



Available at www.mst.ft.ugm.ac.id
Jurnal Sistem Teknik



PENGARUH PERLAKUAN BAHAN BAKU DAN TEKANAN PENGEMPAAN PADA PEMBUATAN BRIKET BIOARANG DARI PELEPAH SALAK (*SALACCA EDULIS*) SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF

Heni Ekawati ^{*1}, Arief Budiman² dan Subarmono³

¹Konsentrasi Teknologi Pemanfaatan dan Pengelolaan Sampah/Limbah Padat Perkotaan, Minat Studi Magister Sistem Teknik, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

²Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

³Jurusan Teknik Meisn dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

*Correspondence : henieka@yahoo.co.id

Abstract

The energy crisis resulted from the increasing of fossil fuel consumption forces us to find energy alternative sources. Biomass is one of environment friendly renewable alternative energy resources which its utilization nowadays has not been optimal. Biomass represent the substance involve which usually considered as garbage and often annihilated by burned. In fact the biomass can be processed become the bio-char briquette which have high heating value and can be used in daily life. This research conducted by the making of charcoal briquette made from salacca (*Salacca edulis*) stem waste. Parameter studied began by treatment of raw materials and compaction pressure. The process started by carbonization of salacca stem waste bark in metal kiln until become the charcoal. Then the result was mixed with the starch powder which was added with water and heated until it changed become pasta that later become a glue with the ratio of charcoal 10 kg : water 10 kg : starch powder 1 kg. And then it was pressed by using a screw press until it changed become briquette. Next, that briquette was tested its physical and chemical characteristics such as : moisture content, ash content, carbon content, hardness, and the heating value. The result of this research showed that generally the treatment towards trunks/branches could produce the physical and chemical characteristics which is better than other treatments. At the optimal condition resulted briquette with characteristics : moisture content 4,5687%, ash content 19,85%, fixed carbon 36,332%, volatile matter 39,25% and heating value 5.250,87 kal/g.

Sejarah:

Diterima 10 Mei 2010

Diterima revisi 2 Juni 2010

Disetujui 2 Juli 2010

Tersedia online 1 Agustus 2010

Keywords:

Salacca Stem Waste
Metal Kiln
Charcoal
Briquette

1. Pendahuluan

Laju pertumbuhan ekonomi dan bertambahnya jumlah penduduk akan menambah tingkat konsumsi energi serta akan meningkatkan masalah timbulnya sampah/limbah. Keadaan ini akan mengakibatkan menipisnya cadangan sumber energi terutama minyak bumi yang merupakan sumber energi tak terbarukan (*non renewable*). Untuk mengantisipasi hal tersebut selain diperlukan program hemat energi, juga perlu dicari energi alternatif yang dapat menahan laju ekstraksi sumber daya energi fosil dengan pengolahan dan pemanfaatan sampah/limbah, sehingga dalam jangka panjang dapat menjadi pengganti bahan bakar minyak bumi yang ramah lingkungan. Salah satu sumber energi yang mempunyai potensi pengganti sumber energi terbarukan (*renewable resource*) dan ramah lingkungan adalah biomassa.

Biomassa merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang menduduki peringkat keempat penyedia energi global setelah batu bara, minyak dan gas alam (Ronghou dkk., 1999). Di Indonesia, biomassa merupakan sumber energi alternatif terbesar yang dapat dimanfaatkan dengan potensi energi sekitar 885 juta GJ/tahun yang berasal dari limbah industri, hutan, perkebunan, pertanian dan sampah. Jika diasumsi nilai kalor minyak bumi sekitar 43 MJ/kg, maka potensi total limbah biomassa ekuivalen dengan sekitar 20 juta ton/tahun minyak bumi (Balitbang, 2004).

Bahan bakar yang diperoleh dari konversi biomassa mempunyai kandungan sulfur yang sangat rendah serta kandungan karbondioksida yang seimbang di atmosfer sehingga menghasilkan energi pembakaran yang lebih aman bagi lingkungan (Bryden, 2002). Dari kenyataan tersebut pengembangan biomassa menjadi sumber energi akan sangat strategis jika dihubungkan dengan perubahan iklim global oleh adanya pencemaran udara akibat pemakaian bahan bakar fosil.

Teknologi yang banyak dikembangkan dan lebih efektif untuk mengkonversi limbah biomassa berkualitas rendah menjadi sumber energi dalam bentuk padat yang bernilai tinggi adalah *slow pyrolysis* (Karosmonaglu, 1999). Hasil padat yang diperoleh berupa bio-arang yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan antara lain briket dan karbon aktif.

