

PEMBUATAN BIOBRIKET DARI PELEPAH DAN CANGKANG KELAPA SAWIT: PENGARUH VARIASI KOMPOSISI BAHAN BAKU DAN WAKTU KARBONISASI TERHADAP KUALITAS BRIKET

Iriany, Cindy Carnella*, Cici Novita Sari
Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara,
Jl. Almamater Kampus USU, Medan 20155, Indonesia
*Email : cindy.carnella@yahoo.com

Abstrak

Briket adalah produk hasil proses pemadatan residu biomassa yang digunakan sebagai bahan bakar dan dicetak dengan menggunakan perekat. Briket dari biomassa memiliki nilai kalor yang tinggi. Faktor yang mempengaruhi kualitas briket adalah komposisi bahan baku dan waktu karbonisasi. Proses karbonisasi dalam pembuatan briket dapat menambah nilai kalor dan mengurangi asap yang dihasilkan dari pembakaran briket. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh variasi komposisi bahan baku pembuatan briket dan waktu karbonisasi terhadap nilai kalor dan untuk mengetahui karakteristik briket yang dihasilkan. Bahan-bahan yang digunakan adalah pelepah kelapa sawit, cangkang kelapa sawit, tepung kanji, oli bekas, H₂SO₄ dan *Tri Ethyl Amine* (TEA). Variabel berubah dalam penelitian ini adalah rasio pelepah dan cangkang kelapa sawit yaitu 1:2, 1:4, 1:6, dan 1:8 serta waktu karbonisasi yaitu 30 menit, 60 menit, 90 menit dan 120 menit. Penelitian ini dimulai dengan melakukan proses karbonisasi pada bahan baku, setelah itu arang hasil karbonisasi yang telah halus dicetak menggunakan perekat tepung kanji dan oli bekas dengan konsentrasi 20% berat bahan baku pada perbandingan 1:1. Hasil penelitian terbaik diperoleh pada perbandingan pelepah dan cangkang kelapa sawit 1:8 dengan waktu karbonisasi 120 menit, yaitu dengan nilai kalor sebesar 15107,138 kal/g, kadar air 6%, kadar abu 5,185%, kadar *volatile matter* 39,226%, kadar *fixed carbon* 50,169%, kerapatan 0,442 g/cm³, laju pembakaran 0,273 g/menit, kekuatan tekan 0,046 N/mm². Hasil ini menunjukkan bahwa briket yang dihasilkan memiliki karakteristik yang bagus, struktur yang kuat dan tidak mudah hancur serta tidak berjamur bila disimpan.

Kata Kunci : briket, pelepah kelapa sawit, cangkang kelapa sawit, karbonisasi, nilai kalor

Abstract

Briquette was a product of the compaction process of biomass residue used as fuel and it is formed using binder. Briquette from biomass has a high heating value. The quality of briquettes influenced by raw material composition and the time of carbonization. The carbonization process in the manufacture of briquettes could improve heating value and reduce smoke produced from burning briquette. This research is aim to study the effect of variations in the composition of raw materials and carbonization time on the heating value and the characteristics of the resulting briquettes. The materials used are palm fronds, palm shells, starch, used oil, H₂SO₄ and Tri Ethyl Amine (TEA). The ratios of palm frond and palm shell charcoal in this research is 1: 2, 1: 4, 1: 6 and 1: 8 with variation of carbonization time 30 minutes, 60 minutes, 90 minutes and 120 minutes. The research began with the carbonization process of the raw materials. Then charcoal product of carbonization was pressed using an binder starch and used oil as much as 20% based on the weight of raw materials at the ratio of 1: 1. The best quality from this research is obtained at the ratio palm fronds and oil palm shell 1: 8 with carbonization time of 120 minutes, heating value 15107,138 cal/g, moisture content 6%, ash content of 5,185%, volatile matter 39,226%, fixed carbon 50,169%, density 0,442 g/cm³, burning rate 0,273 g/min, and compressive strength 0,046 N / mm². The result shows the briquettes produced had a strong structure, it was not easily broken and it was not moldy when stored.

Keywords: *briquette, palm fronds, palm shell, carbonization, heating value*

Pendahuluan

Energi merupakan hal yang sangat penting bagi manusia sebagai penyedia kebutuhan seperti pencahayaan dan memasak. Sumber energi yang dibutuhkan saat ini meliputi tenaga air, panas bumi, biomassa, surya, dan angin, telah meningkat selama bertahun-tahun di berbagai negara. Tercatat bahwa energi biomassa sekitar

14% dari total energi dunia dibandingkan batubara (12%), gas alam (15%) dan energi listrik (14%) [13].

