

Analisis Temperatur Karbonisasi Pada Biobriket Cangkang Sawit Dengan Perekat Tepung Jagung

Kholiq Deliasgarin Radyantho ^{*1)}, Muhammad Iskandar ^{*2)}, Selvia Nur Qolbi ^{*3)}, Devy Setiorini Sa'adiyah ^{*4)}, Doddy Suanggana ^{*5)}, Faisal Manta ^{*6)}

^{*1-6)}Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan
kholiq.radyantho@lecturer.itk.ac.id

Abstrak

Berdasarkan International Energy Agency (IEA), permintaan energi pada tahun 2030 diproyeksikan meningkat sebesar 45%, dengan rata-rata tingkat pertumbuhan tahunan sebesar 1,6%. Sekitar 80% kebutuhan energi dunia saat ini dipasok oleh bahan bakar fosil. Oleh karena itu, kebutuhan akan pengembangan sumber energi alternatif merupakan suatu keharusan. Salah satu sumber energi alternatif yang paling banyak digunakan adalah biomassa. Bahan organik seperti *biowaste* dapat dijadikan Biomassa. Biobriket merupakan salah satu contoh yang dapat dibuat dari bahan limbah seperti cangkang kelapa sawit yang dibuang dari industri kelapa sawit. Pada penelitian ini, karbonisasi dilakukan pada suhu yang berbeda: 700°C, 600°C, dan 500°C selama satu jam, dengan menggunakan tepung maizena sebagai bahan pengikat. Nilai rata-rata tertinggi diperoleh pada suhu karbonisasi 700°C, dengan Nilai Kalor sebesar 6821,09 kal/g, Kadar Air sebesar 4,56%, dan Volatile Matter sebesar 22,73%. Sedangkan nilai rata-rata terendah diperoleh pada suhu karbonisasi 500°C, dengan Nilai Kalor sebesar 6236,25 kal/g, Kadar Air sebesar 5,86%, dan Volatile Matter sebesar 44,26%. Dari penelitian saat ini, dapat disimpulkan bahwa suhu karbonisasi yang lebih tinggi menghasilkan kualitas biobriket yang lebih baik.

Kata Kunci: biobriket, nilai kalor, kadar air, kadar zat terbang, cangkang sawit

Abstract

Based on the International Energy Agency (IEA), demand of energy at 2030 is projected to increase by 45%, with an average annual growth rate of 1.6%. Around 80% of the world's energy needs are currently supplied by fossil fuels. Accordingly, the need for the development of alternative energy sources is a must. One of the most widely used alternative energy sources is biomass. Organic matters such as bio waste can be made into Biomass. Biobriquettes, are one of example that can be made from waste materials like discarded palm oil shells from the palm oil industry. In this study, carbonization was performed at different temperatures: 700°C, 600°C, and 500°C for an hour, using cornstarch as a binder. The highest average values were obtained at a carbonization temperature of 700°C, with a Calorific value of 6821.09 cal/g, Moisture Content of 4.56%, and Volatile Matter of 22.73%. On the other hand, the lowest average values were obtained at a carbonization temperature of 500°C, with a Calorific value of 6236.25 cal/g, Moisture Content of 5.86%, and Volatile Matter of 44.26%. From the current study, it can be concluded that higher carbonization temperatures result in better quality biobriquettes.

Keywords: biobriquette, calorific value, moisture, volatile matter, palm shell

Pendahuluan

Kondisi pertumbuhan ekonomi dan Perindustrian yang semakin cepat, akan berbanding lurus dengan kebutuhan energi dunia. Umumnya kebutuhan energi dunia masih banyak dihasilkan dari fosil yang penggunaannya terus menerus maka dapat dipastikan ketersediaan bahan bakar tersebut semakin sedikit. Saat ini sumber energi

