

UJI KUALITAS BRIKET ARANG BUAH PINUS HASIL PIROLISIS SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF

Al Gazali¹, M. Tang²

^{1,2} Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa, Makassar

Abstrak

Sumber bahan bakar utama masyarakat saat ini adalah gas dan bahan bakar dari bahan fosil yang merupakan bahan bakar yang tak dapat diperbaharui (*nonrenewable*). Bioarang buah pinus atau dikenal dengan buah tusam bisa menjadi bahan bakar alternatif khususnya bagi masyarakat yang berdomisili disekitar kawasan hutan pinus atau bagi kalangan industri rumah tangga. Briket berkualitas tinggi dapat dihasilkan dari proses pirolisis, yaitu suatu proses termal dengan kondisi sedikit atau tanpa adanya oksigen. Variabel yang diamati pengaruhnya terhadap mutu briket yaitu sifat fisik dan kimia dengan analisis proximate arang briket buah tusam, juga komposisi terbaik buah tusam dengan variasi konsentrasi kanji sebagai bahan perekatnya serta kualitas pembakaran briket buah tusam. Kegunaan penelitian ini yaitu sebagai bahan informasi bagi masyarakat umum yang tertarik untuk menggunakan briket sebagai bahan bakar. Hasil terbaik ditunjukkan pada rasio 85 : 15 % berat, dimana Uji sifat kimia kadar abu : 1.50 % berat; zat mudah menguap: 21.08 % berat; karbon tetap : 70.20 % berat. dan uji kualitas sifat fisika Nilai kalor : 6.577 kkal/kg; Kadar air : 6.87 %, dan Kualitas bakar selama 99 menit.

Kata Kunci: buah tusam/pinus, arang briket, pirolisis

Abstract

[Title : *Bricket Quality Testing Phyrolysis Results Of Pine Charcoal As Alternative Fuel*] The main source of fuel for society today is gas and fuel from non-renewable (*non-renewable*) fuels. Pine fruit charcoal or known as tusam fruit can be an alternative fuel, especially for people who live around pine forest areas or for home industries. High quality briquettes can be produced from the pyrolysis process, which is a thermal process with little or no oxygen. The variables that were observed to have an effect on the quality of the briquettes were physical and chemical properties with proximate analysis of tusam fruit briquette charcoal, also the best composition of tusam fruit with variations in starch concentration as the adhesive material and the quality of burning tusam fruit briquettes. The purpose of this research is as information material for the general public who are interested in using briquettes as fuel. The best results are shown in the ratio of 85 : 15% by weight, where the chemical properties test ash content: 1.50% by weight; volatile substances: 21.08% by weight; fixed: 70.20% carbon by weight. and quality test of physical properties Calorific value : 6,577 kkal/kg; Moisture content: 6.87%, and the quality of the burn for 99 minutes.

Keyword : tusam/pine fruit, charcoal briquettes, pyrolysis

1. PENDAHULUAN

Wacana tentang peningkatan sumber energi terbarukan (*renewable*) saat ini terus mengalami perkembangan terutama di Indonesia yang ketergantungan konsumsi masyarakatnya masih mengandalkan minyak bumi, batu bara, dan gas alam untuk memenuhi sebagian besar kebutuhan energinya. Padahal, stok bahan bakar fosil sebagai sumber energi saat ini terus berkurang. Berdasarkan data Kementerian ESDM tahun 2012, total

cadangan minyak Indonesia telah menurun menjadi 7,41 milyar barel, cadangan terbukti gas bumi sebesar 103,35 TCF dan cadangan batubara sebesar 28,9 miliar ton. Hal ini kemudian menyebabkan semakin tingginya impor minyak mentah Indonesia (Sugiyono dkk., 2014).

Untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak, batubara dan gas pemerintah telah menerbitkan Peraturan Pemerintah Nomor 79 tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN) dan UU NO.

Al Gazali

E-mail : banggess73.universitاسbosowa.ac.id

C-11-1

30/2007 tentang Energi untuk mengembangkan sumber energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar minyak. Kebijakan tersebut menekankan Dalam KEN tersebut telah diamanatkan target pencapaian bauran energi primer yang optimal yaitu pada tahun 2025 peran energi baru terbarukan paling sedikit 23% dan pada tahun 2050 paling sedikit 31%. Potensi biomassa ini sangat besar apabila dijadikan sumber energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar minyak, khususnya untuk kebutuhan energi rumah tangga mensubstitusi penggunaan gas yang telah dikurangi subsidiya oleh pemerintah.