Biomassa adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan semua bahan organik yang ada di permukaan bumi seperti halnya kayu, rumput laut, limbah dari kotoran hewan dan lain-lain yang dapat digunakan sebagai energi [3].

Biomassa bersifat ramah lingkungan, bersih, murah dan berguna sebagai bahan bakar [23].

Kandungan energi yang ada dalam biomassa cukup tinggi, yaitu antara 4.000-5.000 kkal/kg. Oleh karena itu saat ini sumber energi alternatif dari biomassa sedang banyak diteliti dan dikembangkan karena sifatnya yang mudah diperoleh, dapat diperbaharui secara cepat, dan kandungan energinya yang cukup tinggi [24]. Indonesia diperkirakan memproduksi sekitar 146.700.000 ton biomassa per tahun, setara dengan 470 GJ/tahun [9].

Biobriket merupakan batangan arang yang terbuat dari arang limbah organik yang telah dicetak sedemikian rupa yang memiliki nilai kalor yang tinggi [5]. Biobriket banyak dimanfaatkan di negara-negara Asia bagian selatan seperti Indonesia, India, dan Thailand. Biobriket merupakan salah satu alternatif pemanfaatan limbah guna meningkatkan nilai tambah limbah hasil pertanian [25].

Teori

Kelapa sawit merupakan bahan lignoselulosa yang kaya karbohidrat dalam bentuk pati dan gula serta mengandung selulosa, hemiselulosa dan lignin [18]. Saat ini Indonesia memiliki potensi besar untuk memanfaatkan produk samping kelapa sawit sebagai sumber energi terbarukan [15].

Kandungan zat-zat nutrisi pelepah dan daun sawit adalah bahan kering 48,78%, protein kasar 5,3%, hemiselulosa 21,1%, selulosa 27,9%, serat kasar 31,09%, abu 4,48%, lignin 16,9% dan silika 0,6% [1].

Cangkang kelapa sawit adalah biomassa dengan nilai kalori yang tinggi, biasanya sekitar 3.800 Kcal/kg [14]. Karakteristik fisika dan kimia yang terkandung dalam cangkang kelapa sawit dapat dilihat pada tabel 1.

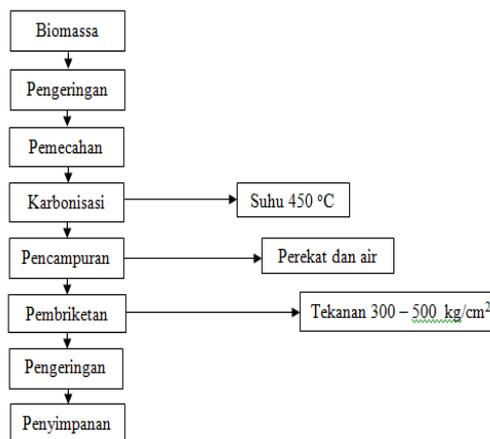
Tabel 1. Karakteristik Fisika dan Kimia Cangkang Kelapa Sawit [12]

Sifat	Parameter	Nilai	
		ar	db
Fisika	Kadar abu (%)	6,11	-
	Kadar air (%)	8,68	-
	Kerapatan (kg/m ³)	740	9,24
	Porositas (%)	28	650
Kimia	C (%)	46,75	49,79
	H (%)	5,92	5,56
	O (%)	37,97	34,66
	N (%)	0,68	0,72
	S (%)	< 0,08	< 0,08
Struktur Karbohidrat	Cl (ppm)	84	89
	Hemiselulosa(%)	26,16	
	Selulosa(%)	6,92	
	Lignin(%)	53,85	

*ar : as received *db : dry basis

Proses “*briquetting*” adalah perubahan bentuk secara fisik pada bahan baku yang sebagian besar berasal dari limbah pertanian menjadi briket sebagai bahan bakar dengan proses pemadatan [19]. Proses dasar pembuatan briket dapat dilihat pada gambar 1.

Secara umum, bahan bakar briket memiliki karakteristik energi yang baik seperti densitas yang tinggi dan nilai kalor yang tinggi [21]. Karakteristik energi adalah parameter yang penting ketika membandingkan briket dengan bahan bakar lain [4].



Gambar 1. Proses Dasar Pembuatan Briket

Secara umum, bahan bakar briket memiliki karakteristik energi yang baik seperti densitas yang tinggi dan nilai kalor yang tinggi [21]. Karakteristik energi adalah parameter yang penting ketika membandingkan briket dengan bahan bakar lain [4].

