

PENGARUH KONSENTRASI PEREKAT TEPUNG TAPIOKA DAN PENAMBAHAN KAPUR DALAM PEMBUATAN BRIKET ARANG BERBAHAN BAKU PELEPAH AREN (*Arenga pinnata*)

Julham Prasetya Pane, Erwin Junary, Netti Herlina
Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara,
Jl. Almamater Kampus USU Medan 20155, Indonesia
Email: jprasetyapane@yahoo.com

Abstrak

Kebutuhan terhadap sumber energi yang dapat diperbaharui sedang meningkat. Briket merupakan salah satu sumber energi alternatif yang dapat diperoleh dari pemanfaatan biomassa. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan briket dengan bahan baku pelepah aren, serta untuk mengetahui pengaruh konsentrasi perekat tepung tapioka dan penambahan kapur terhadap kualitas briket. Penelitian dilakukan secara *batch*. Variabel penelitian yaitu konsentrasi perekat tepung tapioka 0%, 10%, 20% dan 30% (w/w) dan penambahan kapur 0%, 1%, 3% dan 5% (w/w) terhadap berat serbuk arang. Bahan utama yang digunakan adalah pelepah aren (*Arenga pinnata*), tepung tapioka, kapur dan air, sedangkan peralatan utama yang digunakan adalah *furnace*, alat pencetak briket, oven, *moisture analyzer*, *universal testing machine* dan kalorimeter bom. Proses pembuatan briket dimulai dengan persiapan pelepah aren, lalu proses karbonisasi pada suhu 350 °C selama 2 jam. Hasil karbonisasi berupa arang yang selanjutnya ditambahkan dengan perekat tepung tapioka lalu dicetak dan dikeringkan sebagai briket. Analisa yang digunakan adalah analisa proksimat dengan parameter uji kadar air, kadar abu, kadar zat mudah menguap, kadar karbon, nilai kalor dan keteguhan tekan. Briket pelepah aren terbaik yaitu pada konsentrasi perekat tepung tapioka 0% dan penambahan kapur 5% dengan nilai kalor 6502,379 kal/g, kadar karbon 45,56%, kadar air 6,44 %, kadar abu 18,00%, kadar bahan volatil 30,00% dan keteguhan tekan 59,141 kg/cm².

Kata kunci : briket, kapur, karbonisasi, pelepah aren, tepung tapioka

Abstract

The demand of renewable energy resources has been increasing. Briquette is one of the alternative energy resource which can be produced from utilization of biomass. This research aims to obtain a briquette from sugar palm frond, to obtain the effect of adhesive concentration of cassava starch and addition of lime on the quality of briquettes. This research used the batch method. Research variables are the adhesive concentration of cassava starch in 0%, 10%, 20% and 30% (w/w) and the addition of lime in 0%, 1%, 3% and 5% (w/w) based on the weight of char powder. General materials are sugar palm (*Arenga pinnata*) frond, cassava starch and lime, and the general tools are furnace, briquette printer, oven, moisture analyzer, universal testing machine and bomb calorimeter. Briquetting process was started with sugar palm fronds preparation then they're carbonized at 350 °C for 2 hours. Product of carbonization as a charcoal which is added by a cassava starch adhesive and lime then they're printed or shaped and dried to be a briquette. Analysis used is the proximate analysis of the test parameters moisture content, ash content, volatile combustion matter content, carbon content, calorific value and compressive strength. The best briquette is with adhesive concentration in 0% and addition of lime in 5% with the calorific value 6502,379 cal/g, 45,56% fixed carbon, 6,44% moisture, 18,00% ash, 30,00% volatile combustion matter and 59,141 kg/cm² compressive strength.

Keywords : briquette, carbonization, cassava starch, lime, sugarpalm frond

Pendahuluan

Tingkat pemakaian bahan bakar terutama bahan bakar fosil di dunia semakin meningkat seiring dengan semakin bertambahnya populasi manusia dan meningkatnya laju industri di berbagai negara di dunia. Hal tersebut menimbulkan kekhawatiran akan terjadinya krisis bahan bakar. Di samping itu pemakaian bahan bakar fosil juga meningkatkan laju pencemaran lingkungan [17]. Bahan bakar fosil tidak dapat diperbaharui dan butuh sekitar 20 – 30 tahun ke depan untuk diproduksi lagi [7].