Menurut Abdullah (1991), pengarangan merupakan proses pirolisis primer lambat dan merupakan teknologi yang telah dipraktekkan sejak 10.000 tahun yang lalu. Pirolisis adalah penguraian biomassa (*lysis*) karena panas (*pyro*) pada suhu lebih dari 150 °C. Sedang pirolisis primer adalah pirolisis yang terjadi pada bahan baku (umpan), yang terjadi pada suhu 150°C – 300°C dengan hasil penguraian yang utama adalah ter, air, karbon monoksida, karbon dioksida, acetyl acid dan methyl alkohol.

Pelepah pohon salak (*Salacca edulis*) yang banyak terdapat di Kabupaten Sleman Yogyakarta merupakan salah satu sumber biomassa yang potensial untuk dimanfaatkan. Selama ini petani salak mengupayakan perbaikan mutu buah dengan jalan memengkas 3-4 buah pelepah tiap pohon salak tersebut, kemudian dibuang begitu saja dengan cara ditumpuk untuk dijadikan kompos.

Pada penelitian ini pelepah salak dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk menghasilkan briket sehingga diharapkan sampah/limbah pelepah salak tersebut dapat lebih bermanfaat dan dapat menghasilkan energi yang bernilai tinggi. Disamping itu diharapkan juga memberi kontribusi bagi pengembangan sumber energi alternatif yang dapat menjamin penyediaan energi ramah lingkungan untuk menunjang pengembangan berkelanjutan.

Biomassa merupakan bahan hayati yang biasanya dianggap sebagai sampah dan sering dimusnahkan dengan cara dibakar. Biomassa tersebut dapat diolah menjadi bioarang, yang merupakan bahan bakar yang memiliki nilai kalor yang cukup tinggi dan dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Proses pembuatan bioarang dapat dilakukan dengan proses pirolisis atau pembakaran yang terkendali dimana oksigen (O_2) dibatasi, kayu atau materi yang dibakar tidak langsung luruh menjadi abu. Pembakaran model ini akan menghasilkan kristal arang hitam dengan unsur karbon (C) tinggi. Kristal arang hitam inilah yang kemudian lebih dipadatkan lagi dalam bentuk briket sehingga menghasilkan bara api yang lebih kuat dan tahan lama. Proses pirolisis dapat dilakukan dengan cara *batch*, *semi batch*, atau sinambung (kontinyu). Panas yang dibutuhkan untuk pirolisis dapat disediakan dengan pembakaran sebagian bahan baku atau dengan pemanasan dari luar (Bridgwater, 1988).

Menurut (Budi dkk., 2006) pirolisis merupakan metode yang tepat untuk mengubah biomassa menjadi bioarang. Faktor yang berpengaruh pada proses pirolisis untuk meningkatkan kualitas bioarang tersebut, antara lain pengaruh gas inert. Selama penelitiannya, biomassa dimasukkan ke dalam *retort* yang telah konstan suhunya, kemudian proses pirolisis dijalankan. Proses kondensasinya digunakan kondensator ganda yang bertujuan untuk mendapatkan hasil kondensasi yang maksimal. Hasil yang diperoleh berupa char, tar dan gas. Dalam tulisannya disimpulkan ada pengaruh jenis dan kelajuan gas inert CO_2 dan N_2 pada proses pirolisis biomassa dalam hal ini, jerami padi terhadap perolehan hasil char dan karbon.

Penggunaan teknologi pirolisis untuk menghasilkan sumber energi hidrokarbon alternatif telah dikembangkan. Dari hasil pirolisis ini kemudian dapat dilakukan konversi produk salah satunya untuk kepentingan sintesis bahan pengganti minyak bumi atau bahan obat-obatan. Secara bertahap, pirolisis kayu akan mengalami peruraian : (i) hemiselulosa terdegradasi pada $200^\circ C - 260^\circ C$, (ii) selulosa pada $240^\circ C - 350^\circ C$, dan lignin pada $280^\circ C$ sampai $500^\circ C$. Degradasi termal dapat dilakukan dengan adanya pelarut dalam jumlah rendah sehingga reaksi berjalan lebih cepat (Sjostrom, 1993).

