perbaikan pada proses pengeringan bahan baku maupun produk briket cetak.

Penelitian lanjutan disarankan untuk mengevaluasi nilai kalor, kadar karbon terikat, dan kadar zat terbang (volatile matter) briket TKKS-pelepah kelapa sawit secara lebih komprehensif, serta menggunakan metode pengeringan terkontrol seperti oven digital untuk mengoptimalkan penurunan kadar air dan memastikan briket yang dihasilkan dapat memenuhi standar mutu nasional secara konsisten.

DAFTAR PUSTAKA

- Aholoukpé, H. N. S., Amadji, G. N., Blavet, D., Deleporte, P., Dubos, B., Chotte, J. L., & Cournac, L. (2013). Oil palm frond residue management and its effect on soil characteristics and oil palm growth. *Industrial Crops and Products*, 49, 411–420.
- Akbar, A. A. (2020). Pengaruh Komposisi Perekat Pati terhadap Karakteristik Briket Biopelet dari Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Tepung Porang. Universitas Brawijaya.
- Annesa, F. (2020). Kandungan Nutrisi Silase Pelepah Kelapa Sawit dengan Penambahan Sumber Filtrat dan Level yang Berbeda. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
- Aziz, M. A. (2018). Studi Gasifikasi Berbahan Bakar Briket Batubara terhadap Temperatur Pembakaran.
- 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 Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta*, 141–152.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2024. Statistik Perkebunan Indonesia: Kelapa Sawit. Jakarta: Kementerian Pertanian RI.
- Fachry, A. R., Astuti, P., & Puspitasari, T. G. (2013). Pembuatan Bioetanol dari Limbah Tongkol Jagung dengan Variasi Konsentrasi Asam Klorida dan Waktu Fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia*, 19.
- Faijah, Fadilah, R., & Nurmila. (2020). Perbandingan Tepung Tapioka dan Sagu pada Pembuatan Briket Kulit Buah Nipah (*Nypa fruticans*). *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 6, 201.
- Fawzia. (2011). Tepung Tempe dan Limbah Bonggol Pisang sebagai Industri Rumahan. *Jurnal Kelitbang*.
- Hasanah, U., Lubis, Z., & Situmorang, R. (2022). Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit sebagai Briket Arang.
- Haryanti, A., Norsamsi, N., Fanny Sholiha, P. S., & Putri, N. P. (2014). Studi Pemanfaatan Limbah Padat Kelapa Sawit. *Jurnal Mesil (Mesin Elektro Sipil)*, 4(2), 20.
- Hizriani, N. (2023). Jalujur: Jurnal Pengabdian Masyarakat Penyuluhan Pembuatan Pupuk Organik Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) di Sekolah, 2(2), 69–78.

- Jamilatun, S. (2012). Sifat-Sifat Penyalaan dan Pembakaran Briket Biomassa, Briket Batubara, dan Arang Kayu. *Jurnal Rekayasa Proses*, 2(2), 37–40.
- Kurniawan, E., Nurma, N., & Jalaluddin, J. (2020). Pemanfaatan Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Bahan Bakar Alternatif dalam Pembuatan Briket. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 9(1), 32–45.
- Muzayanah, N. (2025). Pemanfaatan Pati Kulit Singkong dan Selulosa Bonggol Pisang sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioplastik. *Chemtag Journal of Chemical Engineering*, 6(1), 18.
- Pahan, I. (2006). *Panduan Lengkap Kelapa Sawit: Manajemen Agribisnis dari Hulu hingga Hilir*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Ojaba, N.S, Marlyn N. Lekitoo & Sientje D. Rumetor. (2021). Analisis potensi limbah kelapa sawit untuk pakan ternak ruminansia di PT Medco Papua, Kabupaten Manokwari. *Cassowary volume 4 (2) Juni 2021*: 149-158
- Sudiro, S., & Suroto, S. (2014). Pengaruh Komposisi dan Ukuran Serbuk Briket yang Terbuat dari Batubara dan Jerami Padi terhadap Karakteristik Pembakaran. *Journal Sainstech Politeknik Indonusa Surakarta*, 1(2), 1–18.
- Sukma, A. A. S., Padil, & Fadli, A. (2023). Analisa Spesifikasi Fluff, Pellet, dan Briket Pelepah Kelapa Sawit sebagai Biomassa Co-Firing untuk Pembangkit Listrik. *Journal of Bioprocess, Chemical and Environmental Engineering Science*, 4(1), 7–18.
- Syukri, M., Ucha, I., Rangkuti, P., Ali, K., Harahap, T., & Nurhidayat, T. (2024). Pengaruh Variasi Ukuran Partikel pada Pembuatan Bio-Briket dari Pelepah dan Tandan Buah Kosong Kelapa Sawit. 13(2), 146–153.
- Triono, A. (2011). Karakteristik Briket Arang dari Campuran Serbuk Gergaji Kayu Afrika (*Maesopsis eminii* Engl) dan Sengon (*Paraserianthes falcataria* L. Nielsen) dengan Penambahan Tempurung Kelapa (*Cocos nucifera* L.). Institut Pertanian Bogor.
- Wahyudi, M. E. (2022). Analisa Kadar Air dan Nilai Kalor terhadap Briket Bonggol Jagung dan Serabut Kelapa. *Jurnal Mesin Material Manufaktur dan Energi*, 12(1), 48–53.
- Zulfahmi, R., Aminah, A., & Hidayat, D. (2022). Karakteristik Briket dari Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Limbah Pertanian dengan Variasi Komposisi. *Jurnal Bioteknologi Agroindustri*, 10(1), 45–53.