Biomassa menjadi perhatian karena lebihnya seperti mudah dijumpai, harganya

murah, penetral karbon dioksida, dan lain sebagainya [10]. Di sisi lain, Indonesia sebagai negara agraris banyak menghasilkan limbah pertanian berupa biomassa yang kurang termanfaatkan. Limbah pertanian tersebut dapat diolah menjadi suatu bahan bakar padat buatan yang lebih luas penggunaannya sebagai bahan bakar alternatif yang disebut briket [17]. Aren (*Arenga pinnata*) merupakan tanaman serba guna. Tanaman palma daerah tropis basah ini beradaptasi baik pada berbagai agroklimat, mulai dari dataran rendah hingga 1.400 m di atas permukaan laut. Luas pertanaman aren di

Indonesia pada tahun 2002 adalah 47.730 ha, terutama terdapat di Sumatera Utara, Nanggroe Aceh Darussalam, Sumatera Barat, Bengkulu, Jawa Barat, Banten, Jawa Tengah, Kalimantan Selatan, dan Sulawesi Selatan [5]. Dalam hal ini, penggunaan aren hanya terbatas pada nira dan ijuknya sehingga bagian lainnya yang termasuk biomassa dibuang dan menjadi limbah pertanian. Pelelepah aren (*sugar palm frond/sugar palm midrib*) mengandung senyawa holoselulosa, selulosa, serta lignin berturut-turut sekitar 81,2%; 66,5% dan 18,9% [13].

Tinjauan Pustaka

Biomassa merupakan produk fotosintesis yaitu butir-butir hijau daun yang bekerja sebagai sel surya, menyerap energi matahari yang mengkonversi karbondioksida dengan air menjadi suatu senyawa karbon, hidrogen, dan oksigen. Energi yang disimpan ini dapat dimanfaatkan dengan langsung membakar kayu, panas yang dihasilkan digunakan untuk memasak atau untuk keperluan lainnya [18]. Suzdalenko, dkk. mengevaluasi efek dari gasifikasi pelet biomassa (kayu dan jerami) dengan gas pada degradasi termal biomassa. Bahan bakar gas yang dihasilkan (campuran CO, H₂, CH₄) dapat digunakan dalam pembakaran internal mesin untuk produksi listrik [25].

A. pinnata adalah tanaman populer karena produksi pangan sepanjang tahun, terutama pada musim kemarau ketika makanan lain langka. Produknya yang paling penting adalah cairan manis, disebut nira, yang digunakan sebagai minuman dan sebagai bahan baku untuk produksi gula [2]. Menurut Akuba, perkiraan luas areal tanaman aren berdasarkan provinsi telah mencapai total 60.482 ha, dimana pertanaman yang terluas ada di Jawa Barat 13.135 ha, Papua 10.000 ha, Sulawesi Selatan 7.293 ha dan Sulawesi Utara 6.000 ha [22].

Briket arang dibuat dengan mencampurkan bahan-bahan yang memiliki nilai karbon tinggi dan dengan memampatkannya pada tekanan tertentu serta memanaskan pada suhu tertentu sehingga kadar airnya bisa ditekan seminimum mungkin sehingga dihasilkan bahan bakar yang memiliki densitas yang tinggi, nilai kalor yang tinggi serta asap buangan yang minimum I.

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 pada pembuatan briket 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 [16].

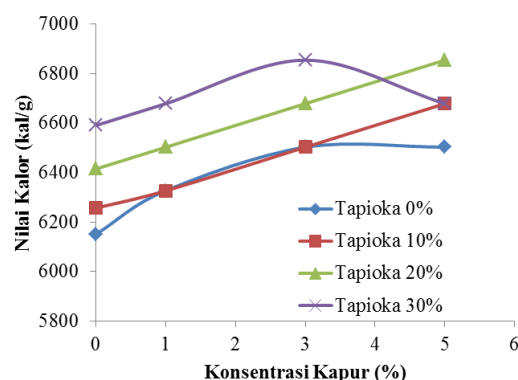
Metodologi Penelitian

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pelelepah aren (*Arenga pinnata*), tepung tapioka, kapur, dan air. Peralat yang digunakan dalam penelitian ini *furnace*, timbangan, *oven*, cawan porselen, desikator, *moisture analyzer*, *universal testing machine*, pencetak briket dan kalorimeter bom.

