

Fabrikasi Biobriket dari Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Perekat Arpus Menggunakan Metode Pirolisis

Ahdiat Leksi Siregar¹; Hendra Saputra²; Putri Fauziyyah³

^{1,2,3}Program Studi Teknologi Pengolahan Hasil Perkebunan Kelapa Sawit

Politeknik Kelapa Sawit Citra Widya Edukasi – Bekasi

Email Penulis Korespondensi: 1aleksiregar@gmail.com

Abstrak

Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) merupakan limbah padat hasil produksi pabrik minyak kelapa sawit. Setiap 1 (satu) ton Tandan Buah Segar (TBS) dihasilkan 22-23% limbah TKKS. Selain jumlahnya cukup banyak dan memiliki nilai kalor yang tinggi, pemanfaatannya yang masih belum optimal menjadikan TKKS sebagai energi alternatif untuk pembuatan biobriket. Biobriket merupakan bahan bakar padat yang tersusun dari partikel arang halus yang telah mengalami proses pemampatan dengan daya tekan tertentu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pembuatan biobriket dari proses pirolisis TKKS dengan perekat arpus, mengetahui karakterisasi biobriket TKKS dengan perekat arpus yang dihasilkan. Briket kemudian di analisa kadar air, kadar abu, *volatile matter*, *fixed carbon*, nilai kalor, dan waktu bakar pada *wet basis* serta *dry basis*. Hasil yang diperoleh untuk *wet basis* pada kadar air 3.59%, kadar abu 13.26%, *volatile matter* 45.22%, *fixed carbon* 37.93%, nilai kalor 6,533% sementara untuk *dry basis* pada kadar abu 13.75%, *volatile matter* 46.90%, *fixed carbon* 39.35%, nilai kalor 6,776%, dan waktu bakar 35 menit. Hasil disesuaikan dengan standar ASTM.

Kata Kunci

Briket, Tandan Kosong Kelapa Sawit, Perekat Arpus, Pirolisis.

Abstract

Oil Palm Empty Bunches are solid waste produced by palm oil mills. Every 1 (one) tonne of fresh fruit bunches is generated 22-23% of waste. In addition to the large number and high calorific value, the utilization is still not optimal, making oil palm empty bunches an alternative energy for making biobriquettes. Biobriquette is a solid fuel composed of fine charcoal particles that have undergone a compression process with a certain compressive force. This study aims to determine the effect of making biobriquette from the pyrolysis process of oil palm empty bunches with arpus adhesive, to determine the characterization of oil palm empty bunches biobriquette with arpus adhesive. The briquettes were then analyzed for moisture content, ash content, volatile matter, fixed carbon, calorific value, and burning time on the wet and dry basis. The results obtained for the wet basis at a moisture content of 3.59%, 13.26% ash content, 45.22% volatile matter, 37.93% fixed carbon, a calorific value of 6,533% while for dry basis the ash content was 13.75%, 46.90% volatile matter, 39.35% fixed carbon, the heating value is 6.776%, and the burn time is 35 minutes. Results adjusted to ASTM standards.

Keywords

Briquettes, Oil Palm Empty Bunches, Adhesive Arpus, Pyrolysis.

Pendahuluan



sebagai penghasil kelapa sawit terbesar di dunia, tentunya potensi limbah sawit Indonesia juga sangat besar, TKKS (Tandan Kosong Kelapa Sawit) di Indonesia adalah limbah pabrik kelapa sawit yang jumlahnya sangat melimpah. Setiap pengolahan 1 ton TBS (Tandan Buah Segar) akan dihasilkan TKKS (Tandan Kosong Kelapa Sawit) sebanyak 22–23% atau sebanyak 220–230 kg TKKS. Limbah ini belum dimanfaatkan secara baik oleh sebagian besar pabrik kelapa sawit (PKS) dan masyarakat di Indonesia. Pengolahan atau pemanfaatan TKKS oleh PKS masih sangat terbatas. Sebagian besar pabrik kelapa sawit (PKS) di Indonesia masih membakar TKKS dalam *incinerator*, meskipun cara ini sudah dilarang oleh pemerintah. Alternatif pengolahan lainnya adalah dengan menimbun (*open dumping*), dijadikan mulsa di perkebunan kelapa sawit, atau diolah menjadi kompos.