dunia yang berasal dari bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui membuat berbagai negara segera dapat melakukan suatu perubahan terhadap kebutuhan energi (Suseno, 2013). Salah satu negara yang masih bergantung pada bahan bakar fosil saat ini adalah Indonesia yang di mana energi ini paling banyak digunakan dan akan digunakan secara terus-menerus selama kita belum menemukan energi pengganti yang lebih baik dibandingkan dengan energi yang dihasilkan dari bahan bakar fosil. Energi dibutuhkan dan menjadi sebuah aspek dalam kepentingan dasar dalam proses produksi dalam perindustrian, energi sangat memiliki peran penting sebagai faktor produksi dalam perindustrian dan akan mengalami pertumbuhan produk domestik bruto (PDB) (Setiawan, 2019).

Indonesia memiliki potensi alam untuk sumber energi pengganti bahan bakar fosil. Biobriket merupakan terobosan dalam meminimalisir penggunaan bahan bakar fosil, biobriket sendiri memiliki sifat yang padat yang terbuat dari campuran biomassa yang sangat banyak tumbuh-tumbuhan yang ada di alam bebas. Pasalnya hampir setiap daerah yang ada di Indonesia memiliki lahan perkebunan kelapa sawit yang luas dan berpotensi begitupun dengan limbah yang dihasilkan akan berbanding lurus dengan produksi kelapa sawit. Ada banyak limbah pada kelapa sawit yang masih memiliki banyak manfaat dan dapat digunakan seperti Bongkahan Cangkang Sawit (BCS) yang mampu digunakan sebagai pengganti bahan bakar fosil seperti biobriket (Moeksin, 2017).

Diperkirakan sekitar 53,7 juta ton limbah dihasilkan pada tahun 2020. Limbah-limbah tersebut berasal dari hewani dan juga tumbuh-tumbuhan. Perkebunan seperti kelapa sawit juga dapat menghasilkan limbah yang berarti dapat dipergunakan untuk kebutuhan lain seperti bahan bakar bio/nabati sehingga meningkatkan efisiensi yang lebih maksimal, serta penghematan biaya, serta dapat mengurangi sampah yang ada di bumi (Parinduri, 2020). Sumber energi yang dapat diolah menjadi sebuah energi baru terbarukan yang berasal dari tumbuh-tumbuhan salah satunya adalah limbah dari kelapa sawit yang merupakan sisa hasil pemerasan dari minyak kelapa sawit. Limbah pada kelapa sawit dapat menimbulkan suatu permasalahan seperti estetika lingkungan, penyempitan lahan, dan juga dapat menyebabkan suatu sumber penyakit (Arbi, 2018).

Briket bioarang atau biobriket adalah bahan bakar dalam bentuk padatan yang dikembangkan menjadi alternatif bahan bakar. Keunggulan biobriket proses produksi yang relatif murah serta mudah diaplikasikan (Arifin, 2018). Briket bioarang juga dapat

disebut sebagai biobriket, telah banyak dikembangkan dari bahan limbah alam seperti sampah tempurung kelapa, ampas Jerami dan tebu, cangkang sawit dan yang lainnya (Moeksin, 2017). Proses pembuatan briket juga harus memperhatikan beberapa hal agar tetap terus menjaga karakteristik yang diinginkan. Umumnya faktor yang dapat menjadi pengaruh bagi karakteristik briket adalah massa jenis bahan baku, kehalusan bahan baku, temperatur karbonisasi, dan tekanan yang diberikan pada saat pembuatan briket (Asri, 2013). Adapun penelitian ini difokuskan terhadap faktor bahan baku dan temperatur karbonisasi.

Dalam pembuatan briket dengan menggunakan biomassa maka dapat diperhitungkan bahwa mayoritas limbah pertanian yang ada di dunia mampu untuk membuat briket dengan memperhatikan bahan baku. Briket dapat dibuat dengan apa saja asalkan memenuhi persyaratan umum yaitu dapat dilakukan pengarangannya serta memiliki bahan baku yang memiliki nilai kalor (*calorific value*) tinggi (Wijianti, 2017). Standar mutu bahan baku mengacu pada tabel 1, serta bahan baku utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah cangkang sawit seperti pada gambar 1.