Arang yang merupakan penyusun briket pada proses pirolisis akan lebih baik hasilnya jika dilakukan pengeringan pendahuluan pada bahan baku. Komposisi bahan baku sangat berpengaruh terhadap rendemen dan mutu arang yang dihasilkan. Komposisi bahan baku yang beragam akan

menghasilkan mutu arang yang kurang baik sebagai akibat laju penguraian bahan yang tidak seragam (Abdullah et.al, 1991)

Purwanto (1984) menyimpulkan bahwa bahan bakar arang terbaik adalah yang mempunyai berat jenis yang tinggi dan kadar air yang kecil. Sedangkan menurut Hartoyo (1976) faktor yang mempengaruhi kualitas arang kayu antara lain jenis bahan baku dan cara pengolahannya. Kualitas tersebut umumnya ditentukan berdasarkan komposisi kimia dan sifat fisika. Untuk industri kualitas arang ditentukan oleh kadar air, kadar abu, *volatile matter*, kadar karbon, nilai kalor, berat jenis, kekerasan dan titik bakar.

Pada penelitian sebelumnya, pelepah daun salak (*Salacca edulis*) dapat dipakai sebagai sumber biomassa untuk sintesis bio-oil dalam reaktor *fixed-bed*. Disimpulkan, semakin besar diameter serbuk pelepah salak yang digunakan, semakin banyak *bio-oil* yang dihasilkan. Sedangkan konstanta kecepatan reaksi kimia semakin kecil dengan kenaikan ukuran diameter serbuk pelepah salak (Nuraliyah dan Fadhillah, 2005).

2. Metodologi

Tahap-tahap yang dilakukan dalam proses pembuatan briket bioarang dalam penelitian ini meliputi :

Tahap Persiapan

Bahan (pelepah salak) hasil pemangkasan setelah pemanenan dari perkebunan salak dikumpulkan dan dikeringkan. Perlakuan bahan baku dilakukan dalam tiga kondisi. Kondisi pertama bahan baku dibiarkan seperti apa adanya, antara daun dan batang/ranting. Kondisi kedua digunakan bahan baku berupa batang/ranting, dan kondisi ketiga digunakan bahan baku berupa daun. Kondisi ketiga bahan baku tersebut dapat dilihat pada Gambar berikut :



Gambar 1 : Limbah campuran ranting dan daun, ranting dan daun pelepah salak

Tahap Karbonasi/Pengarangan

Dalam proses karbonisasi pada proses pirolisis digunakan *metal kiln* yang terbuat dari drum bekas minyak tanah dengan bahan dasar plat logam. Adapun spesifikasi metal kiln adalah: kapasitas 200 liter dengan tebal 1 cm, tinggi 86 cm dan diameter 54 cm. Didalam alat dipasang kawat kasa berbentuk silinder yang berfungsi sebagai rongga udara dengan diameter 15 cm dan tinggi 86 cm.

Pada penutup metal kiln dilengkapi dengan cerobong tunggal yang berada dibagian atas tengah dengan bahan dari pipa ledeng, yang berfungsi sebagai tempat keluaran asap dengan diameter 76 mm dan tinggi 750 mm. Alat dilengkapi dengan termometer panas skala $600^\circ C$ untuk mengetahui suhu pembakaran.

Bahan baku berupa daun, ranting/batang serta campuran daun dan ranting/batang yang sudah dipersiapkan dimasukkan ke dalam *metal kiln*. Selanjutnya dilakukan pembakaran di dalam ruang bakar tersebut dengan media bahan bakar daun limbah salak. Percobaan dihentikan setelah 80 menit untuk

limbah ranting/batang, 40 menit untuk limbah daun, 50 menit untuk limbah campuran ranting/batang dan daun dengan suhu tertinggi masing-masing 350°C.

Tahap Pembuatan Briket

Bioarang hasil karbonisasi kemudian dibuat serbuk arang dengan cara menumbuk bahan tersebut menggunakan penumbuk tradisional (lumpang dan palu) dan selanjutnya diayak sehingga diperoleh serbuk arang yang halus. Serbuk arang yang sudah halus kemudian dibuat pasta dengan bahan perekat yang terbuat dari tepung kanji yang dicampur dengan air dan dipanaskan dalam api kecil sampai mengental seperti lem dengan perbandingan 10 kg serbuk arang : 10 kg air : 1 kg tepung kanji. Campuran serbuk arang dan bahan perekat yang sudah homogen kemudian dicetak menjadi briket menggunakan alat kempa/pres bertekanan 8 ton. Pada penelitian ini digunakan variasi tekanan 3 kg/cm², 4 kg/cm², 5 kg/cm² dan 6 kg/cm². Bahan selanjutnya dikeringkan dibawah sinar matahari langsung untuk mengurangi kadar air pada briket.