Sulawesi Selatan memiliki potensi lahan tanaman pinus seluas 69.902 hektare, khususnya Desa Tinggi Moncong Kabupaten Gowa yang merupakan daerah kawasan hutan pinus. Bertitik tolak pada harapan pemerintah dan pola konsumsi energi masyarakat khususnya rumah tangga, maka lahirnya energi alternatif dalam bentuk biomassa dengan memanfaatkan buah pinus dalam bentuk briket dapat menjadi solusi alternatif. Dalam bentuk briket, buah pinus menjadi lebih kompak dan mudah penanganannya. Di samping itu, penggunaannya sebagai bahan bakar akan lebih mudah dan tidak menimbulkan asap jika dipakai memasak. Bara yang terbentuk akan lebih tahan lama dengan suhu pembakaran yang lebih tinggi (Abdullah, 1991). Briket arang dapat dibuat dengan dua cara yaitu dengan membuat arang kemudian dihaluskan dan selanjutnya dibuat briket, dan atau dengan membentuk briket dengan cara memampatkan dan diarangkan. Teknik lainnya adalah melalui proses pirolisis yaitu pemanasan bahan baku pada ruang tertutup dengan kadar oksigen yang relatif rendah.

a. Rumusan Masalah

Masalah yang akan dipecahkan pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana mutu arang buah pinus yang dihasilkan dari proses pirolisis dengan pengarangan dengan sedikit atau tanpa oksigen?

2. Bagaimana komposisi terbaik dari briket buah pinus dengan variasi konsentrasi kanji sebagai bahan perekat?

b. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi penting bagi peningkatan ekonomi masyarakat melalui usaha arang briket yang berkualitas, khususnya disekitar kawasan hutan pinus. Serta menjadi energi alternatif atau sebagai pengganti utama dari bahan bakar fosil, sekaligus memberikan manfaat tambahan dari adanya perkebunan pinus selain karet dan kayu yang dihasilkan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

1. Pinus/Tusam

a. Klasifikasi

Di Indonesia Pinus mempunyai nama lain yaitu tusam. Penyebaran pinus di Indonesia meliputi Pulau Jawa, Sumatera, dan Sulawesi. Berdasarkan klasifikasi tumbuhan, pinus (*P. merkusii*) termasuk dalam famili Pinaceae. Klasifikasi morfologi gmelina sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Sub Divisi	: Gymnospermae
Kelas	: Dicotyledonae
Ordo	: Coniferales
Family	: Pinaceae
Genus	: Pinus
Spesies	: <i>Pinus merkusii</i> Jungh. at de Vriese.

b. Deskripsi Botani

P.merkusii merupakan jenis pohon daun jarum yang memiliki ketinggian pohon mencapai 60 m sampai dengan 70 m dengan besar diameter 100 cm. Batang berbentuk bulat dan lurus, kulit berwarna coklat tua, kasar beralur dalam dan menyerpih dalam kepingan panjang. Kayu bertekstur halus, bila diraba licin dan mengandung damar (resin), permukaan mengkilap warna kuning muda, serat halus.

Pohon pinus memiliki buah berbentuk kerucut, silindris dengan panjang 5-10 cm dan lebar 2-4 cm. Lebar setelah terbuka lebih dari 10 cm. Benih pinus memiliki sayap yang dihasilkan dari dasar setiap sisik buah. Setiap sisik menghasilkan 2 benih dengan panjang

sayap 22-30 mm dan lebar 5-8 mm. Sayap melekat pada benih dengan penjepit yang berhubungan dengan jaringan higroskopis di dasar sayap, sehingga benih tetap melekat saat disebarkan angin selama sayap kering, tetapi segera lepas bila kelembaban benih meningkat. Dalam satu strobili buah umumnya terdapat 35-40 benih per kerucut dengan jumlah benih 50.000-60.000 benih per kg. (Hidayat dan Hansen 2001).