Tandan kosong kelapa sawit merupakan limbah yang banyak mengandung *selulosa*, sehingga masih dapat di manfaatkan sebagai bahan baku bagi produk-produk yang berbasis *selulosa*. TKKS tersusun dari zat penting yang dapat di manfaatkan dan diolah menjadi bahan lain yang bernilai ekonomi. Komponen penyusunnya antara lain *selulosa*, *lignin*, *holoselulosa*, *hemiselulosa*, air dan zat ekstraktif lain. Komposisi zat penyusun TKKS dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Komposisi Zat Penyusun TKKS

Komposisi	Kadar Air %
Kadar Air	8,56
Holoselulosa	25,83
Selulosa	56,49
Hemiselulosa	33,24
Zat Ekstratif lainnya	4,19

Kandungan *selulosa* yang cukup tinggi menjadi potensi besar untuk di manfaatkan menjadi bahan dasar plastik *biodegradable*. Berdasarkan neraca massa bahan, setiap tandan buah segar kelapa sawit yang di olah di pabrik kelapa sawit akan menghasilkan 25-26% TKKS. Ekstraksi selulosa dari sampel TKKS menggunakan larutan NaOH 12% dengan suhu 90-95°C selama 3 jam didapatkan perolehan selulosa rata-rata 44,70% (Saputra, 2023).

Karakteristik biomassa seperti kadar air, ukuran partikel, densitas, bahan yang terkandung Karbon (C), Hidrogen (H), Oksigen (O), Nitrogen (N) dan Sulfur (S), bahan mudah menguap, dan kadar abu mempengaruhi kesesuaian biomassa sebagai bahan bakar (Omar, 2011). Karakteristik ini disebut analisis ultimat dan proksimat.

Analisis ultimat adalah analisa laboratorium untuk menentukan kandungan dalam briket dengan metode tertentu yang dinyatakan dalam persen dan sampel dikeringkan pada suhu 105°C dalam keadaan bebas kelembaban dan abu. Sementara analisis proksimat merupakan cara mengevaluasi briket yang paling sederhana (Muchjidin, 2006).

Pirolisis merupakan salah satu proses konversi biomassa secara termokimia, dimana terjadi destruksi bahan organik dengan panas yang terjadi tanpa oksigen (Prakash & Karunanithi, 2008). Menurut Bridgwater (2004) proses pirolisis dapat dibagi menjadi beberapa macam, yaitu :

1. *Fast Pyrolysis*, yaitu pirolisis yang dilakukan pada suhu tinggi ($\pm 5000\text{C}$), laju transfer panas cepat, mempunyai *vapour residence time* yang pendek (< 2 detik), menghasilkan 75% cairan (25% air), arang 12%, dan gas 13%.
2. *Medium Pyrolysis*, yaitu pirolisis yang dilakukan pada suhu moderat ($< 5000\text{C}$), laju transfer panas sedang, mempunyai *vapour residence time* yang moderat (± 2 detik), menghasilkan 50% cairan (50% air), arang 25%, dan gas 25%.
3. *Slow Pyrolysis*, yaitu pirolisis yang dilakukan pada suhu rendah (50-1000C), laju transfer panas lambat, mempunyai *vapour residence time* yang panjang (> 2 detik), menghasilkan 30% cair (70% air), arang 35%, dan gas 35%.

Briket adalah bahan bakar padat yang dapat digunakan sebagai sumber energi alternative dengan bentuk tertentu. Kandungan air pada pembriketan antara 10–20 %. Ukuran briket bervariasi dari 20–100 gram. Pemilihan proses pembriketan harus mengacu pada segmen pasar agar dicapai nilai ekonomi, teknis dan lingkungan yang optimal (Muzi & Surahma, 2014).