Standar mutu briket arang kayu untuk bahan baku kayu kulit keras, dan batok kelapa/ tempurung kelapa dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Standar Mutu Briket Arang [20]

No.	Parameter	Kadar
1.	Kadar air	Maksimal 8%
2.	Kadar abu	Maksimal 8%
3.	Kadar <i>volatile matter</i>	Maksimal 15%
4.	Nilai kalori	Minimal 5000 kal/g

Karbonisasi adalah proses pemecahan/peruraian selulosa menjadi karbon pada suhu berkisar 275°C [18]. Dengan proses karbonisasi, nilai kalor yang dihasilkan dapat mencapai 25-30 MJ/kg, sedangkan proses non karbonisasi hanya menghasilkan nilai kalor sekitar 15 MJ/kg [11].

Briket biomassa dapat diproses pada suhu kamar dan tekanan sedang dengan menekan biomassa menggunakan perekat. Perekat dapat dibedakan menjadi dua kategori yaitu [8]:

1. Perekat anorganik
Contoh dari perekat organik di antaranya *clay* (lempung), getah karet, getah pinus.

2. Perekat organik
 Contoh dari perekat organik di antaranya tepung kanji, molase dan parafin.

Metodologi Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pelepah dan cangkang kelapa sawit, *aquadest*, tepung kanji, oli bekas, asam sulfat (H₂SO₄) dan *tri ethyl amine* (TEA). Sedangkan peralatan yang digunakan antara lain *furnace*, *ball mill*, ayakan, alat pencetak briket (*hydraulic press*), *bomb calorimeter*, dan *Selvopulser Testing Machine*.

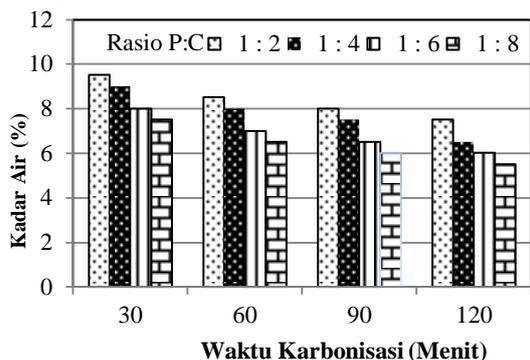
Proses pembuatan arang briket dimulai dengan pemotongan bahan baku pelepah dan cangkang kelapa sawit, setelah itu dimasukkan ke dalam *furnace* dengan suhu 450°C selama 30 menit, 60 menit, 90 menit dan 120 menit dan dilakukan proses karbonisasi. Arang hasil proses karbonisasi kemudian dihaluskan menggunakan *ball mill* dan diayak menggunakan ayakan 100 *mesh*. Variasi perbandingan serbuk arang pelepah dan cangkang kelapa sawit yaitu 1:2; 1:4; 1:6; 1:8. Serbuk arang yang telah halus ditimbang dengan berat total 50 g dan disesuaikan dengan perbandingan yang telah ditentukan, setelah itu dicampurkan perekat tepung kanji dan oli bekas dengan konsentrasi 20% berat bahan baku dan perbandingan 1:1. Campuran tersebut dicetak menggunakan alat *hydraulic press* dengan tekanan kempa sebesar 105 kg/cm². Briket yang sudah dicetak di masukkan ke dalam oven dan dikeringkan selama 3 jam dengan suhu 105°C.

Kualitas briket dari masing-masing perlakuan diuji berdasarkan ASTM dan mengacu kepada SNI 01-6235-2000 yang meliputi kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, kadar karbon terikat, dan nilai kalori.

Hasil

Analisis Kadar Air Briket

Analisis ini dilakukan mengacu kepada ASTM D3173-03-2003. Pengaruh waktu karbonisasi terhadap kadar air briket dapat dilihat pada gambar 2.