c. Arang Briket

1. Briket dan bahan perekat

Briket adalah arang yang diolah lebih lanjut menjadi bentuk briket yang kemudian disebut Arang Briket (penampilan dan kemasan yang lebih menarik) yang dapat digunakan untuk keperluan energi sehari-hari. Pembuatan arang briket dari limbah industri pengolahan kayu dilakukan dengan cara penambahan perekat tapioka, dimana bahan baku diarangkan terlebih dahulu kemudian ditumbuk, dicampur perekat, dicetak (kempa dingin) dengan sistem hidraulik manual selanjutnya dikeringkan (Pari, 2002).

Menurut Tsoumis(1991), mengemukakan bahwa briket juga terbuat dari residu berkarbon, dan digunakan untuk pembakaran dan kegunaan lain yang berhubungan. Menurut Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian, pembuatan briket membutuhkan bahan perekat supaya briket tidak mudah hancur. Sudrajat (1983) menyatakan bahwa jenis perekat berpengaruh terhadap kerapatan, ketahanan tekan, nilai kalor bakar, kadar air, dan kadar abu. Terdapat dua golongan perekat dalam pembuatan briket, yaitu perekat yang berasap (tar, pitch, clay, dan molases) dan perekat yang kurang berasap (pati, dekstrin, dan tepung beras). Pemakaian tar, pitch, clay, dan molases sebagai bahan perekat menghasilkan briket yang berkekuatan tinggi tetapi mengeluarkan banyak asap jika dibakar. Asap yang terjadi pada saat pembakaran, disebabkan adanya komponen yang mudah menguap seperti air, bahan organik, dan lain-lain.

Bahan perekat dari tumbuh-tumbuhan seperti pati (tapioka) memiliki keuntungan

dimana jumlah perekat yang dibutuhkan untuk jenis ini jauh lebih sedikit bila 5 dibandingkan dengan bahan perekat hidrokarbon. Namun kelemahannya adalah briket yang dihasilkan kurang tahan terhadap kelembaban. Hal ini disebabkan tapioka memiliki sifat dapat menyerap air dari udara. Kadar perekat yang digunakan untuk briket arang umumnya tidak lebih dari 5% (Hartoyo dan Roliandi 1978).

2. Parameter dalam pembuatan arang briket

Menurut Sukandarrumidi (2006) beberapa parameter yang perlu diperhatikan dalam pembuatan briket adalah:

1. Ukuran butir
2. Tekanan mesin pencetak
3. Kandungan

3. Pembuatan briket arang

Ada beberapa tahap penting yang perlu dilalui di dalam pembuatan arang briket yaitu, pembuatan serbuk arang, pencampuran serbuk arang dengan perekat, pengempaan, dan pengeringan (Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, 1994):

1. Pembuatan serbuk arang sebaiknya partikel arang mempunyai ukuran 40-60 mesh.
2. Pencampuran serbuk arang dengan perekat bertujuan untuk memberikan lapisan tipis dari perekat pada permukaan partikel arang.
3. Pengempaan briket arang dapat dilakukan dengan alat pengepres tipe compression atau extrusion.
4. Pengeringan Briket yang dihasilkan setelah pengempaan masih mengandung air yang cukup tinggi (sekitar 50%).

d. Standar Mutu Briket Arang

Badan Standarisasi Nasional (2000) briket bioarang yang memenuhi standar sebagai bahan bakar, dilihat dari kadar air, kadar volatile matter, kadar abu, nilai kalor. Kualitas standar briket arang dengan bahan kayu Standarisasi briket arang (SNI 01-6235-2000).

Kualitas briket arang dapat dinilai dari beberapa parameter sebagai berikut:

1. Nilai kalor

Menurut Koesoemadinata (1980), nilai kalor bahan bakar adalah jumlah panas yang

dihasilkan atau ditimbulkan oleh suatu gram bahan bakar tersebut dengan meningkatkan temperatur 1 gr air dari 3,5 °C – 4,50 °C, dengan satuan kalori.

2. Kadar air (*Moisture*)

Kandungan air yang tinggi menyulitkan penyalaan dan mengurangi temperatur pembakaran. Kadar Abu (*Ash*)

Abu sebagai bahan yang tersisa dan apabila kayu dipanaskan sampai berat yang konstan. Kadar abu ini sebanding dengan berat kandungan bahan anorganik di dalam kayu.