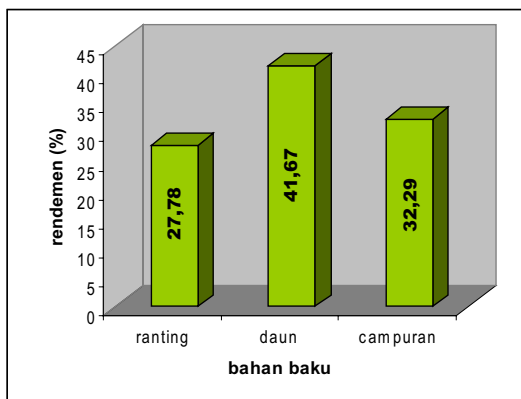
Pengujian Briket

Pengujian rendemen arang, kadar air, kadar abu, volatile matter, kekerasan dan nilai kalor.

3. Hasil dan Pembahasan

Arang hasil pirolisis

Nilai rendemen arang dari ketiga perlakuan (ranting/batang, daun, campuran ranting/batang dan daun) dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 : Diagram rendemen arang hasil karbonisasi

Dari Gambar 2 terlihat bahwa rendemen arang yang diperoleh dari hasil karbonisasi adalah 27,78% untuk batang/ranting 41,67% untuk daun dan 32,29% untuk campuran. Jika dibandingkan dengan rendemen dari beberapa kayu yang hanya 21,1% (Hartoyo, 1976), hasil yang didapat relatif sangat tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa arang yang dihasilkan mempunyai kualitas yang kurang baik.

Rendahnya kualitas arang pelepah salak kemungkinan disebabkan proses karbonisasi yang tidak sempurna. Hal ini, bisa dilihat saat arang dibakar akan memberikan kalor yang tinggi tetapi akan menimbulkan asap yang berlebihan. Perlu dicatat juga bahwa, bila rendemen yang diperoleh terlalu rendah, maka arang yang dihasilkan mempunyai struktur yang rapuh. Kerapuhan arang ini disebabkan karena komponen-

komponen penyusun kayu hampir seluruhnya terbakar (>8%), tetapi arang jenis ini bila dibakar akan menghasilkan kalor yang rendah.

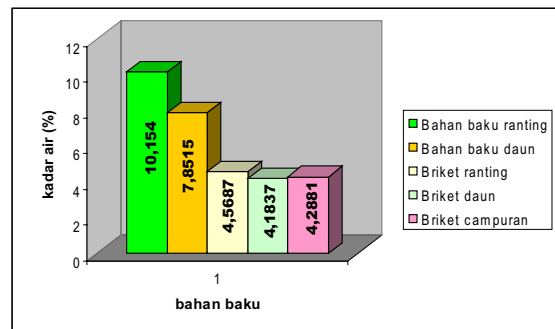
Briket Bioarang

Kadar Air Briket

Hasil uji kadar air bahan baku dan briket dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 3.

Tabel 1 : Kadar air bahan baku dan Briket

Ulangan	Kadar Air (%)				
	Bahan Baku		Briket		
	Ranting	Daun	Ranting	Daun	Campuran
1	10,1402	7,9042	4,3976	4,1782	4,3319
2	10,1680	7,7989	4,7398	4,1893	4,2443
Rata-rata	10,1541	7,8515	4,5687	4,1837	4,2881



Gambar 3 : Kadar air pada berbagai perlakuan bahan

Dari Gambar 3 terlihat bahwa kadar air briket terendah sebesar 4,1837% dari bahan baku daun, sedang kadar air briket tertinggi sebesar 4,5687% diperoleh dari briket arang ranting/batang. Kadar air mempengaruhi mudah tidaknya arang terbakar. Semakin tinggi kadar air semakin sulit briket bioarang untuk terbakar, demikian juga sebaliknya. Selain mempengaruhi sifat kemudahan dibakar, kadar air juga mempengaruhi kekerasan arang briket. Semakin tinggi kadar air, arang briket semakin rapuh.

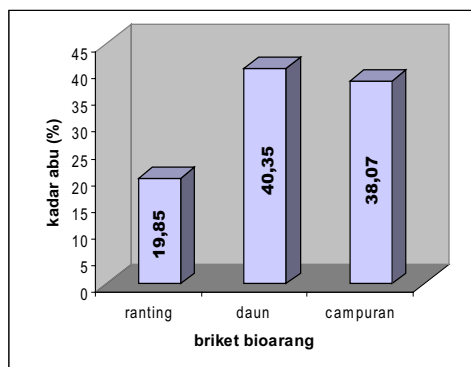
Kadar air briket bioarang dari limbah pelepah salak ini berkisar antara 4,1837% - 4,5687%. Jika dibandingkan dengan nilai yang ada pada Tabel 3, nilai tersebut masih termasuk dalam kategori baik bila dibandingkan dengan briket arang buatan Jepang (6-8%), Amerika (6,2%), dan Indonesia (7,57%), tetapi kurang baik bila dibandingkan dengan briket arang buatan Inggris (3,6%). Kadar air diharapkan serendah mungkin agar tidak menurunkan nilai kalor, tidak sulit dalam penyalan dan briket tidak banyak mengeluarkan asap sewaktu penyalan.