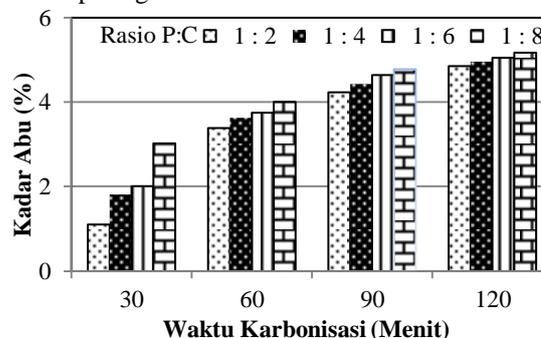


Gambar 2. Pengaruh Waktu Karbonisasi terhadap Kadar Air Briket

Pada gambar 2 terlihat bahwa kadar air briket pada masing-masing perlakuan mengalami penurunan seiring dengan penambahan waktu karbonisasi. Hal ini dikarenakan pada proses karbonisasi yang semakin lama terjadi proses penguapan air dan penguraian dari komponen yang terdapat di dalam cangkang dan pelepah kelapa sawit yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin. Selain itu, arang hasil dari proses karbonisasi mempunyai kemampuan menyerap air yang besar dari udara di sekelilingnya yang dipengaruhi oleh luas permukaan dan pori-pori arang dari briket tersebut. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa nilai kadar air pada perbandingan bahan baku 1:2 dengan waktu karbonisasi 30 dan 60 menit dan perbandingan 1:4 dengan waktu karbonisasi 30 menit masih belum memenuhi SNI (maksimal 8%) [27].

Analisis Kadar Abu Briket

Analisis ini dilakukan mengacu kepada ASTM D3172-07a-2007. Pengaruh waktu karbonisasi terhadap kadar abu briket dapat dilihat pada gambar 3.



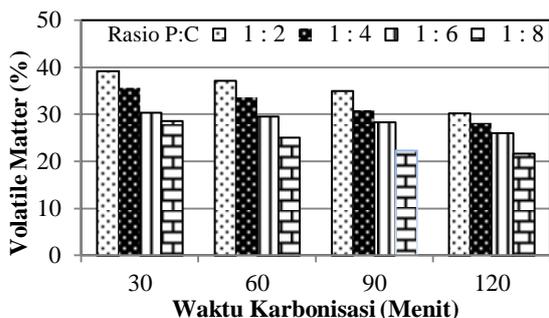
Gambar 3. Pengaruh Waktu Karbonisasi terhadap Kadar Abu Briket

Dari gambar 3 terlihat bahwa kadar abu briket pada masing-masing perlakuan mengalami kenaikan seiring dengan penambahan waktu karbonisasi. Peningkatan kadar abu dipengaruhi oleh waktu karbonisasi. Menurut hasil penelitian yang telah dilakukan Junary bahwa semakin lama waktu karbonisasi maka kadar abu pada briket semakin bertambah karena karbon akan habis terbakar dan menyisakan abu yang merupakan hasil sisa pembakaran [6].

Merujuk pada tabel 2, maka kandungan abu dalam briket yang dibuat telah memenuhi standar SNI (maksimal 8%) [20].

Analisis Kadar Zat Menguap (Volatile Matter)

Analisis ini dilakukan mengacu kepada ASTM D3172-07a-2007. Pengaruh waktu karbonisasi terhadap kadar zat menguap dapat dilihat pada gambar 4.



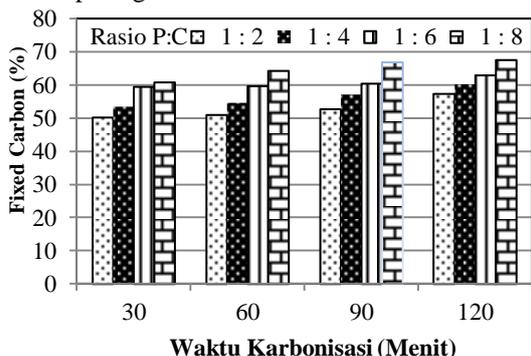
Gambar 4. Pengaruh Waktu Karbonisasi terhadap Kadar Zat Menguap Briket

Pada gambar 4 dapat dilihat bahwa kadar zat menguap briket pada masing-masing perlakuan mengalami penurunan seiring dengan penambahan waktu karbonisasi. Menurut Borowski semakin lama waktu karbonisasi maka kadar volatil pada briket semakin berkurang. Hal ini dikarenakan pada saat proses karbonisasi, terjadi pelepasan senyawa volatil dalam bentuk gas atau asap sehingga meninggalkan residu gas karbon atau arang [2].

Dari hasil penelitian yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa nilai kadar *volatile matter* pada briket masih belum memenuhi standar SNI (maksimal 15%) [20]. Hal ini disebabkan komposisi dari komponen organik biomassa berupa C, H, dan O serta sebagian kecil S dan N yang sangat mempengaruhi karakteristik pembakaran sebagai massa total dari keseluruhan bahan yang berkurang selama pembakaran saat menentukan kadar *volatile* sehingga kadar *volatile* pada biomassa semakin meningkat saat dicampurkan dengan biomassa lain. Hal ini juga diperkuat oleh adanya perekat oli bekas yang memiliki komponen zat terbang yang mudah terbakar seperti N_2 , CO dan H_2O yang menguap saat dilakukan pembakaran.