3. Kadar zat mudah menguap (*volatile matter*)

Zat mudah menguap dalam biobriket arang adalah senyawa-senyawa selain air, abu dan karbon. Zat menguap terdiri dari unsur hidrogen, hidrokarbon CO₂ - CH₄, metana dan karbon monoksida. Adanya unsur hidrokarbon (alifatik dan aromatik) akan menyebabkan makin tinggi kadar zat yang mudah menguap sehingga biobriket arang akan menjadi mudah terbakar karena senyawa alifatik dan aromatik ini mudah terbakar. Yuwono (2009) mendefinisikan kadar zat mudah menguap sebagai kehilangan berat (selain karena hilangnya air) dari arang yang terjadi pada saat proses pengarangan berlangsung selama 7 menit pada suhu 9000 C pada tempat tertutup tanpa adanya kontak dengan udara luar.

4. Kualitas Bakar

Menyangkut kualitas bakar menurut Samsiro, M (2007), adalah biobriket dengan tingkat polusi paling rendah dan pencapaian suhu maksimal paling cepat dan mudah terbakar pada saat penyalannya. Dari hasil penelitiannya didapatkan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik pembakaran biobriket, antara lain :

1. Laju pembakaran biobriket paling cepat adalah pada komposisi biomassa yang memiliki banyak kandungan *volatile matter* (zat-zat yang mudah menguap).
2. Kandungan nilai kalor yang tinggi pada suatu biobriket saat terjadinya proses pembakaran biobriket akan mempengaruhi pencapaian temperatur yang tinggi pula pada biobriket, namun pencapaian suhu optimumnya cukup lama.

3. Semakin besar berat jenis (*bulk density*) bahan bakar maka laju pembakaran akan semakin lama.

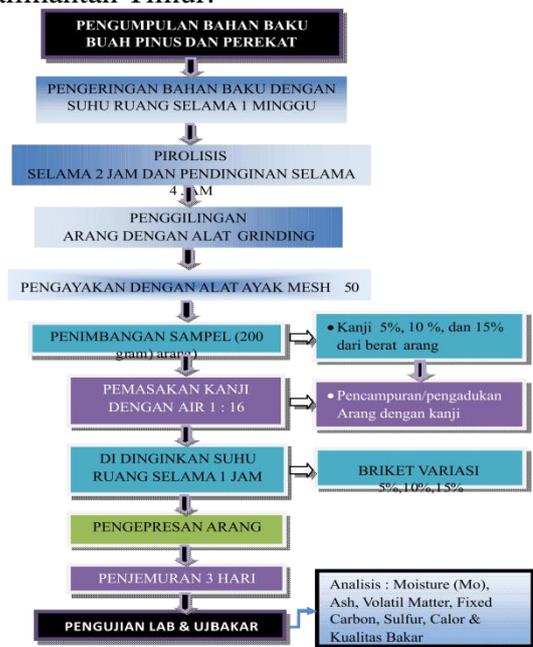
e. Pembuatan Briket Arang

Ada beberapa tahap penting yang perlu dilalui di dalam pembuatan arang briket yaitu, pembuatan serbuk arang, pencampuran serbuk arang dengan perekat, pengempaan, dan pengeringan (Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, 1994).

3. METODE PENELITIAN

a. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei - Oktober 2018 pada dua tempat, yaitu Laboratorium Kimia - Program Studi Teknik Kimia, Universitas Bosowa Makassar dan Laboratorium Sucofindo Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur.