Kadar Abu Briket

Hasil uji kadar abu briket dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 4.

Tabel 2 : Kadar abu briket bioarang

Ulangan	Kadar Abu (%)		
	Ranting	Daun	Campuran
1	20,0311	40,5513	38,1733
2	19,6682	40,1485	37,9660
Rata-rata	19,8496	40,3499	38,0696



Gambar 4 : Nilai kadar abu briket bioarang pelepah salak

Dari Gambar 4 terlihat bahwa kadar abu rata-rata terendah sebesar 19,8496 % diperoleh pada briket dari ranting/batang, sedang kadar abu rata-rata tertinggi sebesar 40,3499 % diperoleh pada briket dari daun.

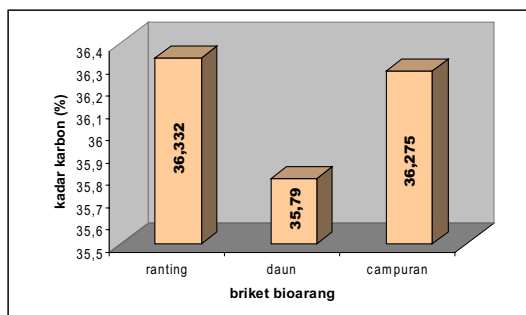
Kadar abu briket dengan nilai berkisar antara 19,8496–40,4399 % tersebut jauh sekali dari standar briket buatan Jepang, Amerika, Inggris maupun Indonesia seperti tercantum pada Tabel 3. Kadar abu diharapkan serendah mungkin, karena kadar abu yang tinggi akan menghasilkan kalor yang rendah dan dapat memperlambat proses pembakaran.

Kadar karbon terikat briket

Kadar karbon terikat briket arang dipengaruhi oleh nilai kadar abu arang penyusunnya. Kadar karbon terikat adalah fraksi karbon (C) yang terikat di dalam arang selain fraksi air, *volatile matter* dan abu. Nilai karbon terikat briket hasil penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 5.

Tabel 3 : Kadar Karbon Terikat Briket Bioarang

Ulangan	Kadar Karbon Terikat(%)		
	Ranting	Daun	Campuran
1	36,0229	35,9767	36,3686
2	36,6406	35,6032	36,1813
Rata-rata	36,3317	35,7899	36,2749



Gambar 5 Nilai Kadar Karbon Terikat Briket Bioarang Pelepah Salak

Dari Gambar 5 terlihat bahwa kadar karbon terikat rata-rata tertinggi 36,3317% diperoleh dari arang batang/ranting, sedangkan kadar karbon terikat rata-rata terendah 35,7899% diperoleh dari arang daun. Kadar karbon terikat yang dihasilkan berkisar antara 35,7899–36,3317%. Jika dibandingkan dengan nilai briket arang buatan Jepang (60–80%), Amerika (60%), Inggris (75,3%) dan Indonesia

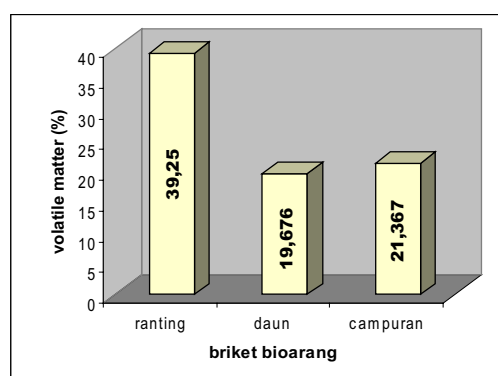
(78,35%), maka nilai kadar karbon terikat yang dihasilkan belum memenuhi syarat.

Volatile Matter Briket

Kandungan *volatile matter* yang tinggi dalam briket arang akan menimbulkan asap yang lebih banyak pada saat briket dinyalakan akibat adanya reaksi antara karbon monoksida (CO) dengan turunan alkohol. Nilai *volatile matter briket* dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 6.