Pelelepah aren dipotong lebih kecil lalu dikeringkan. Pelelepah diarangkan dalam *furnace* pada suhu 350 °C selama 2 jam lalu didinginkan dalam desikator dan dihaluskan. 20 gram serbuk arang dicampurkan dengan perekat tepung tapioka yang telah ditambah air dengan perbandingan 1:10 dengan konsentrasi tepung tapioka 0%, 10%, 20% dan 30% (w/w) dan kapur 0%, 1%, 3% dan 5% (w/w) dari berat serbuk arang. Campuran dicetak dengan tekanan 80 kg/cm² lalu dikeringkan dengan suhu 105 °C selama 2 jam. Selanjutnya, briket dianalisa nilai kalor, kadar air, kadar abu, kadar bahan volatil, kadar karbon dan keteguhan tekan.

Hasil dan Pembahasan

Pengaruh Konsentrasi Perekat Tepung Tapioka dan Penambahan Kapur Terhadap Nilai Kalor Briket Pelelepah Aren



Gambar 1. Grafik Pengaruh Konsentrasi Perekat Tepung Tapioka dan Penambahan Kapur Terhadap Nilai Kalor Briket Pelelepah Aren

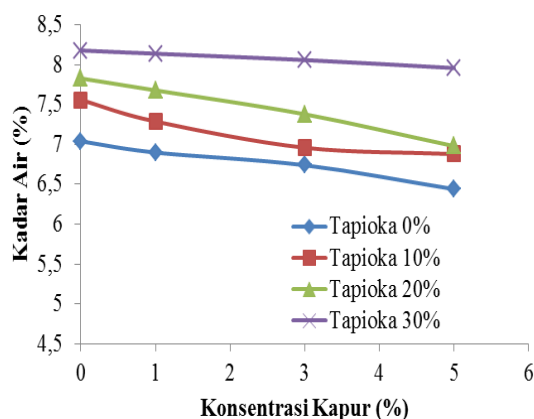
Nilai bakar atau nilai kalor merupakan nilai yang menunjukkan kandungan energi dalam bahan bakar [20]. Pada gambar 1 terlihat bahwa hubungan konsentrasi perekat tepung tapioka dan nilai kalor adalah sebanding. Ini ditunjukkan dengan meningkatnya konsentrasi perekat tepung tapioka yang digunakan menyebabkan nilai kalor juga meningkat pada setiap konsentrasi kapur yang sama.

Pada grafik tapioka 0%, 10% dan 20%, tampak kenaikan harga nilai kalor seiring dengan

naiknya konsentrasi kapur yang digunakan. Namun pada grafik tapioka 30%, harga nilai kalor justru menurun pada penambahan kapur 5%. Penyimpangan ini dapat disebabkan oleh karena konsentrasi air pada perekat yang semakin tinggi. Seperti diketahui, pembuatan perekat dilakukan dengan memanaskan tapioka dan air dimana perbandingan tapioka dan air adalah 1:10 [27]. Sementara itu, kapur yang digunakan hanya 5% b/b dari 20 gram arang yaitu sebanyak 1 gram. Akibatnya kapur ini tidak mampu banyak mengikat air dan menurunkan nilai kalor.

Semakin tinggi nilai kalor suatu briket, maka semakin baik kualitasnya. Kualitas nilai kalor briket akan meningkat seiring dengan bertambahnya bahan perekat dalam briket tersebut [1]. Bahan perekat memiliki sifat dapat meningkatkan nilai kalor karena mengandung unsur C [8]. Menurut Kalinauskaite (2012), briket dengan penambahan kapur memiliki nilai kalor yang lebih tinggi [23].

