

PEMANFAATAN CAMPURAN LIMBAH PADAT DENGAN LINDI HITAM DARI INDUSTRI PULP DAN KERTAS SEBAGAI BAHAN BIOBRIKET

Syamsudin*, Sri Purwati, Ike Rostika
*Balai Besar Pulp dan Kertas, Bandung
e-mail : syamsudin@depperin.go.id

UTILIZATION OF SOLID WASTE AND BLACK LIQUORS MIXTURE FROM PULP AND PAPER MILLS AS BIOBRIQUETTE

ABSTRACT

Utilization of solid waste and black liquor mixture from pulp and paper mills has been investigated. Sludge A comes from pulp and paper mill with non wood raw materials has heat value 2712 cal/g and ash content 29.8%; Sludge B from paper mill with wastepaper raw material and deinking process has heat value 2331 cal/g and ash content 25.9%; black liquors from pulp mill with soda process has 5579 cal/g and ash content 12.1%. The sludges which has already ground and homogeneous was mixed with strong black liquors and densified to form biobriquette. At the composition 0 – 40 % of black liquor, heat value increase to 3711 and 3513 cal/g for sludge A and B respectively. Black liquor can increase burning efficiency due to the decreasing of ash content, but increasing heavy metal contents such as Pb, Cd, Cr, and Na. At the composition 30 – 40 % of black liquor, the pressing force biobriquette increase from 19 - 26 kg to 50 - 54 kg. This means that the pressing force of biobriquette greater than coal (37 kg).

Keywords: sludge, black liquors, biobriquette, heat value, ash content.

INTISARI

Pemanfaatan campuran limbah padat industri pulp dan kertas dengan lindi hitam sebagai bahan biobriket telah diteliti. Lumpur A berasal dari pabrik pulp dan kertas terpadu dengan bahan baku non kayu mempunyai nilai panas 2712 kal/g dan kadar abu 29,8%; lumpur B dari pabrik kertas dengan bahan baku kertas bekas dan proses deinking mempunyai nilai panas 2331 kal/g dan kadar abu 25,9%; dan lindi hitam dari larutan pekat sisa pemasakan pulp proses soda mempunyai nilai panas 5579 kal/g dan kadar abu 12,1%. Lumpur yang sudah halus dan homogen dicampur dengan lindi hitam pekat dan dicetak menjadi biobriket. Pada variasi lindi hitam 0 – 40% nilai panas meningkat menjadi 3711 dan 3513 kal/g, masing-masing untuk lumpur A dan lumpur B. Penambahan lindi hitam menurunkan kadar abu sehingga memberi pengaruh positif terhadap efisiensi pembakaran tetapi menaikkan kandungan logam berat Pb, Cd, Cr, dan Na. Pada penambahan lindi hitam 30 – 40% kuat tekan biobriket meningkat dari 19 – 26 kg menjadi 50 – 54 kg. Hal ini berarti kuat tekan biobriket lebih besar dibandingkan dengan batu bara yang memiliki kuat tekan 37 kg.

Kata kunci: lumpur, lindi hitam, biobriket, nilai panas, kadar abu.

PENDAHULUAN

Meningkatnya pertumbuhan industri pulp dan kertas di Indonesia telah membawa dampak terhadap meningkatnya permasalahan lingkungan yang disebabkan oleh pencemaran limbah. Oleh karenanya dalam upaya terpeliharanya kualitas lingkungan industri

harus meningkatkan pengelolaan limbahnya melalui pengolahan yang lebih efektif dan kemungkinan pemanfaatannya.

Industri pulp dan kertas pada saat ini dihadapkan pada masalah penanganan limbah padat yang jumlahnya cukup besar. Kontribusi terbesar berasal dari lumpur hasil pengolahan air limbah. Di lokasi pabrik limbah padat tersebut hanya ditumpuk dan belum dimanfaatkan

sehingga selain menimbulkan gangguan terhadap estetika, juga menyebabkan pencemaran tanah, air tanah, dan menimbulkan bau bagi masyarakat sekitar.