Tabel 1. Standar Kualitas Briket (SNI, 2021)

Parameter	Standar			
	SNI	JIS	BIS	ASTM
Kadar air (%)	≤ 8	6 – 8	3 – 4	6,2
Kadar abu (%)	≤ 8	3 – 6	8 – 10	8,3
Kadar zat terbang (%)	≤ 15	15 – 30	16,4	19 – 28
Nilai Kalor (<i>calorific value</i>) (cal/g)	≥ 5000	5000 – 6000	5870	4000 – 6500
Kadar karbon terikat (%)	≥ 77	60 – 80	75	60



Gambar 1. Cangkang Sawit

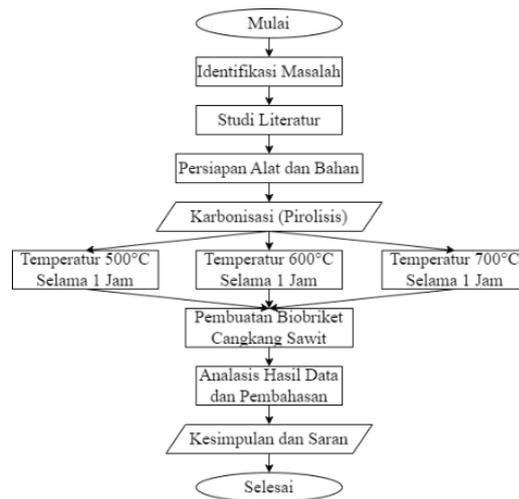
Karbonisasi merupakan sebuah istilah dalam mengubah suatu zat organik menjadi karbon yang memiliki kandungan karbon yang melewati proses Pirolisis atau destilasi destruktif. Proses karbonisasi juga dapat meningkatkan nilai kalor pada biomassa

(Admaja, 2019). Pada proses pembuatan briket yang perlu diperhatikan adalah temperatur pada proses tahap karbonisasi. Hal ini perlu diperhatikan karena temperatur akan selalu memberikan pengaruh kepada komposisi produk hasil dari proses tahap karbonisasi (Hasfianti, 2019). Proses karbonisasi atau proses pengarangan yang umum dilakukan dalam proses pembuatan arang atau proses pembakaran untuk membentuk karbon dengan menguraikan bahan organik. Pada temperatur lebih dari 500°C adalah pembentukan karbon atau tahap pemurnian arang (Maryono, 2013). Dalam proses karbonisasi menggunakan metode *pyrolysis* di mana pada metode ini telah digunakan sejak lama dengan proses pembuatan arang kayu sebagai bahan bakar. Arang juga dapat diaplikasikan secara langsung sebagai bahan bakar, kemudian dipadatkan seperti biobriket, atau dapat juga digunakan sebagai bahan absorpsi seperti karbon aktif, dicampur ke dalam produk minyak. Umumnya dalam melakukan proses karbonisasi dengan metode *pyrolysis* di mana terjadi perubahan kimia organik bahan baku dari struktur kimia menjadi fase gas, yang di panaskan pada rentang temperatur 350°C-800°C di dalam *muffle furnace* (Damanhuri, 2019).

Metode

Dalam penelitian ini, peneliti melakukan proses pembuatan biobriket dan melakukan pengujian nilai kalor, kadar air, dan kadar zat terbang untuk melihat pengaruh variasi temperatur karbonisasi cangkang kelapa sawit terhadap karakteristik briket biomassa cangkang sawit menggunakan perekat tepung jagung. Dengan diagram alir penelitian seperti pada gambar 2.