Tabel 4 : Nilai volatile matter briket bioarang

Ulangan	Volatile Matter Briket (%)		
	Ranting	Daun	Campuran
1	39,5484	19,2938	21,1262
2	38,9514	20,0590	21,6084
Rata-rata	39,2499	19,6764	21,3673



Gambar 6 : Nilai *volatile matter* briket bioarang pelepah salak

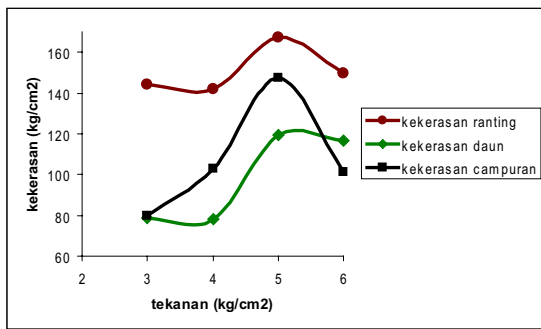
Dari Gambar 6 terlihat bahwa *volatile matter* rata-rata terendah sebesar 19,6764% diperoleh dari arang daun, sedang rata-rata tertinggi sebesar 39,2499% diperoleh dari arang ranting/batang. *Volatile matter* yang dihasilkan briket arang tersebut apabila dibandingkan dengan briket arang buatan Jepang (15–30%), Amerika (19–28%), Inggris (16,4%) maupun Indonesia (16,14%) belum memenuhi syarat.

Kekerasan/Keteguhan Tekanan

Nilai kekerasan briket pada berbagai tekanan dapat dilihat pada Tabel 5 dan Gambar 7.

Tabel 5 : Nilai kekerasan briket bioarang dengan variasi tekanan

No	Tekanan (kg/cm ²)	Ulangan	Nilai Kekerasan (kg/cm ²)		
			Ranting	Daun	Campuran
1	3	1	165,9172	82,6531	110,7131
		2	122,5510	75,2603	48,5272
		Rata-rata	144,2341	78,9567	79,6201
2	4	1	152,6704	75,2662	105,6835
		2	131,6465	80,8206	100,2957
		Rata-rata	142,1584	78,0434	102,9896
3	5	1	201,1147	141,8010	92,0767
		2	133,7251	96,8819	202,9153
		Rata-rata	167,4199	119,3414	147,4960
4	6	1	108,9258	132,4577	105,6048
		2	190,1724	100,5017	97,0192
		Rata-rata	149,5491	116,4797	101,3120



Gambar 7 : Hubungan antara variasi tekanan dengan kekerasan

Dari gambar 7 terlihat bahwa briket yang berasal dari ranting/batang mempunyai nilai kekerasan tertinggi pada berbagai tekanan, selanjutnya diikuti oleh briket dari campuran ranting/batang dan daun. Perlu dicatat bahwa pada tekanan 5 kg/cm² nilai kekerasan briket bioarang dari ranting/batang, daun maupun campuran ranting/batang dan daun mempunyai nilai kekerasan tertinggi, akan tetapi pada tekanan 6 kg/cm² nilai kekerasan dari masing-masing briket bioarang tersebut mengalami penurunan. Hal tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor antara lain : *human error*, *machine error*, maupun *material error*.

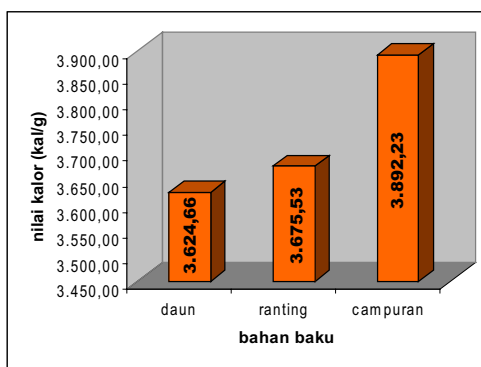
Dalam hal kerapatan, bahan perekat dan tekanan pengempaan sangat mempengaruhi kerapatan briket arang yang dihasilkan. Semakin besar tekanan pengempaan yang diberikan maka kerapatan bahan akan semakin tinggi yang menyebabkan bobot/berat dari bahan/sampel akan semakin tinggi pula. Bahan baku berkerapatan tinggi menghasilkan briket arang dengan kerapatan yang lebih tinggi dari pada bahan baku yang berkerapatan rendah.