Biobriket dibuat dengan mencampurkan bahan-bahan yang memiliki nilai karbon tinggi dengan tekanan dan suhu tertentu sehingga kadar airnya bisa ditekan seminimum mungkin dan dihasilkan bahan bakar yang memiliki densitas dengan nilai kalor yang tinggi serta asap buangan yang minimum.

Syarat biobriket yang baik adalah biobriket yang permukaannya halus dan tidak meninggalkan bekas hitam di tangan. Selain itu, sebagai bahan bakar, briket juga harus memenuhi kriteria: 1) mudah dinyalakan ; 2) tidak me mengeluarkan asap; 3) emisi gas dan hasil pembakaran tidak mengandung racun; 4) Kadar air dan hasil pembakaran tidak berjamur bila disimpan pada waktu yang lama; dan 5) menunjukkan upaya laju pembakaran, waktu dan suhu pembakaran yang baik.

Tabel 2 Standar Kualitas Nilai Briket (Eka, 2000)

Sifat Briket	Permen ESDM No. 47 Tahun 2006	SNI No.1/6235 /2000	Jepang	Inggris	USA
Moisture (%)	≤ 15	≤ 8	6 - 8	3 - 4	6
Ash (%)	≥ 10	≤ 8	5 - 7	8 - 10	16
Volatile Matter (%)	Sesuai Bahan Baku	≤ 15	15 - 30	16.4	19 - 28
Fixed Carbon (%)	Sesuai Bahan Baku	≥ 77	60 - 80	75	60
Nilai Kalor (Kcal/kg)	4400	≥ 5000	5000 -6000	5870	4000 -6500

Pembuatan briket biomassa memerlukan penambahan bahan perekat untuk meningkatkan sifat fisik dari briket. Adanya penambahan kadar perekat yang sesuai pada pembuatan briket akan meningkatkan nilai kalor briket tersebut. Jenis perekat yang digunakan berpengaruh terhadap

kerapatan, ketahanan tekan, nilai kalor bakar, kadar air, dan kadar abu. Penggunaan jenis dan kadar perekat pada pembuatan briket merupakan salah satu faktor penting dalam pembuatan briket. Pembriketan bertujuan untuk memperoleh suatu bahan bakar yang berkualitas dan dapat digunakan untuk semua sektor sebagai sumber energi pengganti (Prasetya, dkk, 2015).

Pembuatan briket biomassa umumnya memerlukan penambahan bahan perekat untuk meningkatkan sifat fisik dari briket. Hal ini karena sifat alami bubuk arang yang cenderung saling memisah. Dengan bantuan bahan perekat atau lem, butir-butir arang dapat disatukan dan dibentuk sesuai kebutuhan. Pemilihan jenis perekat sangat berpengaruh terhadap kualitas bioarang. Hal ini disebabkan perekat akan mempengaruhi kalor pada saat pembakaran (Muzi dan Mulasari, 2014). Terdapat beberapa jenis bahan baku yang umum dipakai sebagai pengikat untuk pembuatan briket, yaitu:

1. Perekat anorganik

Pengikat anorganik dapat menjaga ketahanan briket selama proses pembakaran sehingga dasar permeabilitas bahan bakar tidak terganggu. Contoh dari pengikat anorganik antara lain semen, lempung, natrium.

2. Perekat organik

Pengikat organik menghasilkan abu yang relatif sedikit setelah pembakaran briket dan umumnya merupakan bahan perekat yang efektif. Contoh dari pengikat organik di antaranya kanji, tar, aspal, amilum, molase dan parafin (Sulistyanto 2006).