Pengujian nilai kalor (*calorific value*) memiliki tujuan untuk melihat nilai panas maksimum pembakaran yang dihasilkan pada sebuah biobriket yang disebabkan oleh reaksi pembakaran sempurna persatuan massa atau volume (Admaja, 2019). Salah satu penunjuk kualitas briket yang baik adalah tingginya nilai kalor (*calorific value*) yang dihasilkan. Pada pengujian nilai kalor (*calorific value*) pada briket dapat diperoleh dengan menggunakan instrumen seperti *bomb calorimeter*. Nilai kalor (*calorific value*) yang dihasilkan melalui instrumen tersebut adalah nilai kalor (*calorific value*) atas atau dapat disebut sebagai *high heating value* (HHV) (Elfiano, 2014). Sebaliknya, terdapat juga nilai kalor (*calorific value*) bawah atau dapat disebut sebagai *lowest heating value* (LHV) di mana diasumsikan bahwa nilai kalor (*calorific value*) didapat dari air dan hidrogen yang menguap pada sebuah biobriket (Damanhuri, 2019).



Gambar 2. Diagram Alir.

Pada proses pembuatan briket perlu diperhatikan dari apa saja parameter-parameter yang dianalisis dari briket tersebut seperti kadar abu, air, karbon, dan zat terbang (*Volatile Matter*) (Adipratama, 2021). Adapun pengujian proksimasi yang diuji dalam penelitian ini adalah kadar air dan kadar zat terbang. Pada umumnya briket arang mengandung kadar air yang juga biasa disebut sebagai *moisture* yang terbagi menjadi 2 bagian yaitu, *Free Moisture* atau uap air bebas, di mana hilangnya kadar air akibat adanya penguapan seperti menggunakan metode *Air Drying* dan terdapat juga *Preparation Equipment Inherent Moisture* atau juga dapat disebut sebagai uap air yang ditentukan berdasarkan metode pemanasan briket antara temperatur 104°C hingga 110°C dengan durasi 1 jam (Darvina, 2011). Karbonisasi yang dilakukan dengan jumlah oksigen yang minim dengan waktu tertentu juga dapat memberi pengaruh kadar air pada biobriket. Nilai kadar air akan mempengaruhi karakteristik mutu briket. Peningkatan kadar air akan menurunkan nilai kalor (*calorific value*) pada briket. Sebaliknya, jika kadar air pada briket menurun maka akan meningkatkan nilai kalor (*calorific value*) yang ada pada briket, penentuan kadar air pada briket memiliki tujuan untuk mengetahui sifat higroskopik yang terkandung di dalam briket. Adapun rumus untuk mengidentifikasi suatu nilai kadar air pada suatu briket dapat dilihat pada rumus yang berdasarkan standar ASTM D 3173 – 03, dijelaskan sebagai berikut:

$$\text{Kadar Air} = \frac{M_{b_a} - M_{s_a}}{M_{b_a}} \times 100\% \quad (1)$$

Di mana:

Kadar Air (dalam satuan %)

Mb_A : Massa sampel sebelum di oven (gram)

Ms_A : Massa sampel setelah di oven (gram)

Berdasarkan perhitungan di atas, sampel dengan massa 1 gram yang ditimbang menggunakan neraca analitis dengan ketelitian 0,001g dan dimasukkan ke dalam wadah berupa sebuah cawan porselen tanpa tutup yang dimasukkan ke dalam *drying oven* pada temperatur 104°C hingga 110°C selama 1 jam (ASTM, 2013). Setelah melewati dekomposisi senyawa-senyawa kimia pada proses karbonisasi bahan baku briket, maka briket juga akan memiliki kandungan berupa zat aktif selain kadar karbon terikat, kadar abu, dan air yang kemudian menguap atau umumnya disebut sebagai kadar zat terbang (volatile matter) (Basuki, 2020). Karbonisasi dapat mempengaruhi nilai kadar zat terbang, seperti penahanan suhu dan penahanan waktu pada proses pengarangan tersebut (Yuliah, 2017). Adapun rumus yang dituliskan dalam perhitungan yang digunakan untuk mengetahui nilai kadar zat terbang (volatile matter) pada sebuah briket dalam penelitian ini yang di uji berdasarkan standar SNI 1683-2021, sebagai berikut:

$$\text{kadar Zat Terbang} = \frac{Mb_z - Ms_z}{Mb_z} \times 100\% \quad (2)$$

Di mana:

Kadar Zat Terbang (dalam satuan %)

Mb_z : Massa sampel sebelum di furnace (gram)

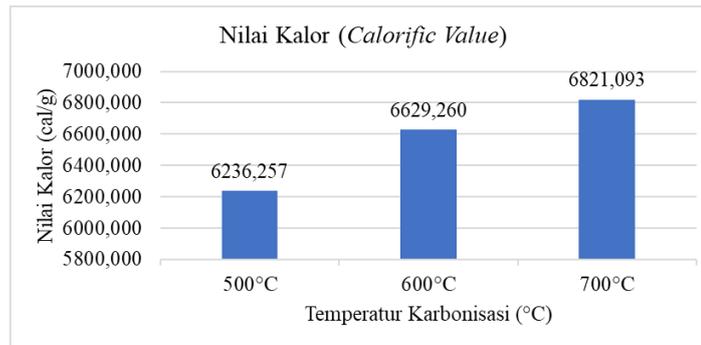
Ms_z : Massa sampel setelah di furnace (gram)

Berdasarkan perhitungan di atas, dengan sampel yang digunakan adalah berbentuk serbuk briket yang memiliki massa 1 gram diukur menggunakan neraca analitis dengan ketelitian 0,001g kemudian masukan pada sebuah cawan porselen yang telah tertutup rapat. Suhu yang digunakan adalah $950 \pm 20^\circ\text{C}$ selama 7 menit di dalam *muffle furnace*. (SNI, 2021).

Hasil dan Pembahasan

1. Nilai Kalor

Berdasarkan variasi temperatur karbonisasi briket biomassa cangkang sawit dengan perekat tepung jagung menghasilkan nilai kalor seperti pada gambar 3.

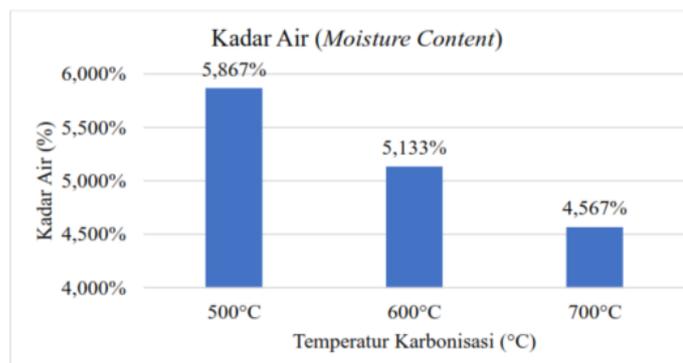


Gambar 3. Grafik Nilai Kalor

Berdasarkan gambar 3, sesuai dengan penelitian-penelitian sebelumnya. Dari hasil data uji nilai kalor) dalam penelitian ini, disimpulkan bahwa seluruh variasi temperatur yang digunakan yaitu 500°C, 600°C, dan 700°C, menerangkan bahwa biobriket ini memenuhi standar nilai kalor SNI, JIS, BIS, dan ASTM. Nilai kalor terendah oleh 500°C yaitu dengan rata-rata 6236,257 cal/g. sedangkan, nilai kalor tertinggi terdapat pada variasi 700°C yaitu dengan rata-rata 6821,093 cal/g. Peningkatan nilai kadar air akan sangat mempengaruhi nilai kalor. Nilai keduanya akan berbanding terbalik, semakin tinggi kadar air maka nilai kalor akan turun. Sebaliknya jika nilai kadar air turun maka akan meningkatkan nilai kalor. Peningkatan nilai kalor juga didapatkan oleh peningkatan temperatur karbonisasi dan penggunaan cangkang sawit dalam proses pembuatan briket biomassa cangkang sawit.