Setiap unit proses pada industri pulp dan kertas menghasilkan limbah cair yang keseluruhannya diolah di unit *effluent treatment*. Pengolahan limbah cair yang komponen utamanya berupa serat dan senyawa organik kompleks lignin dilakukan dengan pengolahan primer dan pengolahan proses biologi lumpur aktif dengan suplai oksigen dari udara dan penambahan nutrisi. Hasil dari pengolahan limbah cair diperoleh air limbah terolah yang telah memenuhi baku mutu persyaratan pembuangan air limbah ke lingkungan dan menghasilkan pula lumpur sebagai limbah padat. Bahan sisa lumpur Instalasi Pengolah Air Limbah (IPAL) yang bersumber pada pengolahan air limbah bisa mencapai 1-3% berat produk untuk industri pulp dan kertas terpadu, 0,6-0,7% berat produk industri kertas dengan bahan baku pulp, dan 0,8-1,2% berat produk untuk industri kertas dengan bahan baku kertas bekas (dasar kering) (Purwati dkk, 2006). Jumlah limbah yang cukup besar tersebut sebagai konsekuensinya, tanpa pengelolaan yang tepat maka limbah tersebut akan menimbulkan pencemaran lingkungan yang serius.

Dalam rangka mengantisipasi tuntutan masyarakat yang makin tinggi terhadap masalah lingkungan telah mendorong pihak industri untuk melakukan upaya pemanfaatan limbah sebagai alternatif pengelolaan lingkungan yang perlu dikembangkan karena selain tidak ada lagi sisa yang terbuang juga dapat memberikan nilai tambah.

TINJAUAN PUSTAKA

Limbah padat industri pulp dan kertas berasal dari berbagai sumber unit proses yang merupakan bahan organik atau biomassa yang tidak berguna yang berpotensi sebagai bahan bakar yang dapat dimanfaatkan menjadi sumber energi bahan bakar berupa biobriket (Adibroto, 2008 dan Boss, 2004). Pemanfaatan sebagai biobriket didasarkan atas potensi yang dimiliki lumpur, yaitu mempunyai kadar organik total minimal 60% dan nilai panas minimal 3000 kal/gram. Efisiensi pembakaran tergantung pada kadar abu lumpur yang relatif tinggi, yaitu >30% dan kadar air lumpur yang masih terlalu tinggi untuk dibakar. Kadar air lumpur sebagai

biobriket sebaiknya maksimal 60%, sedangkan pada umumnya lumpur keluaran *belt press* masih mengandung kadar air sekitar 70-80% sehingga perlu rancangan proses pengeringan lumpur (Setiadji, 2001). Selama ini limbah padat industri pulp dan kertas hanya dimanfaatkan sebagai kompos (BBPK, 2006a), pengeras jalan, dan kadang dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar untuk membuat tatakan telur. Dengan pemanfaatan menjadi biobriket maka produk biobriket yang dihasilkan dapat digunakan sebagai bahan energi alternatif pengganti briket batu bara yang diketahui berasal dari sumber alam yang tidak dapat diperbaharui (Subroto, 2006), baik pada skala rumah tangga ataupun industri kecil. Dengan pemanfaatan ini, maka pemakaian bahan bakar yang selama ini dari sumber bahan bakar fosil yang bersifat tidak dapat diperbaharui dapat direduksi. Pemakaian batu bara menimbulkan masalah utama polusi yang bersifat merugikan, yaitu adanya emisi unsur belerang ke udara bebas (Boss, 2004). Permasalahan ini dapat ditekan dengan penggunaan biobriket.

Karakteristik limbah padat industri pulp dan kertas sangat bervariasi, tergantung dari bahan baku dan produk yang dihasilkan. Sumber limbah padat yang terbesar dan banyak menimbulkan permasalahan berasal dari lumpur hasil pengolahan air limbah (BBPK, 2006a dan BBPK, 2006b). Lumpur yang dihasilkan dapat dibedakan atas lumpur primer yang berasal dari pengolahan fisika-kimia dan lumpur sekunder yang berasal dari proses biologi yang sifatnya lebih sulit dipekatkan dan dipress (BBPK, 2006a).

Limbah lumpur ini pada umumnya sudah mendapat perlakuan pemisahan air hingga mempunyai kadar padatan sekitar 20 – 30%. Limbah padat ini mengandung bahan organik berserat yang bersifat mudah dibakar dan bahan anorganik yang berasal dari bahan kimia yang ditambahkan selama proses yang bersifat dapat menghambat proses pembakaran dan menghasilkan abu sisa pembakaran (Boss, 2004).

Tabel 1 menunjukkan hasil analisis limbah padat industri pulp dan kertas dari berbagai sumber. Nilai panas yang cukup tinggi menjadikan limbah padat industri pulp dan kertas sangat berpotensi sebagai bahan bakar.