Pengaruh Konsentrasi Perekat Tepung Tapioka dan Penambahan Kapur Terhadap Kadar Air Briket Pelepeh Aren



Gambar 2. Grafik Pengaruh Konsentrasi Perekat Tepung Tapioka dan Penambahan Kapur Terhadap Kadar Air Briket Pelepeh Aren

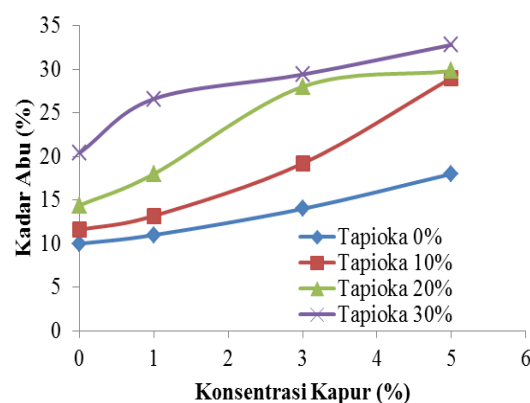
Kadar air merupakan jumlah air yang terkandung dalam bahan bakar [11]. Pada gambar 2 terlihat bahwa konsentrasi perekat tapioka dan penambahan kapur memberi pengaruh nyata terhadap persentase kadar air briket pelepeh aren. Pada konsentrasi kapur yang konstan, tampak kadar air briket pelepeh aren meningkat dengan bertambahnya konsentrasi perekat tapioka. Hal ini menunjukkan hubungan yang berbanding lurus antara konsentrasi perekat tapioka dengan kadar air briket pelepeh aren.

Pada konsentrasi perekat tapioka yang konstan, terlihat kadar air briket mengalami

penurunan seiring bertambahnya kapur yang digunakan, dimana briket dengan perekat 0% memiliki kadar air terendah dari semua perlakuan. Ozbayoglu dan Tabari dalam penelitiannya memperoleh adanya penambahan jumlah kapur membuat kandungan air briket semakin menurun dan briket memiliki kekuatan mekanik yang cukup tinggi [9]. Namun, karena penambahan jumlah bahan perekat membuat kadar airnya semakin tinggi karena air yang terkandung dari perekat itu sendiri ikut menambah kadar air briket secara keseluruhan. Reaksi eksotermis beberapa bahan perekat dan aditif seperti molase (*molasses*) dan kapur (*lime*) selama pembuatan briket akan mengurangi kadar air dari briket tersebut [26].

Kadar air untuk briket yang diproduksi adalah 8% (basis basah) [20]. Kadar air yang direkomendasikan untuk penyimpanan dan daya bakar yang baik sekitar 12 – 20% (basis basah) dimana bila kadar airnya melebihi 20% akan menghabiskan banyak energi selama pembakaran [21]. Kadar air yang rendah menghasilkan nilai kalor yang tinggi dan memudahkan dalam penyalan atau pembakaran awalnya. Sebaliknya, persentase kadar air yang tinggi akan menyebabkan nilai kalor briket yang dihasilkan tersebut menurun dan juga memungkinkan untuk tumbuhnya mikroba [1].

Pengaruh Konsentrasi Perekat Tepung Tapioka dan Penambahan Kapur Terhadap Kadar Abu Briket Pelepeh Aren



Gambar 3. Grafik Pengaruh Konsentrasi Perekat Tepung Tapioka dan Penambahan Kapur Terhadap Kadar Abu Briket Pelepeh Aren

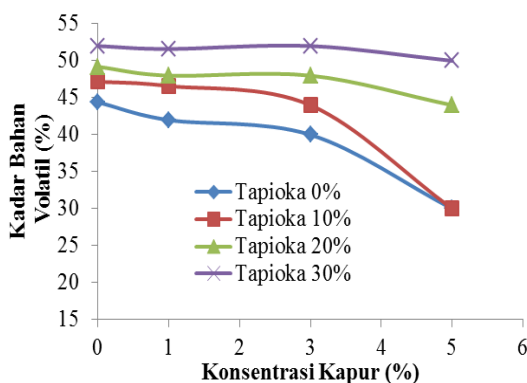
Abu merupakan materi anorganik yang tersisa setelah pembakaran biomassa. Abu terutama terdiri atas kalsium, magnesium, fosfor dan lain sebagainya [15]. Salah satu unsur dalam abu adalah silikat dan pengaruhnya kurang baik terhadap nilai kalor briket, dimana semakin

rendah kadar abu maka semakin baik kualitas briket [18].