2. Kadar Air

Berdasarkan variasi temperatur karbonisasi briket biomassa cangkang sawit dengan perekat tepung jagung menghasilkan kadar air seperti pada gambar 4.



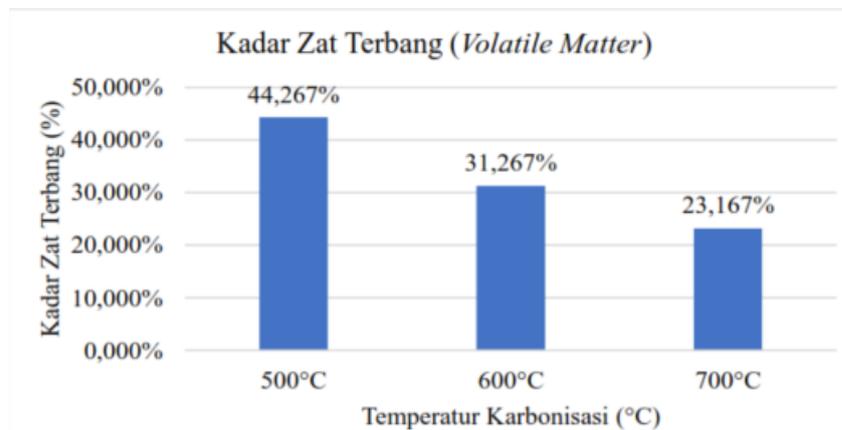
Gambar 4. Grafik Kadar Air

Berdasarkan gambar 4, Kadar air yang terkandung pada temperatur karbonisasi (TK) yaitu TK1 (500°C), TK2 (600°C), dan TK3 (700°C) dengan durasi karbonisasi yang sama dengan ke-3 variasi temperatur, telah memenuhi persyaratan SNI, JIS, dan ASTM.

Akan tetapi, tidak untuk BIS karena kadar air di negara Inggris sebesar 3%-4%, sedangkan nilai kadar air dengan rata-rata terendah pada penelitian ini yaitu 700°C sebesar 4,567%. Semakin tinggi temperatur pada proses karbonisasi biobriket dengan bahan baku cangkang sawit, maka akan menghasilkan nilai kadar air yang rendah. Sebaliknya, jika temperatur karbonisasi rendah, maka akan meningkatkan kadar air yang terkandung pada biobriket cangkang sawit. Semakin tinggi temperatur pada saat proses karbonisasi, maka akan berbanding lurus pada penguapan kadar air yang terkandung di dalam cangkang sawit pada proses karbonisasi.

3. Kadar Zat Terbang

Berdasarkan variasi temperatur karbonisasi briket biomassa cangkang sawit dengan perekat tepung jagung menghasilkan kadar air seperti pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik Uji Kadar Zat Terbang

Gambar 5 menunjukkan hasil volatile matter pada temperatur karbonisasi 500°C, 600°C, dan 700°C tidak memenuhi karakteristik SNI (< 15%) dan BIS (16,4%). Sedangkan untuk JIS (15% - 30%) dan ASTM (19% - 28%) telah memenuhi syarat mutu pada hasil kadar zat terbang (volatile matter) untuk variasi temperatur karbonisasi 700°C dengan nilai rata-rata sebesar 22,73%. Tetapi tidak untuk temperatur 500°C (44,27%) dan 600°C (31,27%). Kadar zat terbang (volatile matter) yang terkandung dalam biobriket cangkang sawit dengan variasi temperature karbonisasi yaitu 500°C, 600°C, dan 700°C memiliki nilai tertinggi pada temperatur karbonisasi (TK) 500°C yaitu dengan nilai rata-rata sebesar 44,267%. Sedangkan kadar zat terbang terendah dihasilkan dari proses karbonisasi dengan temperatur (TK) 700°C selama 1 jam yaitu dengan nilai rata-rata 23,167%. Temperatur karbonisasi dapat mempengaruhi nilai kadar zat terbang. Kadar zat terbang dapat dikurangi dengan menaikkan temperature karbonisasi. Sebaliknya, semakin