Analisis Kadar Karbon Terikat (Fixed Carbon)

Analisis ini dilakukan mengacu kepada ASTM D3172-07a-2007. Pengaruh waktu karbonisasi terhadap kadar karbon terikat dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Pengaruh Waktu Karbonisasi terhadap Kadar Karbon Terikat Briket

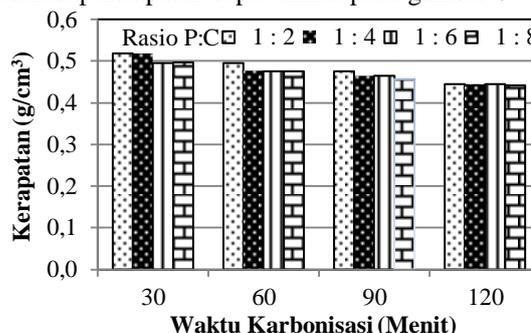
Pada gambar 5 terlihat bahwa kadar *fixed carbon* briket pada masing-masing perlakuan mengalami kenaikan seiring dengan penambahan waktu karbonisasi. Kadar karbon terikat pada setiap variasi waktu karbonisasi dapat dilihat semakin meningkat seiring dengan bertambahnya perbandingan pelepah dan cangkang kelapa sawit.

Menurut Rustini bahwa dengan penambahan cangkang kelapa sawit mampu meningkatkan kadar karbon terikat pada briket yaitu sebesar 5,195% [17]. Peningkatan kadar karbon terikat ini dikarenakan adanya kandungan zat-zat karbohidrat yaitu selulosa pada cangkang dan pelepah kelapa sawit yang merupakan salah satu sumber dari unsur karbon dalam briket. Semakin tinggi kadar karbon terikat bahan, maka pembakaran biobriket akan semakin baik.

Berdasarkan standar mutu SNI dapat disimpulkan bahwa nilai kadar *fixed carbon* pada briket dengan perbandingan bahan baku 1:8 dengan variasi waktu karbonisasi 60 menit, 90 menit dan 120 menit dan perbandingan 1:6 dengan waktu 120 menit telah memenuhi standar yaitu minimal 65% [27].

Analisis Kerapatan (Density)

Analisis ini dilakukan mengacu kepada ASTM D2395-14. Pengaruh waktu karbonisasi terhadap kerapatan dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Pengaruh Waktu Karbonisasi terhadap Kerapatan Briket

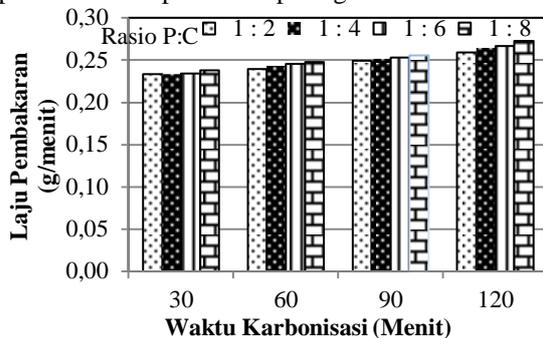
Pada gambar 6 dapat dilihat bahwa kerapatan briket pada masing-masing perlakuan mengalami penurunan seiring dengan penambahan waktu karbonisasi. Tetapi nilai yang diberikan pada gambar di atas tidak memberikan perbedaan yang terlalu jauh pada pengaruh waktu karbonisasi hal ini dikarenakan kerapatan dari briket ditentukan oleh rasio massa dan volume masing-masing sampel dari briket yang dihasilkan.

Pada penelitian ini tekstur arang dari pelepah kelapa sawit yang dihasilkan cenderung lebih halus dan lembut dibandingkan arang cangkang kelapa sawit. Menurut Kahariyadi semakin halus partikel bahan baku briket yang digunakan maka nilai kerapatannya akan semakin tinggi karena ikatan-ikatan antar bahan semakin bagus [7].

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, perbedaan kerapatan briket pada setiap perbandingan bahan baku dengan waktu karbonisasi 0,00028 g/cm³ atau sekitar 0,028%.

Analisis Laju Pembakaran

Pengaruh waktu karbonisasi terhadap laju pembakaran dapat dilihat pada gambar 7.