Pada gambar 3 terlihat bahwa kadar abu meningkat dengan bertambahnya konsentrasi perekat tapioka 0%, 10%, 20% dan 30% pada konsentrasi kapur yang konstan. Kadar abu briket pelepah aren juga sebanding dengan penambahan konsentrasi kapur 0%, 1%, 3% dan 5% pada konsentrasi perekat tapioka yang konstan.

Kadar abu seharusnya lebih rendah dari 4% karena biomassa dengan kadar abu tinggi banyak terdiri atas logam – logam alkalin. Komponen – komponen ini membuat temperatur fusi yang rendah yang potensial membentuk kerak [19]. Onchieku dkk dalam penelitiannya menunjukkan bahwa peningkatan jumlah komposisi bahan tambahan pada briket membuat persentase kadar abu semakin tinggi [12]. Kalinauskaite (2012) dalam penelitiannya memperoleh hasil bahwa adanya penambahan kapur cenderung meningkatkan kadar abu dari briket. Hal ini dikarenakan bahan tambahan berupa perekat dan kapur sudah memiliki komponen – komponen anorganik dengan persentase kadar abu masing – masing, yang pada akhirnya menambah persentase kadar abu briket itu sendiri [23].

Pengaruh Konsentrasi Perekat Tepung Tapioka dan Penambahan Kapur Terhadap Kadar Bahan Volatil Briket Pelepah Aren



Gambar 4. Grafik Pengaruh Konsentrasi Perekat Tepung Tapioka dan Penambahan Kapur Terhadap Kadar Bahan Volatil Briket Pelepah Aren

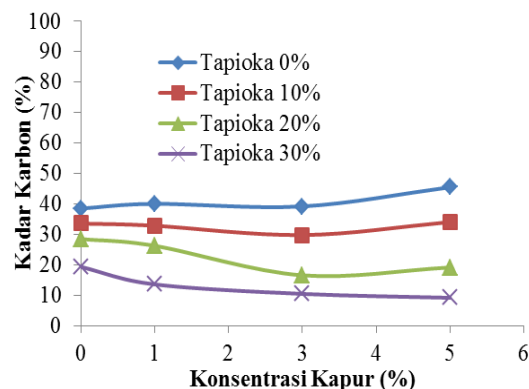
Kadar bahan volatil atau zat terbang merupakan zat yang dapat menguap sebagai hasil dekomposisi senyawa-senyawa di dalam suatu bahan selain air [4].

Pada gambar 4 terlihat bahwa pada konsentrasi kapur yang konstan, kadar bahan volatil briket pelepah aren meningkat dengan bertambahnya konsentrasi perekat tapioka dan berbanding terbalik terhadap penambahan kapur.

Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Onchieku dkk, persentase kadar bahan volatil cenderung menurun dengan peningkatan komposisi bahan tambahan pada briket seperti serbuk kapur [12]. Dari penelitian diperoleh nilai kadar bahan volatil yang tinggi. Tinggi rendahnya kadar bahan volatil briket arang yang dihasilkan dipengaruhi oleh jenis bahan baku, sehingga perbedaan jenis bahan baku berpengaruh nyata terhadap kadar zat menguap briket arang. Selain itu, tingginya kadar bahan volatil pada briket arang diduga disebabkan oleh kesempurnaan proses karbonisasi dan juga dipengaruhi oleh waktu dan suhu pada proses pengarangan. Semakin besar suhu dan waktu pengarangan maka semakin banyak zat volatil yang terbuang, sehingga pada saat pengujian akan diperoleh kadar bahan volatil yang rendah [6].

Kadar bahan volatil yang tinggi pada briket akan menimbulkan asap yang relatif lebih banyak pada saat briket dinyalakan. Hal ini disebabkan oleh adanya reaksi antara karbon monoksida (CO) dengan turunan alkohol [4]. Dalam hal ini serbuk kapur diharapkan dapat menangkap sulfur dioksida yang dilepaskan selama pembakaran briket [24].