rendah temperatur karbonisasi maka akan semakin tinggi kadar zat terbang yang terkandung di dalam biobriket/biomassa. Penurunan nilai kadar zat terbang mengakibatkan peningkatan pada nilai kalor, semakin rendah kadar zat terbang maka kandungan kadar karbon akan meningkat sehingga dapat meningkatkan nilai kalor. Apabila adanya peningkatan pada nilai kadar zat terbang maka akan menurunkan nilai kalor.

Simpulan dan Saran

Penelitian ini menunjukkan temperatur karbonisasi yang tinggi merupakan yang paling baik. Efek dari temperatur karbonisasi ini meningkatkan nilai kalor karena semakin sempurna proses pembentukan kadar karbon serta menurunkan nilai kadar air. Hal tersebut membuat peningkatan nilai kalor. Penelitian ini juga berhasil membuktikan bahwa semakin tinggi temperatur pada proses karbonisasi, maka akan mengurangi kadar zat terbang karena semakin sempurna proses penguapan senyawa-senyawa seperti CO₂, CO, CH₄, dan H₂ yang merupakan zat non-karbon yang terkandung di dalam biobriket. Menurunnya zat terbang akan menurunkan kadar air dan meningkatkan nilai kalor.

Pengujian fungsi bahan bakar dan hasil emisi perlu dilakukan untuk mengetahui sifat serta pengaruhnya biobriket ini terhadap lingkungan.

Ucapan Terima Kasih

Tim peneliti mengucapkan terima kasih kepada LPPM ITK untuk dukungan dana dan moral terhadap Analisis Temperatur Karbonisasi Terhadap Nilai Kalor, Kadar Zat Terbang, dan Kadar Air Biobriket Cangkang Sawit Dengan Perekat Tepung Jagung.

Daftar Pustaka

- Adipratama, M. R., R. Setiawan, dan N. Fauji. (2021). Hasil Pengujian Proksimasi Dan Gas Buang Pada Briket Campuran Limbah Serutan Kayu, Sekam Padi Dan Bulu Ayam. *Jurnal Teknik Mesin* Vol. 14, No.1, 33-39.
- Admaja, F.W. (2019). Analisa Pengaruh Campuran Buah Pinus dan Tinja Kambing dengan Perekat Tetes Tebu Terhadap Karakteristik Bio-Briket. *Institut Teknologi Nasional*.
- Arbi, Y., dan Irsad M. (2018). Pemanfaatan Limbah Cangkang kelapa Sawit Menjadi briket Arang Sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Sains dan Teknologi Universitas Negeri Padang*, Vol 5, No.4. 1-9.