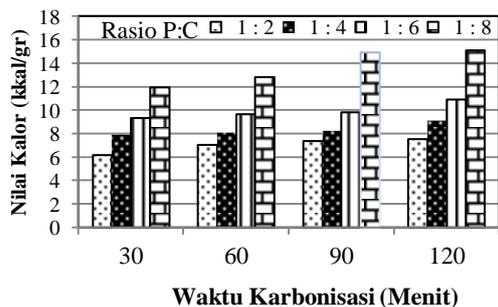
Gambar 7. Pengaruh Waktu Karbonisasi terhadap Laju Pembakaran Briket

Pada gambar 7 terlihat bahwa laju pembakaran briket pada masing-masing perlakuan mengalami kenaikan seiring dengan penambahan waktu karbonisasi. Salah satu faktor yang mempengaruhi laju pembakaran suatu briket adalah kadar karbon terikat yang terkandung pada briket tersebut, dimana semakin tinggi kadar karbon terikat maka pembakaran biobriket akan semakin baik [24]. Hal ini dikarenakan semakin banyaknya unsur karbon dalam suatu bahan, maka semakin banyak pula karbon yang bereaksi dengan oksigen dan menghasilkan pembakaran yang semakin baik.

Hal yang sama juga telah dilaporkan oleh Martin bahwa salah satu faktor yang mempengaruhi laju pembakaran adalah komposisi kimia yang terkandung pada bahan baku biomassa berupa kandungan karbon terikat dan zat menguap, sehingga dengan mencampurkan biomassa dapat meningkatkan laju pembakaran [10].

Analisis Nilai Kalor

Analisis ini dilakukan mengacu kepada ASTM D1989-97. Pengaruh waktu karbonisasi terhadap nilai kalor dapat dilihat pada gambar 8.



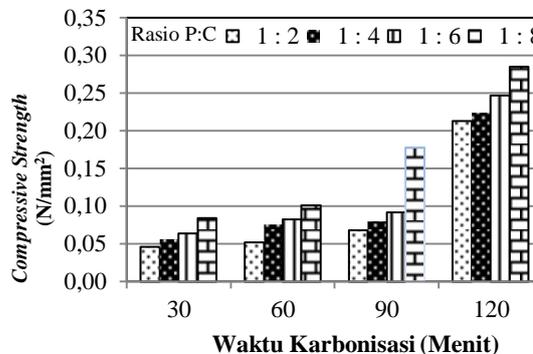
Gambar 8. Pengaruh Waktu Karbonisasi terhadap Nilai Kalor Briket

Pada gambar 8 dapat dilihat bahwa nilai kalor briket pada masing-masing perlakuan mengalami kenaikan seiring dengan penambahan waktu karbonisasi. Menurut Junary bahwa semakin lama waktu karbonisasi maka kadar air yang dihasilkan akan semakin rendah dan nilai kalor akan semakin tinggi karena kadar air berbanding terbalik terhadap nilai kalor [6]. Hal ini disebabkan oleh nilai kalor yang terkandung pada cangkang kelapa sawit cukup tinggi yaitu 3800 Kcal/kg [14] dan juga dipengaruhi oleh perekat yang digunakan yaitu oli bekas yang memiliki nilai kalor sebesar 45814,74 kJ/kg [26].

Semakin sempurna proses karbonisasi maka nilai kalor semakin tinggi. Hal ini disebabkan karena reaksi oksidasi pada proses karbonisasi mampu menghasilkan panas. Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa nilai kalor yang terkandung pada briket telah sesuai dengan standar mutu SNI (≥ 5000 kal/g) [20].

Analisis Kuat Tekan

Pengaruh waktu karbonisasi terhadap kekuatan tekan briket dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Pengaruh Waktu Karbonisasi terhadap Kuat Tekan Briket

Pada gambar 9 terlihat bahwa nilai kalor briket pada masing-masing perlakuan mengalami kenaikan seiring dengan penambahan waktu karbonisasi. Kekuatan tekan pada briket dipengaruhi oleh campuran bahan baku pada pembuatan briket, semakin banyak jumlah campuran yang digunakan maka kuat tekan briket akan semakin tinggi.

Menurut Wijayanti bahwa dengan penambahan cangkang kelapa sawit maka kekompakan briket bertambah sehingga keteguhan tekan juga bertambah. Hal ini juga dikarenakan kandungan biomassa pada pelepah dan cangkang kelapa sawit berupa residu lignoselulosa yang mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin dalam dinding sel kelapa sawit tersebut [25].

Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat bahwa kenaikan kuat tekan briket disebabkan karena variasi perbandingan bahan baku pelepah

dan cangkang kelapa sawit yang semakin besar sehingga kandungan lignin dan selulosa semakin tinggi. Kandungan lignin dan selulosa pada cangkang kelapa sawit sebesar 53,85% dan 6,92% dan pelepah kelapa sawit mengandung lignin 23,40% dan selulosa 27,9% [12, 22].

Dapat dikatakan bahwa briket belum memenuhi standar yang diterima untuk industri yaitu $0,38 \text{ N/mm}^2 - 1,0 \text{ N/mm}^2$ [16]. Hal ini dapat disebabkan karena briket yang dihasilkan memiliki kerapatan yang cukup rendah sehingga briket akan menjadi lebih rapuh.

Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan maka diperoleh briket terbaik dengan kadar air sebesar 6%, kadar abu sebesar 1,105%, kadar volatil sebesar 21,693%, kadar karbon terikat sebesar 50,169%, kerapatan sebesar $0,518 \text{ g/cm}^3$, Laju pembakaran sebesar $0,273 \text{ g/menit}$, Nilai kalor sebesar $15107,138 \text{ kal/g}$ dan kuat tekan sebesar $0,285 \text{ N/mm}^2$.

Daftar Pustaka

- [1] Ardiansyah, Perubahan Kandungan Nutrisi Pelepah dan Daun Sawit Melalui Fermentasi dengan Kapang *Phanerochaete Chrysosporium*, Skripsi, Fakultas Pertanian Universitas Taman Siswa Padang, 2014.
- [2] Borowski. Gabriel dan Jan J. Hycnar, Utilization of Fine Coal Waste as a Fuel Briquettes, *International Journal of Coal Preparation and Utilization*, Vol 33, ISSN: 1939-2699, p. 194-204, 2013.
- [3] Danjuma. M. N, B. Maiwada dan R. Tukur, Disseminating Biomass Briquetting Technology in Nigeria: A case for Briquettes Production Initiatives in Katsina State, *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, (2013), Vol 3, Issue 10, ISSN 2250-2459.
- [4] Ikelle Issie Ikelle dan Ogah Sule Philip Ivoms, Determination of the Heating Ability of Coal and Corn Cob Briquettes, *IOSR Journal of Applied Chemistry*, (2014), Vol 7, Issue 2, ISSN: 2278-5736, p. 77-82.
- [5] Jain. Varun, Rc. Chippa, Pbl. Chaurasia, Harshal Gupta dan Sarvesh Kumar Singh, A Comparative Experimental Investigation of Physical and Chemical Properties of Sawdust and Cattle Manurebriquette, *International Journal of Science Engineering And Technology*, (2014), Vol 2, Issue 7, ISSN 2348-4098.
- [6] Junary. Erwin, Julham Prasetya dan Netti Herlina, Pengaruh Suhu Dan Waktu Karbonisasi Terhadap Nilai Kalor Dan Karakteristik Pada Pembuatan Bioarang Berbahan Baku Pelepah Aren (Arenca Pinnata), *Jurnal Teknik Kimia USU*, Vol 4, No 2, 2015.
- [7] Kahariyadi. Aloysius, Dina Setyawati, Nurhaida, Farah Diba dan Emi Roslinda, Kualitas Arang Briket Berdasarkan Persentase Arang Batang Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis Jacq*) Dan Arang Kayu Laban (*Vitex Pubescens Vahl*), *Jurnal Hutan Lestari* (2015), Vol 3, No 4, p. 561-568.
- [8] Maharsa. Luthfi dan Muhammad, Pengaruh Variasi Komposisi Campuran Pada Biobriket Kulit Mete Dan Sekam Padi Terhadap Laju Pembakaran, *Rotasi Jurnal Teknik Mesin*, (2012), Vol 14, No 4, p. 15-22.
- [9] Mahidin. Asri Gani Dan Khairil, Physical Characterization and Desulfurization of Biobriquette Using Calcium-Based Adsorbent, *Makara Teknologi*, 2011, Vol 15, No 2, p. 178-182.
- [10] Martin. Ogbu Ikechukwu, Enhancing The Properties Of Coal Briquette Using Spear Grass (*Imperata Cylindrica*) And Elephant Grass (*Pennisetum Purpureum*), Thesis, Department Of Pure And Industrial Chemistry Faculty Of Physical Sciences, Nnamdi Azikiwe University, Awka, 2010.
- [11] Ngusale. George K, Yonghao Luo dan Jeremiah K. Kiplagat, Briquette Making In Kenya: Nairobi And Peri-Urban Areas, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, (2014), Vol 40, Elsevier, p. 749-759.
- [12] Okoroigwe. Edmund C, Christopher M. Saffron dan Pascal D. Kamdem, Characetrization of Palm Kernel Shell for Materials Reinforcement and Water Treatment, *Journal of Chemical Engineering and Materials Science*, (2014), Vol 5(1), Pp 1 - 6. ISSN 2141-6605.
- [13] Onchieku. J.M, B.N. Chikamai dan M.S. Rao, Optimum Parameters for the Formulation of Charcoal Briquettes Using Bagasse and Clay as Binder, *European Journal of Sustainable Development*, (2012), Vol 1, Issue 3, 477-492, ISSN 2239-5938.
- [14] Oyejobi. D, O. T. S. Abdulkadir, I. T. Yusuf dan M. J. Badiru, Effects of Palm Kernel Shells Sizes and Mix Ratios on Lightweight Concrete, *Journal of Research Information in Civil Engineering*, (2012), 9 (2).
- [15] Patisarana. Grata Dan Mulfi Hazwi, Optimalisasi Efisiensi Termis Boiler Menggunakan Serabut Dan Cangkang Sawit Sebagai Bahan Bakar, *Jurnal Dinamis*, (2012), Vol I, No11, ISSN 0216-7492.
- [16] Prasilyousil. Jitthep dan Akarawit Muenjina, Properties of Solid Fuel Briquettes Produced from Rejected Material of Municipal Waste