Pengaruh Konsentrasi Perekat Tepung Tapioka dan Penambahan Kapur Terhadap Kadar Karbon Briket Pelepah Aren



Gambar 5. Grafik Pengaruh Konsentrasi Perekat Tepung Tapioka dan Penambahan Kapur Terhadap Kadar Karbon Briket Pelepah Aren

Karbon terikat menunjukkan jumlah arang yang tersisa setelah tahap devolatilisasi yaitu tahap pembakaran biomassa hingga semua komponen volatil teruapkan [11]. Karbon terikat bahan bakar merupakan persentase karbon yang tersisa dari pembakaran arang [3].

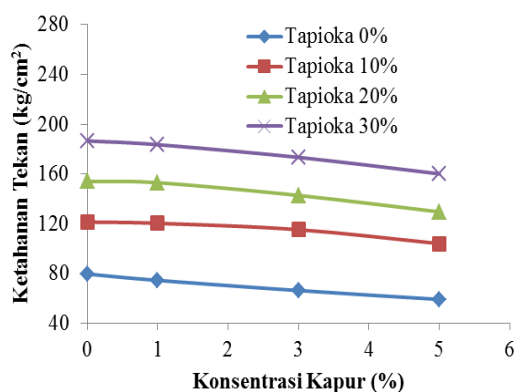
Pada gambar 5 terlihat bahwa pada konsentrasi kapur yang konstan, kadar karbon briket pelepah aren menurun seiring dengan peningkatan konsentrasi perekat tapioka dari 0%,

10%, 20% dan 30%. Pada peningkatan konsentrasi kapur 0%, 1%, 3% dan 5%, briket dengan konsentrasi perekat tapioka 0%, 10% dan 20% menunjukkan fluktuasi nilai kadar karbon. Pada konsentrasi perekat tapioka 30%, kadar karbon mengalami penurunan dengan kenaikan konsentrasi kapur.

Menurut Cory, semakin tinggi kadar bahan tambahan pada briket seperti perekat, air dan kapur akan maka kadar karbon briket akan semakin rendah. Hal ini dikarenakan briket arang yang menggunakan bahan tambahan dengan kadar yang tinggi akan menaikkan kadar abu dan kadar bahan volatil briket sehingga menurunkan kadar karbon terikat [27]. Fluktuasi yang terjadi sangat dipengaruhi oleh nilai kadar air, kadar abu dan kadar bahan volatil briket pelepah aren yang diperoleh.

Kadar karbon yang rendah membuat briket menjadi lama untuk menyala oleh api [3]. Hal ini dikarenakan tingginya kandungan air ataupun abu dalam briket. Melalui perhitungan, kadar karbon merupakan selisih dari 100% dengan total kadar air, kadar abu dan kadar bahan volatil. Semakin tinggi kadar karbon terikat menyebabkan nilai kalor juga tinggi [12].

Pengaruh Konsentrasi Perekat Tepung Tapioka dan Penambahan Kapur Terhadap Keteguhan Tekan Briket Pelepah Aren



Gambar 6. Grafik Pengaruh Konsentrasi Perekat Tepung Tapioka dan Penambahan Kapur Terhadap Keteguhan Tekan Briket Pelepah Aren

Keteguhan tekan menunjukkan kekuatan bahan bakar padat seperti briket untuk tidak pecah selama proses transportasi ataupun penyimpanan. Nilai keteguhan briket yang diijinkan untuk industri adalah 0,38 MPa atau sekitar 3874,783 kg/cm² [14]. Prinsip keteguhan tekan adalah mengukur kekuatan tekan briket dengan memberikan penekanan sampai briket pecah [6].

Pada gambar 6 menunjukkan hubungan yang sebanding antara nilai keteguhan tekan briket dan konsentrasi perekat. Penambahan kadar perekat yang digunakan akan menambah kuat ikatan antar partikel arang pada briket. Menurut Cory, semakin tingginya konsentrasi perekat ada kecenderungan semakin tinggi kekuatan pecahnya. Hal ini disebabkan dengan bertambahnya kadar perekat maka ikatan antar partikel arang akan semakin kuat sehingga keteguhan tekannya semakin tinggi [27].