- Arifin, Z., dan Nuriana, W. (2018). Pengaruh Perekat Pembuatan Briket Limbah Kayu Sengon Terhadap Kerapatan, kadar Air dan Nilai Kalor. Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan. 555-560.
- Asri, S. (2013). Efisiensi Konsentrasi Perekat Tepung Tapioka Terhadap Nilai Kalor Pembakaran pada Biobriket Batang Jagung (*Zea Mayus L.*). Jurnal Teknosains Vol.7, 78-89.
- ASTM D 3173-03. (2013). Standard Test Method for Moisture in The Analysis Sample of Coal and Coke 1. 7-9.
- Basuki, H.W.. (2020). Analisa Sifat Fisik dan Kimia Briket Arang dari Campuran Tandan Kosong Aren (*Arenga Pinnata Merr*) dan Cangkang Kemiri (*Aleurites Trisperma*). J. Kehutanan, F. Kehutanan, Universitas Lambung. Vol 03, No.4, 626-636.
- Damanhuri, E., dan Padmi, T. 2019. Pengelolaan Sampah Terpadu. Edisi kedua, Bandung: ITB Press. 325.
- Darvina, Y., N. Asma. (2011). Efforts to Improve the Quality of Briquettes from Charcoal Shells and Blank of Oil Palm through Variation of Pressure. Laporan Penelitian Dana Jurusan Univ. Negeri Padang. 1-50.
- Elfiano, E., Subekti P., dan Sadil, A. (2014). Analisa Proksimate dan nilai Kalor pada Briket Bioarang Limbah Ampas Tebu dan Arang Kayu. Jurnal Aptek, Vol.6.
- Faisol, A., Tiara A., dan Nurzeni F. (2014). Pembuatan Briket dari Campuran Limbah Plastik LDPE, Tempurung kelapa dan Cangkang Sawit. Jurnal Teknik Kimia, Vol. 20, No.2. 45-54.
- Hasfianti, F. E., Sriningsih, E., dan Subhanuddin, D. (2019). Kualitas Briket Limbah Tebangan Kayu Galam Sebagai Sumber Energi Alternatif. Jurnal Penelitian Hasil Hutan, Vol 37, No.3. 223-232.
- Ismayana, A., dan Afriyanto, M. (2011). The Effects of Adhesive Type and Concentration in The Manufacturing of Filter Cake Briquettes as an Alternative Fuel. Jurnal Teknik Industri Pertanian, Vol. 186, No.3. 186-193.
- Maryono, S., dan Rahmawati. (2013). Pembuatan Dan Analisis Mutu Briket Arang Tempurung Kelapa Ditinjau Dari Kadar Kanji. J. Chem., Vol. 14, No. 1. 74-83.
- Moeksin, R., Ade, K.G., Pratama, A, dan Tyani, D. R. (2017). Pembuatan Briket Biorang Dari Campuran Limbah Tempurung Kelapa Sawit Dan Cangkang Biji Karet. J. Tek. Kim., Vol. 23, No. 3, 146–156.
- Parinduri, L., dan Parinduri, T. (2020). Konversi Biomassa Sebagai Sumber Energi Terbarukan. J. Electr. Technol., Vol. 5, No. 2, 88–92.
- Setiawan, A., Tua, D. P. dan Husin, M. K. E. (2019). Pengaruh Konsumsi Bahan Bakar Fosil Terhadap Produk Domestik Bruto Indonesia Dan Hubungan Timbal Balik Di Antara Keduanya. Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara, Vol. 15, No. 3, 213–223.
- SNI 1683-2021. (2021). Arang Kayu. Badan Standarisasi Nasional. Ed, Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia.

- Suseno, T., dan Haryadi H. (2013). Analisis Kebijakan Pengendalian Produksi Batubara Nasional Dalam Rangka Menjamin Kebutuhan Energi Nasional. *Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara*, Vol. 9, No. 1, 23–34.
- Tjutju, N., Desviana, dan Sofyan, K. (2005). Tempurung Kelapa Sawit (TKS) Sebagai Bahan Baku Alternatif Untuk Produksi Arang Terpadu Dengan Pyrolegneous. *Jurnal Ilmu Teknologi Kayu Trop.*, Vol. 3, 39–44.
- Wijianti, E., (2017). Briket Arang Berbahan Campuran Ampas Daging Buah Kelapa dan Tongkol Jagung. *Jurnal Teknik Mesin* Vol . 3 No . 1.30–35.
- Yuliah, Y., Suryaningsih, S., dan Ulfi, K. (2017). Penentuan Kadar Air Hilang Dan Volatile Matter Pada Bio-Briket Dari Campuran Arang. *Ilmu Dan Inovasi Fisika*, Vol. 01, No. 01. 51–57.