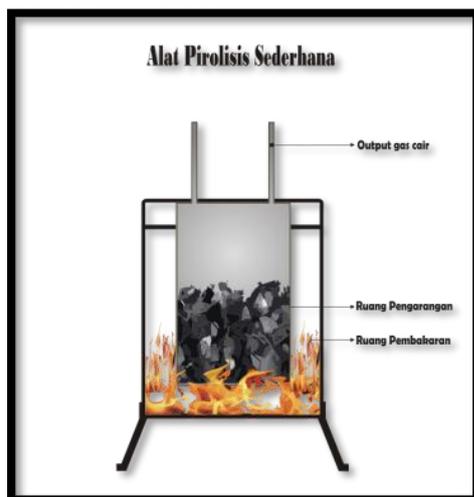
Gambar 1 : Flow Chart Penelitian

b. Bahan

Bahan yang digunakan adalah buah pinus/tusam yang kering dan baik, ditambah dengan bahan pendukung lainnya seperti tepung kanji, kawat krom, aluminium foil. Buah tusam diambil dari Dusun Patalassang, Desa Tombolo Pao Kecamatan Tombolo Pao Kabupaten Gowa dengan bahan perekat kanji dengan berbagai konsentrasi.

c. Alat

Rangkaian alat utama yang digunakan dalam penelitian pembuatan briket dari arang buah pinus yakni pirolisator dan (press briket). serta alat uji kualitas bakar tersedia pada laboratorium Teknik Kimia Unibos Makassar. Ditambah alat pendukung lainnya seperti timbangan analitik, labu ukur, stopwatch, dan thermometer infrared.



Gambar 2 Rangkain alat pirolisis

Selain alat-alat yang disebutkan di atas, alat-alat penunjang penelitian seperti grinding, pengayak berserta saringan ukuran 50 mesh, oven, desikator, timbangan analitik, bomb calorimeter, dan tanur thermoline tersedia di laboratorium laboratorium sucofindo Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur.

d. Cara Kerja

1. Pengarangan buah pinus

Proses pembuatan arang dilakukan dengan menggunakan tangki pirolisator dimana waktu pengarangan selama 1-2 jam pada suhu antara 200-450 °C, Setelah dingin, arang dalam tungku dikeluarkan dan selanjutnya ditimbang beratnya. Arang kemudian digrinding dan diayak (sieving) dengan variasi ukuran partikel 50 mesh.

2. Pembuatan perekat kanji

Pembuatan perekat kanji dengan konsentrasi (5%, 10% dan 15%) didasarkan pada jumlah keseluruhan dari berat campuran yang akan dicetak.

3. Pembuatan briket arang

Arang buah pinus yang sudah digiling dengan ukuran partikel 50 mesh ditimbang

sebanyak 200 gr, kemudian arang dicampur dengan perekat kanji dengan konsentrasi 5%, kemudian diaduk sampai homogen. Campuran tersebut dimasukkan ke dalam alat cetak dan dipampatkan (ditekan) dengan mesin penekan dengan kekuatan tertentu.

4. Pengukuran kualitas briket arang

Pada proses pengujian kualitas arang sampel briket dilakukan pada dua aspek sifat, yakni sifat fisika dan sifat kimia sebagai berikut:

1. Pengujian sifat fisika arang briket

- Kadar air (moisture)
- Nilai kalor (VC)
- Kualitas bakar

2. Pengujian sifat kimia arang briket

- Kadar Abu (Ash Content)
- Volatil Matter (Kadar Zat Mudah Menguap) dan
- Carbon Terikat (Fixed carbon)

5. Pengolahan Data

Faktor yang diuji dalam penelitian ini adalah konsentrasi bahan perekat kanji 5%; 10%; dan 15% dengan menggunakan buah tusam/pinus sebagai bahan baku.

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

a. Hasil Penelitian

Faktor yang diuji dalam penelitian ini adalah konsentrasi bahan perekat kanji 5%; 10%; dan 15% dengan menggunakan buah tusam/pinus sebagai bahan baku.

Hasil uji dapat dilihat pada tabel 1 berikut :

Ratio	Aspek Analisa Bahan					
	Mo %	Ash %	VM %	FC %	TS %	Kal. Kcal/kg
95 : 5	7.79	1.75	21.70	59.01	0.033	5.778
90 : 10	8.77	1.68	24.09	65.46	0.034	6.461
85 : 15	6.87	1.50	21.08	70.20	0.036	6.577

1. Kualitas kadar air (*moisture*) buah pinus

Analisis kadar air (moisture) dilakukan untuk agar didapatkan tingkat pengaruh pembakaran awal dari briket, karena kadar air yang tinggi akan mengurangi nilai kalori briket sebagai sumber energi utama pembakaran. Dari data di atas menunjukkan bahwa komposisi/rasio 85;15 berat