Bahan perekat organik yang umumnya digunakan dalam pembuatan briket, yaitu arpus. Gondorukem atau arpus adalah hasil getah dari batang pohon pinus yang disadap dan diolah (disuling). Wujud gondorukem berupa bongkahan–bongkahan kuning padat dan keras seperti gula batu. Kandungan pada gondorukem sebagian besar adalah asam abietat, asam isopimarit, asam laevoabietat, dan asam pimarit. Penggunaannya sebagai bahan pelunak dan plaster serta campuran perban gigi, campuran perona mata (*eyeshadow*) dan penguat bulu mata, serta bahan perekat warna pada industri percetakan (tinta) dan cat (lak).

Metodologi

Alat yang digunakan dalam melaksanakan penelitian ini adalah oven, timbangan analitik, *reactor drum* pirolisis, *thermocouple*, *burner*, pompa, pH meter, pipet tetes, alat pencetak briket, alat pres dan stopwatch. Adapun bahan yang digunakan antara lain TKKS, arpus dan air

Tahap awal penelitian ini adalah persiapan bahan baku. Sampel pelepah dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C selama 12 jam untuk menghilangkan kadar air yang terkandung dalam pelepah.

Tahap selanjutnya adalah proses pirolisis dengan menggunakan *reactor drum* pirolisis dengan suhu pemanasan $\pm 300^{\circ}\text{C}$ dan suhu kondensor 24 °C selama 3 jam. Penghalusan hasil pirolisis dengan Mesh 60. Pembuatan briket (40 gr arang : 20 gr perekat arpus). Pencetakan briket berbentuk

tabung silinder dengan diameter 2,54 cm dan tinggi 2 cm. Dilakukan pengujian analisa kadar air, kadar abu, *volatile matter*, *fixed carbon*, nilai kalor, dan waktu bakar pada *wet basis* serta *dry basis*.

Hasil dan Pembahasan

Hasil Penelitian

Penelitian yang telah dilakukan memperoleh hasil bahwa jenis perekat yaitu arpus dalam pembuat briket dari tandan kosong kelapa sawit berpengaruh terhadap jumlah kadar air, kadar abu, *volatile matter*, *fixed carbon*, dan nilai kalor. Sehingga dari kelima parameter tersebut dapat diperoleh seperti pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Analisis Briket (Standar ASTM)

Parameter Uji	Hasil (komposisi perekat 50%)	
	Wet basis	Dry basis
Kadar air (%)	3,59	-
Kadar abu (%)	13,26	13,75
<i>Volatile matter</i> (%)	45,22	46,90
<i>Fixed carbon</i> (%)	37,93	39,35
Nilai kalor (Kcal/kg)	6.533,00	6.776,00

Tabel 4 Pengujian Waktu Bakar

Sampel	Hasil
1	38 menit
2	34 menit
3	33 menit
Total	35 menit

Kadar Air

Kadar air yang terkandung dalam briket akan mempengaruhi kualitas briket yang dihasilkan serta diharapkan harus serendah mungkin. Hasil penelitian yang dilakukan untuk parameter kadar air pada briket TKKS proses pirolisis dengan perekat arpus pada *wet basis* yaitu 3.59%. Dari hasil uji kadar air menunjukkan bahwa sesuai ASTM yaitu dengan standar 6%. Tingginya kadar air akan menyebabkan penurunan nilai kalor atau daya bakarnya karena panas yang tersimpan dalam briket terlebih dahulu digunakan untuk mengeluarkan air yang ada kemudian menghasilkan panas yang dapat dipergunakan sebagai panas pembakaran (Hendra, 2010).