Nilai Kalor Briket

Penetapan nilai kalor bertujuan untuk mengetahui sejauh mana nilai panas pembakaran yang dapat dihasilkan briket arang, Tabel 6 dan Gambar 8 merupakan hasil pengukuran kalor pembakaran dari penelitian yang dilakukan.

Tabel 6 : Nilai Kalor Bahan Baku Pelepeh Salak

Ulangan	Nilai Kalor (kal/g)		
	Daun	Ranting	Campuran
1	3.551,68	3.663,04	3.828,20
2	3.749,60	3.824,33	4.283,50
3	3.572,70	3.539,23	3.565,00
Rata-rata	3.624,66	3.675,53	3.892,23

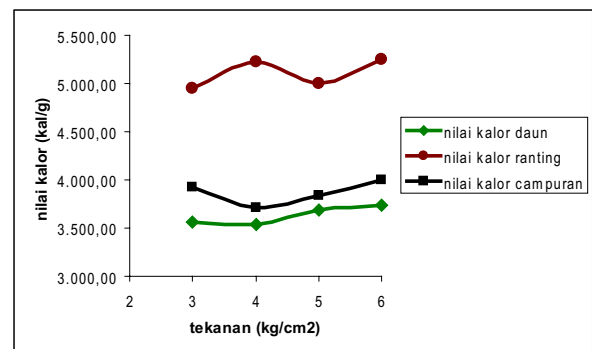


Gambar 8 : Nilai Kalor Pada Berbagai Bahan Baku Pelepeh Salak

Dari Gambar 8 terlihat nilai kalor rata-rata terendah diperoleh pada bahan baku berupa daun. Sedang rata-rata tertinggi diperoleh pada bahan baku berupa campuran antara ranting/batang dan daun. Nilai kalor briket pada variasi tekanan dapat dilihat pada Tabel 7 dan Gambar 9.

Tabel 7 : Nilai kalor briket bioarang dengan variasi tekanan pengempaan

No	Tekanan (kg/cm ²)	Ulangan	Nilai Kalor (kal/g)		
			Daun	Ranting	Campuran
1	3	1	3.509,77	4.856,66	3.963,94
		2	3.637,07	5.087,93	4.021,34
		3	3.551,04	4.900,80	3.805,94
		Rata-rata	3.565,96	4.948,46	3.930,41
2	4	1	3.542,69	5.229,19	3.733,58
		2	3.603,68	5.197,42	3.683,65
		3	3.477,92	5.254,37	3.723,75
		Rata-rata	3.541,43	5.226,99	3.713,66
3	5	1	3.670,07	5.005,01	3.893,53
		2	3.728,91	4.988,99	3.771,49
		3	3.669,91	5.020,68	3.835,49
		Rata-rata	3.689,63	5.004,89	3.833,50
4	6	1	3.650,12	5.173,35	4.061,78
		2	3.852,61	5.396,67	3.856,74
		3	3.724,93	5.182,60	4.065,10
		Rata-rata	3.742,55	5.250,87	3.994,54



Gambar 9 : Hubungan antara variasi tekanan dengan nilai kalor.

Dari Gambar 9 terlihat bahwa nilai kalor yang dihasilkan berkisar antara 3.541,43 – 5.250,87 kal/g, jika dibandingkan dengan Tabel 3 nilai ini jauh di bawah dari standar dari arang briket buatan Jepang (6.000–7.000 kal/g), Amerika (6.230 kal/g), Inggris (7.289 kal/g) dan Indonesia (6.914,11 kal/g).

Perlu dicatat bahwa nilai kalor tinggi identik dengan kualitas bahan bakar, bahan bakar dengan nilai kalor 4800 kal/g termasuk dalam kategori baik (Rierink, 1938). Nilai kalor briket dari limbah pelepeh salak berupa ranting/batang yang berkisar antara 4.948,46 – 5.250,87 kal/g dapat dikatakan masih memenuhi syarat.

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan :

1. Rendemen arang hasil karbonisasi tertinggi diperoleh dari limbah daun sebesar 41,67% dan terendah dari limbah ranting/batang sebesar 27,78%.
2. Briket dari arang ranting/batang pelepah salak lebih baik dibandingkan dengan briket dari arang daun maupun campuran antara ranting/batang dan daun. Briket tersebut memiliki sifat kadar air sebesar 4,5687%, kadar abu 19,85%, kadar karbon terikat 36,332%, *volatile matter* 39,25% dan nilai kalor 5.250,87 kal/g.
3. Briket dari arang ranting/batang pelepah salak mempunyai nilai kalor yang lebih tinggi dibandingkan briket dari arang daun maupun campuran antara ranting/batang dan daun pada berbagai tekanan.