2. Kualitas kadar abu (*ash content*)

Nilai kadar abu (*ash content*) yang dikandung bahan bakar briket merupakan mineral yang tidak dapat terbakar dan tertinggal di akhir pembakaran. Semakin tinggi nilai kadar abu maka semakin rendah kandungan kalor serta kualitas bakarnya. Dalam data tersebut di atas menunjukkan bahwa rasio *ash content* briket terendah adalah komposisi 85:15 yang mana hanya mengandung 1,50% berat. Sehingga rasio tersebut adalah rasio terbaik dalam susunan komposisi berat antara arang buah pinus/tusam dan perekat kanji.

3. Kualitas zat abu terbang (*volatile matter*)

Untuk nilai kadar zat abu terbang (*volatile matter*) dikenal pula dengan zat abu terbang menunjukkan tingkat kemudahan bahan bakar tersebut terbakar dan menyala. Sehingga semakin tinggi kandungan zat abu terbang maka semakin mudah bahan bakar tersebut menyala dan terbakar.

Data menunjukkan kandungan tertinggi adalah rasio 90:10 = 24.09 % berat, dan terendah adalah rasio 85:15 = 21.08 % berat. kandungan *volatile matter* pembakaran adalah nilai yang

4. Kualitas karbon tetap (*fixed carbon*)

Fraaksi carbon (C) dalam bahan bakar adalah jumlah carbon terikat (*fixed carbon*) dan kadar karbon pada briket berpengaruh terhadap kualitas briket. Semakin besar kadar karbon briket maka semakin tinggi pula nilai kalor pada briket. Dari grafik hasil pengukuran kadar karbon menunjukkan bahwa nilai kadar karbon tertinggi pada rasio 85:15 = 70,2% berat. Sedangkan kandungan karbon terendah pada rasio 95:5 = 59.01% berat.

5. Kualitas Sulfur Total (*Total Sulfur*)

Kadar sulfur untuk semua perbandingan rasio ukuran antara bioarang buah pinus/tusam keseleuruhan hasil adalah negatif, serta

memenuhi standar mutu dan karakteristik briket untuk rumah tangga atau di bawah 1% (KESDM, 1993).

6. Kualitas nilai kotor kalori (*gross calorific value*)

Makin tinggi nilai kalori briket makin bagus kualitas briket tersebut karena efisiensi pembakarannya tinggi. Dan nilai kalori dari ketiga rasio bioarang buah pinus dan perekat kanji semua memenuhi standart briket yakni diatas 5000/kal/gram sebagai pengganti minyak tanah. (Widyawati, 2006: 9). Nilai kalori tertinggi adalah rasio 85:15 = 6.577 Kcal/Kg berat, sedangkan yang terendah adalah rasio 95:5 = 5.778 Kcal/Kg.

7. Kualitas bakar briket buah pinus

Daya bakar merupakan perbandingan antara banyaknya bahan yang terbakar terhadap waktu yang diperlukan untuk membakar jumlah bahan tersebut. Kualitas dan efisiensi pembakaran dipengaruhi oleh lama tidaknya menyala. semakin lama menyala dengan nyala api konstan maka akan semakin baik. Dari grafik di atas menunjukkan bahwa rasio 85:15 % berat memiliki waktu pembakaran paling lama yakni 99 menit.

5. KESIMPULAN

a. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa : Dari hasil pengamatan dan pembahasan hasil uji kualitas briket berbahan dasar biomassa buah pinus/tusam hasil pirolisis dengan perekat kanji dalam % berat (5%; 10% dan 15%) dengan 3 (tiga) variasi yakni rasio (95:5) ; (90:10) dan (85:15) maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Untuk kualitas terbaik berdasarkan uji sifat kimia, yakni : kadar abu (*ash*), zat mudah menguap (*volatile matter*), karbon tetap (*fixed carbon*), dan sulfut total (*total sulfure*) adalah pada rasio 85:15 % berat. Dimana;

- Kadar Abu : **1.50** % berat;
- Zat Mudah Menguap: **21.08** % berat;
- Karbon Tetap : **70.20** % berat;

Khusus untuk kadar sulfur nilai terendah adalah pada rasio 95:5 % berat, namun secara

keseluruhan rasio memenuhi nilai ketetapan standarisasi kandungan sulfur (permen ESDM no. 47 tahun 2016) yakni di bawah 1% berat.