Kadar Abu

Abu merupakan sisa dari pembakaran dan unsur utama abu adalah mineral silika dan pengaruhnya kurang baik terhadap nilai kalor yang dihasilkan, sehingga semakin tinggi kadar abu yang dihasilkan maka kualitas briket akan semakin rendah (Hendra, 2000). Hasil penelitian yang dilakukan untuk parameter kadar abu pada briket TKKS proses pirolisis dengan perekat arpus pada *wet basis* yaitu 13.26% sementara untuk *dry basis* yaitu 13.75%. Dari hasil uji kadar air menunjukkan bahwa sesuai ASTM yaitu dengan standar 18%. Tingginya kadar abu dipengaruhi oleh pengotor yang terkandung daalam bahan baku sehingga kandungan mineral-mineral dalam arang cukup tinggi dan dalam proses

pembakarannya banyak meninggalkan abu sebagai sisa pembakaran. Selain itu, tingginya bahan abu dapat pula disebabkan karena adanya pengotor eksternal yang berasal dari lingkungan saat proses pembuatan briket. (Purnama dkk, 2012).

Volatile Matter

Volatile matter atau kadar zat menguap adalah zat yang dapat menguap sebagai dekomposisi senyawa-senyawa yang masih terdapat dalam arang selain air. Kandungan kadar zat menguap yang tinggi didalam briket akan menyebabkan asap yang lebih banyak pada saat dinyalakan, apabila CO bernilai tinggi maka hal ini tidak baik untuk kesehatan dan lingkungan sekitar (Miskah, 2014). Hasil penelitian yang dilakukan untuk parameter *volatile matter* pada briket TKKS proses pirolisis dengan perekat arpus pada *wet basis* yaitu 45.22% sementara untuk *dry basis* yaitu 46.90%. Dari hasil uji *volatile matter* menunjukkan bahwa tidak sesuai ASTM yaitu dengan standar 19%. Tingginya *volatile matter* yang terdapat pada briket hasil penelitian ini dipengaruhi oleh *fixed carbon* atau kadar karbon terikat. Menurut Usman (2007) bahwa semakin tinggi kadar zat terbang maka semakin rendah kadar karbon, dan begitu sebaliknya.

Fixed Carbon

Fixed carbon atau kadar karbon terikat menunjukkan banyaknya kandungan unsur karbon yang terdapat dalam briket dan memiliki pengaruh terhadap zat menguap dan suhu karbonisasi. Hasil penelitian yang dilakukan untuk parameter *fixed carbon* pada briket TKKS proses pirolisis dengan perekat arpus pada *wet basis* yaitu 37.93% sementara untuk *dry basis* yaitu 39.35%. Dari hasil uji *fixed carbon* menunjukkan bahwa tidak sesuai ASTM yaitu dengan standar 58%. Rendahnya *fixed carbon* yang terdapat pada hasil penelitian ini dipengaruhi oleh tingginya *volatile matter*. Semakin tinggi kadar *fixed carbon* maka semakin rendah kadar zat menguap dan begitu pula sebaliknya (Sudiyani dkk, 1999).

Nilai Kalor

Nilai kalor sangat menentukan kualitas briket yang dihasilkan. Semakin tinggi nilai kalornya maka semakin tinggi juga kualitas briket yang dihasilkan. Nilai kalor perlu diketahui untuk nilai panas pembakaran yang dapat dihasilkan oleh briket sebagai bahan bakar. Hasil penelitian yang dilakukan untuk parameter nilai kalor pada briket TKKS proses pirolisis dengan perekat arpus pada *wet basis* yaitu 6,533 Kcal/kg sementara untuk *dry basis* yaitu 6,776 Kcal/kg. Dari hasil uji nilai kalor menunjukkan bahwa sesuai ASTM yaitu dengan standar 6,500 Kcal/kg. Menurut Sudrajat (1983) bahwa tinggi rendahnya nilai kalor briket dipengaruhi oleh kadar karbon terikat briket arang.

Waktu Bakar

Kecepatan pembakaran merupakan berkurangnya bobot per satuan menit selama pembakaran. Hasil penelitian yang dilakukan untuk parameter waktu bakar pada briket TKKS proses pirolisis dengan perekat arpus yaitu 35 menit. Menurut Jamilatun (2008) semakin lama waktu bakar yang terjadi semakin baik pula kualitas dan efisiensi pembakaran, semakin lama menyala dengan nyala api konstan juga akan semakin baik.