Daftar Pustaka

- Abdullah et al, 1991, *Energi Dan Listrik pertanian*, Fakultas Teknik Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Energi Sumber Daya Mineral, 2004, *Energi Baru Terbarukan*, Jakarta.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, 1994, *Pedoman Teknis Pembuatan Briket Arang*, Departemen kehutanan, Bogor.
- Bridgwater, A.V., 1998, *Principles and Practice of Biomass Fast Pyrolysis Processes for Liquid*, J. Anal. Appl. Pyrolysis.
- Bridgwater, A.V., 2003, *Renewable Fuels and Chemicals by Thermal Processing of Biomass*, Chem.Eng. J.
- Bryden, K.M., Ragland, K.W., dan Rutland, C.J., 2002, *Modelling thermally Thick Pyrolysis of Wood*, Biomass and Bioenergy.
- Budi, H, dkk, 2006, *Pirolisis Biomassa Untuk Pembuatan Bioarang Sebagai Bahan Bakar Alternatif*, Teknik Kimia Unika Widya mandala.
- Departemen Pertanian, 2004, *Data Statistik*, Yogyakarta.
- Griffin, R.C., 1927, *Technical Methods of Analysis*, Mc, Graw Hill Book Company, Inc, New York.
- Hartoyo, 1976, *Rendemen Dan Sifat Arang Beberapa Jenis Kayu*, Lembaga Penelitian Hasil Hutan, Bogor.
- Johhanes, H, 1990, *Menghemat Kayu Untuk Memasak di Pedesaan dengan Briket Bioarang*, dalam : Temu Karya Ilmiah, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Kadir, A, 1987, *Energi*, Penerbit Universitas Indonesia, UI Pres, Jakarta.
- Karaosmonaglu, F., Tetik, E. And Gollu, E., 1999, *Biofuel Production Using Slow Pyrolysis of The Straw and Stalk of The Rapeseed Plant*, Fuel Processing Technology.
- Klass, D.L., 1990, *Biomass for Renewable Energy, Fuels, and Chemicals*, Entech International Inc., London.
- Nurhayati, S, 1976, *Pengaruh Berat Jenis Kayu Daun Lebar Terhadap Sifat Arang*, Lembaga Penelitian Hasil Hutan, Bogor.
- Nurhayati, S, 1982, *Beberapa Sifat Kayu dan Limbah Pertanian Sebagai Sumber Energi*, Lembaga penelitian Hasil Hutan, Bogor.
- Nurhayati, S, 1984, *Yields and Properties Charcoal of Several Indonesian Woods*, Lembaga Penelitian Hasil Hutan, Bogor.
- Nuraliyah dan Fadhillah, *Sintesa Bio-Oil Dalam Reaktor Fixed Bed Dengan Pirolisis pelepah Salak*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Purwanto, B, 1984, *Studi Biaya Pembuatan Arang Secara Jobongan Desa di Areal Hutan Perum Perhutani Unit III Jawa Barat*, Fakultas kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Rantan, D, 2003, *Arang Sebagai Bahan Bakar Alternatif*, dalam seminar Internasional Teknologi Tepat Guna Untuk Produksi Bahan Bakar dari Biomassa, Yayasan Dian Desa, Yogyakarta.
- Rierink, 1938, On the calorific values of 60 Netherland Indian wood species Tectona XXXI, dalam *Beberapa Sifat Kayu dan Limbah Pertanian Sebagai sumber Energi*, 1982, Laporan BPHH/FPRI Report.
- Ronghou, L., Yiliang, elen., and Weisheng, N., 1999, *Experimental Research on Rotating Cone Reactor Biomass Flash Pyrolysis*, Proceeding of 99 International Conference.
- Seran, J.E., 1981, *Bioarang Untuk Memasak*, Ed. 1. Liberty, Yogyakarta
- Sjostrom, E, 1993, *Kimia kayu : Dasar-Dasar Pengukuran*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Sudrajad, R, 1983, *Effect of Raw Material, Binder and Pressure on the Quality of Charcoal Briquette*, Lembaga Penelitian Hasil Hutan, Bogor.
- Sudrajad, R, 1984, *The Effect of Wood Density, Pressing Pressure and Binder on Wood Briquette Properties*, Lembaga Penelitian Hasil Hutan, Bogor.
- Ujang, 2006, *SKH Pikiran Rakyat*, Kolom Profil.
- Widarto & Suryanta, 1995, *Membuat Bioarang Dari Kotoran Lembu*, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- www.ristek.go.id.