- Composting, *Procedia Environmental Sciences* 17, 603-610, Elsevier, 2013.
- [17] Rustini, Pembuatan Briket Arang dari Serbuk Gergajian Kayu Pinus (Pinus merkusii Jungh. et de Vr), Skripsi, Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor, 2004.
- [18] Shehu. U, O. Aponbiede, T. Ause dan E.F. Obiodunukwe, Effect of Particle Size on The Properties of Polyester/Palm Kernel Shell (PKS) Particulate Composites, *Journal Mater Environment Science*, (2014), Vol 52, 366-373 ISSN 2028-2508.
- [19] Shekhar. Nandini, Popularization of Biomass Briquettes A means for Sustainable rural Development *Asian Journal Of Management Research*, (2011), Vol 2, Issue 1, ISSN 2229-3795.
- [20] Standar Nasional Indonesia 01-6235, Briket Arang Kayu, 2000.
- [21] Stolarski. Mariusz J, Stefan Szczukowski, Józef Tworowski, Michal Krzyzaniak, Pawel Gulczynski dan Mirosław Mleczek, Comparison of Quality and Production Cost of Briquettes Made From Agricultural and Forest Origin Biomass, *Renewable Energy*, (2013), Vol 57, Elsevier, p. 20-26.
- [22] Syafruddin dan Rio Hanesya, Perbandingan Penggunaan Energi Alternatif Bahan Bakar Serabut (Fiber) Dan Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Bahan Bakar Batubara Dan Solar Pada Pembangkit Listrik, *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi*, ISSN 1979-911, 2012.
- [23] Wasekar. Mangesh V dan R.N.Baxi, Failure Analysis of Collar of Biomass Briquetting Machine: A Review, *International Journal of Engineering Research and Applications*, (2013), Vol 3, Issue 2, 437-439.
- [24] Wijaya. Purwita dan Aji Hermawan, Analisis Pemanfaatan Limbah Kulit Singkong sebagai Bahan Bakar Alternatif Biobriket, Skripsi, Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor Jawa Barat, 2012.
- [25] Wijayanti. Diah Sundari, Karakteristik Briket Arang dari Serbuk Gergaji dengan Penambahan Arang Cangkang Kelapa Sawit, Skripsi, Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara, 2009.
- [26] Wongkhorsub. C dan N. Chindaprasert, A Comparison of the Use of Pyrolysis Oils in Diesel Engine, *Energy and Power Engineering*, Vol 5, p. 350-355, 2013.
- [27] Wulandari. Asri Peni, Siti Aliyah Hani Sunarya, Oom Komariah dan Prihadi Santoso, Study on Briquetting and Optimizing Organic Composition of Ramie (*Boehmeria nivea* (L). Gaud) Biomass, *Journal of Applied Environmental and*

Biological Sciences, Vol 5, No 8, ISSN: 2090-4274, p. 1-6, 2015.