Kecepatan pembakaran dipengaruhi oleh struktur bahan, kandungan karbon terikat, dan tingkat kekerasan bahan. Secara teoritis jika kandungan senyawa *volatile matter*nya tinggi maka briket akan mudah terbakar dengan kecepatan pembakaran yang tinggi.

Kesimpulan

Hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut : Pembuatan briket tandan kosong kelapa sawit dengan perekat arpus dihasilkan *fixed carbon* pada *wet basis* sebesar 37,93% sementara *dry basis* sebesar 39,35%, nilai kalor pada *wet basis* sebesar 6.533 Kcal/kg sementara *dry basis* 6.776 Kcal/kg, kadar air 3,59%, kadar abu pada *wet basis* sebesar 13,26% sementara *dry basis* sebesar 13,75%, *volatile matter* pada *wet basis* sebesar 45,22% sementara *dry basis* sebesar 46,90%, dan waktu bakar 35 menit. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan jenis perekat pada briket mempengaruhi standar kualitas briket.

Daftar Pustaka

- Abdullah N, Gerhauser H. 2008. *Bio oil derived from empty fruit bunch. Fuel.* 87: 2606-2613.
- Arif, E., Mire, B., Amaliyah, R. & Zain, M. 2012. *Pengaruh Dimensi Partikel Arang Kulit Kakao Terhadap Mutu Briket sebagai Energi Alternatif.* Skripsi. Universitas Hasanuddin. Sulawesi Selatan.
- Atkins, PW., 1990. *Kimia Fisika edisi ke IV.* Erlangga. Jakarta
- Bridgwater, A.V. 2004. Biomass fast pyrolysis, *Thermal Science*, 8(2), 21-49.
- Eka Nuryanto. 2000. Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Sumber Bahan Kimia. *Warta. PPKS 2000*, Vol,8(3):137-144.
- Fatimah, I. 2004. Pengaruh Laju Pemanasan Terhadap Komposisi Biofuel Hasil Pirolisis Serbuk Kayu. 1 1:1-5.
- Hendra dan Darmawan. 2000. Pengaruh Bahan Baku, Jenis Perekat dan Tekanan Kempa Terhadap Kualitas Briket Arang. Dalam *Jurnal Hasil Hutan*. Bogor.
- Hendra, J. 2010. Pemanfaatan Eceng Gondok (*Eichornia crassipes* L.) Untuk Bahan Baku Briket Sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 29 (2) : 189-210.
- Himawanto, D.A. 2003. Pengolahan Limbah Pertanian Menjadi Biobriket Sebagai Salah Satu Bahan Bakar Alternatif. Laporan Penelitian. UNS.
- Jamilatun, S. 2008. Sifat-sifat penyalaaan dan pembakaran briket biomassa, briket batubara dan arang kayu. *Jurnal Rekayasa Proses.* 2 (2) : 65-72.
- Lestari, L., Aripin, Yanti, Zainudin, Sukmawati, Marliani., 2010. *Analisis Kualitas Briket Arang Tongkol Jagung yang Menggunakan Bahan Perekat Sagu dan Kanji.* Universitas Haluoleo. Kendari. *Jurnal Aplikasi Fisika*, vol. 6 no.2
- Ma AN, Yousof B. 2005. Biomass energy from palm oil industry in Malaysia. *Ingenieur.* 27: 18-25.
- Mohammed MAA, Salmiaton A, Wan A, Amran M. 2011. Gasification of oil palm fruit bunch : a characterization and kinetic study. *Bioresource Technology.* 110: 628-636.
- Muchjidin. 2006. *Pengendalian Mutu dalam Industri Batubara.* Institut Teknologi Bandung. Bandung.