2. Untuk kualitas terbaik berdasarkan uji sifat fisika, yakni : kalori (*calor*), kadar air (*moisture*), serta kualitas bakar adalah pada rasio 85:15 % berat. Dimana;

- Nilai kalor : 6.577 kcal/kg;
- Kadar air : 6.87 %, dan
- Kualitas bakar : 99 menit

Untuk kualitas bakar komposisi terbaik pada rasio 85:15 % berat, dengan waktu pembakaran terlama yakni : 99 menit.

REFERENSI

- Anonim. Undang-Undang No. 30 tahun 2007 Tentang Energi.
- Anonim. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 79 tahun 2014 Tentang Komite Energi Nasional.
- Abdullah, 1991. *Energi dan tingkat kemajuan Teknologi*. Jakarta. Penerbit Sinar Harapan
- Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, 1994. *Pedoman Teknis Pembuatan Briket Arang*, Bogor: Departemen Kehutanan.
- BSN, 1996. *Arang aktif teknis*, Jakarta: Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- Capah, A. G. 2007. *Pengaruh Kosentrasi Perekat dan Ukuran Serbuk terhadap Kualitas Briket Arang dari Limbah Pembalakan Kayu Mangium (Acacia mangium Willd)*. [Skripsi]. Departemen Kehutanan. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Hartoyo, J., H. Roliandi, 1978. *Percobaan Pembuatan Briket Bioarang Dari Lima Jenis Kayu. Indonesia*. Laporan Penelitian Lembaga Hasil Hutan, Bogor
- Hartoyo, 1983. *Pembuatan Arang dari Briket Arang Secara Sederhana dari Serbuk Gergaji dari Limbah Industri Perakayuan Bogor*, Puslatbang Hasil Hutan
- Hidayat, J. dan Hansen. 2001. Informasi singkat Benih ; http://bpthbalinusra.net/sbseedleaflet_105-tusam-pinus-merkusii-jungh.html.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM). (1993). *Pedoman pembuatan dan pemanfaatan batu bara dan bahan bakar padat berbasis batu bara*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pertambangan Umum.
- Pari, G. 2002. *Industri Pengolahan Kayu Teknologi Alternatif Pemanfaatan Limbah* [makalah falsafah sains]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Prananta, J. 2007. *Pemanfaatan Sabut dan Tempurung Kelapa serta Cangkang Sawit untuk Pembuatan Asap Cair Sebagai Pengawet Makanan Alami*, Teknik Kimia Universitas Malikussaleh Lhokseumawe. Aceh.
- Syamsiro, M. dan Harwin Saptoadi, 2007. *Pembakaran Briket Biomassa Cangkang Kakao: Pengaruh Temperatur Udara Preheat*. Seminar Nasional Teknologi 2007 (SNT 2007) Yogyakarta,
- Sudradjat, R. 1983. *Pengaruh Bahan Baku, Jenis Perekat dan Tekanan Kempa Terhadap Kualitas Briket Arang*, Laporan NO.165. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan Bogor. Indonesia.
- Sugiyono, A., Anindhita, Boedoyo, M.S., dan Adiarso. Outlook energi Indonesia 2014 : *Pengembangan Energi Untuk Mendukung Program Substitusi BBM*. Jakarta : Pusat Teknologi Pengembangan Sumberdaya Energi BPPT, 2014.
- Sukandarrumidi. 2006. *Batubara dan Pemanfaatannya*, Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada Press.
- Tjitrosoepomo, G. 1985. *Morfologi Tumbuhan*. Gajah Mada University Press: Yogyakarta.
- Tsoumis, G. 1991, *Science of Technology of Wood : Structure, Properties, Utilization*, Newyork, Van Nostrand Reinhard.
- Widarto dan Suryanta, 1995. *Membuat Bioarang Dari Kotoran Lembu*, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Widyawati, Prima. 2006. *Pengembangan Abu Bagase dan Blotong Sebagai Bahan Baku Briket*. Malang: Unibra.