Pada peningkatan jumlah kapur, mengakibatkan berkurangnya harga keteguhan tekan briket pelepah aren. Sebagaimana diketahui bahwa peningkatan jumlah kapur dapat mengurangi kandungan air pada partikel arang, ini akan membuat antar partikel arang semakin kering dan sulit untuk berikatan satu sama lain. Akibatnya, briket akan semakin rapuh dan menurun kekuatan pecahnya. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Ozbayoglu dimana nilai keteguhan tekan briket akan menurun dengan penambahan kapur [9].

Digunakannya perekat pati tapioka menyebabkan rendahnya ketahanan briket arang. Perekat ini memiliki sifat tidak tahan lembab dan dapat menyerap air dari udara sehingga mengurangi daya rekatnya, sehingga perekat ini membuat briket arang memiliki keteguhan tekan dan nilai kalor yang rendah [27]. Namun, karena pelepah aren memiliki struktur fisik yang keras sehingga kerapatan serat dan keteguhan tekannya tidak terlalu rendah. Hal ini sesuai dengan sifat briket arang kayu yang memiliki keteguhan tekan yang tinggi karena serat kayu lebih rapat dan komponen selulosa pada dinding sel lebih banyak [27] dimana selulosanya sebanyak 66,5%.

Kesimpulan

1. Briket pelepah aren dengan karakteristik yang terbaik yaitu dengan konsentrasi perekat tepung tapioka 0% dan konsentrasi kapur 5% dimana :
 - a. nilai kalor 6502,379 kal/g (SNI : minimal 5000 kal/g)
 - b. kadar karbon terikat 45,56% (Japan International Standard : 60 – 80%)
 - c. kadar air 6,44% (SNI : maksimal 8%)
 - d. kadar abu 18,00% (SNI : maksimal 8%)
 - e. kadar bahan volatil 30,00% (Japan International Standard : 15 – 20%)
 - f. keteguhan tekan 59,141 kg/cm²

Dari enam analisa yang telah dilakukan, terdapat beberapa karakteristik briket yang tidak memenuhi standar. Jadi, dapat disimpulkan bahwa pelepah aren kurang layak untuk dijadikan bahan baku briket.