- Mulia, 2007. Pemanfaatan Tandan Kosong dan Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Briket Arang. Tesis S2 Universitas Sumatera Utara.
- Muzi, I., dan S. A. Mulasari. 2014. Perbedaan Konsentrasi Perekat antara Briket Bioarang Tandan Kosong Sawit dengan Briket Bioarang Temperatur Kelapa terhadap Waktu Didih Air. 8:2.
- Muzi, Ilham dan Surahma Asti Mulasari. 2014. Perbedaan Konsentrasi Perekat Antara Briket Bioarang Tandan Kosong Sawit Dengan Briket Bioarang Tempurung Kelapa Terhadap Waktu Didih Air. Jurnal. Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta KESMAS, Vol.8, No.1.
- Omar R, Idris A, Yunus R, Khalid K, Aida I. 2011. Characterization of empty fruit bunch for microwave-assisted pyrolysis. Fuel. 90: 1536-1544.
- Prakash N dan Karunanithi. 2008. Kinetic modeling in biomass pyrolysis Review. Journal of applied science research.
- Prasetya Pane, Julham, dkk. 2015. Pengaruh Konsentrasi Perekat Tepung Tapioka Dan Penambahan Kapur Dalam Pembuatan Briket Arang Berbahan Baku Pelepeh Aren (*Arenga Pinnata*). Jurnal. Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.
- Purnama, R. R., A. Chumaidi, And A. Saleh. 2012. Pemanfaatan Limbah Cair CPO Sebagai Perekat Pada Pembuatan Briket dari Arang Tandan Kosong Kelapa Sawit. 18:45.
- Roliadi, Han dan Widya Fatriasari. 2012. Kemungkinan Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Baku Pembuatan Papan Serat Berkerapatan Sedang. Jurnal.
- Saputra, H., Panggabean, W., & Simatupang, D. (2023). Fabrikasi Material Bioplastik Dari Selulosa Hasil Ekstraksi Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Sang Pencerah: Jurnal Ilmiah Universitas Muhammadiyah Buton*, 9(1), 213-221. <https://doi.org/10.35326/pencerah.v9i1.3035>
- Subroto. 2006. Karakteristik Pembakaran Biobriket Campuran Batubara, Ampas Tebu dan Jerami. Media Mesin, Vol. 7, No.2. 47-54.
- Sudiyani, Y., Nurhayati, M. Gopar, H. Udin, Dan Sdijono. 1999. Pengujian Kualitas Arang dan Briket Arang dari Tempurung kelapa Proceeding Seminar Nasional II Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia. Buku I. Yogyakarta.
- Sudrajat, R. 1983. *Pengaruh Bahan Baku, Jenis Perekat dan Tekanan Pengempaan terhadap Kualitas Briket Arang*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian. Bogor.
- Sulistiyanto, A., 2006, Karakteristik Pembakaran Biobriket Campuran Batubara Dan Sabut Kelapa. Vol 7.No.2. pp. 77-84.
- Syamsiro dan Saptoadi, (2007). *Pembakaran Briket Biomassa: Pengaruh Temperatur Udara Preheat*. Prosiding Seminar Nasional Teknologi: Teknologi untuk Kesejahteraan dan Peradaban Bangsa, 24 Nopember, Yogyakarta.
- Triono A. 2006. Karakteristik Briket Arang dari Campuran Serbuk Gergaji Kayu Afrika (*Maesopsis eminii* Engl) dan Sengon (*Paraserianthes facataria* L. Nielsen) dengan Penambahan Tempurung Kelapa (*Cocosmucifera* L.). Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Usman, M.Natsir. 2007. Mutu Briket Arang Kulit Buah Kakao dengan Menggunakan Kanji Sebagai Perekat. 3:57.
- Yang H, Yan R, Chen H, Lee D, Liang D, Zhang C. 2006. Pyrolysis of palm oil waste for enhance production of hydrogen rich gas. Fuel Processing Technology. 87: 935-942.

Ahdiat leksi Siregar dkk

Fabrikasi Biobriket dari Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Perekat Arpus Menggunakan Metode Pirolisis