Daftar Pustaka

- [1] Andes Ismayana, Moh. Rizal Afriyanto, Pengaruh Jenis dan Kadar Bahan Perekat Pada Pembuatan Briket Blotong Sebagai Bahan Bakar Alternatif, *J. Tek. Ind. Pert.* 21 (3) 2011, hal. 186-193.
- [2] C. Orwa, et al., Arenga pinnata, Agroforestry Database 4.0, 2009.
- [3] Ch.A.I. Raju, et al., Studies on Development of Fuel Briquettes using Biodegradable Waste Materials, *Journal of Bioprocessing and Chemical Engineering*, 2 (1), 2014.
- [4] D. Hendra, Pari G., Penyempurnaan Teknologi Pengolahan Arang, Laporan Hasil Penelitian Hail Hutan, Balai Penelitian dan Pengembangan kehutanan, Bogor, 2000.
- [5] Dedi Soleh Efendi, Aren, Sumber Energi Alternatif, *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 31 (2), 2009.
- [6] Diah Sundari Wijayanti. Karakteristik Briket Arang Dari Serbuk Gergaji Dengan Penambahan Arang Cangkang Kelapa Sawit. Skripsi, Departemen Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara, 2009.
- [7] E.A. Emerhi, Physical and Combustion Properties of Briquettes From Sawdust of Three Hardwood Species and Different Organic Binders, *Advances in Applied Science Research*, 2 (6), 2011, hal. 236-246.
- [8] F.S. Manik, Pemanfaatan Spent Bleaching Earth dari Proses Pemucatan CPO Sebagai Bahan Baku Briket, Institut Pertanian Bogor, 2010.
- [9] Gulhan Ozbayoglu, Kejhanak Rowshan Tabari, Briquetting of Iran-Angouran Smithsonite Fines, *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, 37, 2003, hal. 115-122.
- [10] H. Haykiri-Acma, S. Yaman, Production of Smokeless Bio-briquettes From Hazelnut Shell, Proceeding of the World Congress on Engineering and Computer Science WCECS, San Fransisco USA, 2010.
- [11] Ikelle Issie.Ikelle, Ogah Sule Philip Ivoms, Determination of the Heating Ability of Coal and Corn Cob Briquettes, *IOSR Journal of Applied Chemistry*, 7 (2), 2014, pp.77-82.
- [12] J.M. Onchieku, B.N. Chikamai, M.S. Rao, Optimum Parameters for The Formulation of Charcoal Briquettes Using Bagasse and Clay as Binder, *European Journal of Sustainable Development*, 1 (3), 2012, hal. 477-492.
- [13] J. Sahari, et al., Physical and Chemical Properties of Different Morphological Parts of Sugar Palm Fibres, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 2 (91): 2012, hal. 21-24.
- [14] Jitthep Prasityousil, Akarawit Muenjina, Properties of Solid Fuel Briquettes Produced From Rejected Material of Municipal Waste Composting, *Procedia Environmental Sciences* 17 (2013), hal. 603 – 610.
- [15] L. Librenti, Ceotto E., Di Candilo M., Biomass Characteristics and Energy Contents of Dedicated Lignocellulosic Crops, Third International Symposium of Energy from Biomass and Waste, 2010.
- [16] M.A. Akintunde, M.E. Seriki, Effect of Paper Paste on The Calorific Value of Sawdust Briquette, *International Journal of Advancements in Research and Technology*, 2 (1), January 2013.
- [17] Mahyuni Khairiyah Harahap. Analisis Keragaman Genetik Tanaman Aren (Arenga Pinnata Merr) Di Tapanuli Selatan Dengan Menggunakan Marka RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA). Tesis, Program Magister Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara, Medan, 2013.
- [18] Nodali Ndraha. Uji Komposisi Bahan Pembuat Briket Bioarang Tempurung Kelapa dan Serbuk Kayu Terhadap Mutu yang Dihasilkan, Skripsi, Departemen Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara, 2009.
- [19] N. Supatata, J. Buates, P. Hariyanont, Characterization of Fuel Briquettes Made from Sewage Sludge Mixed with Water Hyacinth and Sewage Sludge Mixed with Sedge, *International Journal of Environmental Science and Development*, 4 (2), April 2013.
- [20] O.M. Aina, A.C. Adetogun, K.A. Iyiola, Heat Energy From Value-Added Sawdust Briquettes of Albizia Zygia, *Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management*, 2 (1), 2009.
- [21] P.A. Idah, E.J. Mopah, Comparative Assesment of Energy Values of Briquettes from Some Agricultural By-products with Different Binders, *IOSR Journal of Engineering*, 3 (1), January 2013.
- [22] R.H. Akuba, Profil Aren, Pengembangan Tanaman Aren, Prosiding Seminar Nasional Aren, Tondano, Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain, 9 Juni 2004, hal. 1-9.
- [23] S. Kalinauskaite, et al., Biomass Preparation for Conversion Humidity and Value Assessment, *Agronomy Research Biosystem Engineering*, 1 (2012), hal. 115-122.

- [24] Somchai Osuwan, Kunchana Bunyakiat, Duangporn Theerapabpisit, In-situ Desulfurization of Coal Briquettes by Lime, *J. Sci. Soc.* 15 (1989) 17 – 37.
- [25] Suzdalenko V., et al., The effect of co-gasification of the biomass pellets with gas on the thermal degradation of biomass, *Chemical Engineering Transactions* 24, 7-12, DOI: 10.3303/CET1124002, 2011.
- [26] W.D. Winship, Briquetting – An Economic Solution for The Production of Ferro-Chrome in South Africa, 15th Biennial Conference, The Inst for Briquetting and Agglomeration, 15 (1977), pp. 139-151.
- [27] Yase Defirsa Cory. Pengaruh Kadar Perekat dan Tekanan Kempa Terhadap Sifat Fisis dan Kimia Briket Arang Dari Serasah Daun *Acacia mangium*. Skripsi, Jurusan Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor, 2001.