Lindi hitam (*black liquor*) yang merupakan sumber limbah cair dari industri pulp, selama ini dimanfaatkan dalam proses pemulihan bahan kimia. Potensi energinya banyak dimanfaatkan

sebagai bahan bakar substitusi pada unit boiler (Clement, 1995).

Pada pabrik skala kecil, lindi hitam hanya dibuang saja tanpa pemulihan bahan kimia karena nilainya yang tidak ekonomis lagi. Lindi hitam merupakan campuran beberapa unsur dasar dengan fraksi terbesar adalah karbon (C), oksigen (O), natrium (Na), dan sulfur (S) (Marklund, 2008). Kandungan senyawa yang terdapat pada lindi hitam mempunyai kisaran komposisi C = 34,07%; H = 3,59%; O = 43,60%; SiO₂ = 1,60%; Na = 16,11%; N = 0,75%; lain-lain = 0,2%; nilai panas = 3,238 kcal/kg.d.s. Sedangkan profil abu bakar yang dihasilkan NaCO₃ = 94,5%; NaCl = 0,55%; SiO₂ = 3,5%; C = 0,6%; lain-lain = 0,85% (Clement, 1995).

Lindi hitam yang merupakan hasil samping pabrik pulp merupakan bahan bakar cair dalam industri pulp dan kertas. Lindi hitam terdiri dari bahan-bahan sisa proses pemasakan pulp. Lignin dan bahan organik lainnya yang mencapai setengah dari massa kayu keluar dari digester sebagai lindi hitam. Lindi hitam mengubah energi kimia yang dikandungnya menjadi energi panas melalui proses pembakaran yang menghasilkan abu inorganik dan gas (Marklund, 2008)

Selain potensinya sebagai bahan bakar dengan nilai panas tinggi, lignin yang terdapat dalam lindi hitam dapat dimanfaatkan sebagai bahan adhesive/binder. Major (2000) melaporkan komposisi binder untuk pembentukan briket menggunakan 5 – 95%

berat lindi hitam proses pulping dapat diperoleh briket yang tahan air. *Tensile strength* resin lignin fenol formaldehid sebagai adhesive kayu lebih tinggi dibanding resin fenol formaldehid komersial (Ibrahim dkk., 2007). Resin dari lignin organosolv menunjukkan kekuatan dan *stiffness* yang baik. Sifat *tensile strength* resin ligin organosolv sama atau bahkan lebih baik dibanding resin fenol formaldehid (Sami dkk, 2003). Dalam penelitian ini lindi hitam pekat digunakan sebagai substitusi pada pembuatan biobriket dari limbah padat industri pulp dan kertas.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pembakaran biobriket meliputi: ukuran partikel, kecepatan aliran udara, jenis bahan bakar, dan suhu udara pembakaran (Subroto, 2006). Beberapa masalah yang berhubungan dengan pembakaran biobriket antara lain: kadar air, kandungan air yang tinggi menyulitkan penyalaan dan mengurangi temperatur pembakaran; nilai panas, semakin besar nilai panas maka kecepatan pembakaran semakin lambat; kadar abu, kadar abu yang tinggi di dalam biomassa akan mempersulit penyalaan biobriket; *volatile matter* atau zat-zat yang mudah menguap, semakin banyak kandungan *volatile matter* pada biobriket maka semakin mudah biobriket untuk terbakar dan menyala; *bulk density*, biobriket umumnya mempunyai *bulk density* yang jauh lebih rendah dibandingkan batubara (Subroto, 2006).

Tabel 1. Limbah Padat Industri Pulp dan Kertas Dari Berbagai Sumber^{*)}

Sumber	Analisis (%)							Nilai panas (MJ/kg)
	Padatan	Abu	C	H	S	O	N	
<i>Bleached pulp mill</i>	33,4	1,9	48,7	6,6	0,2	42,4	0,2	20,1
<i>Pulp mill</i>	42,0	4,9	51,6	5,7	0,9	29,3	0,9	21,5
<i>Kraft mill</i>	37,6	7,1	55,2	6,4	1,0	26,0	4,4	24,1
<i>Kraft mill</i>	40,0	8,0	48,0	5,7	0,8	36,3	1,2	19,8
<i>Deinking mill</i>	42,0	20,2	28,8	3,5	0,2	18,8	0,5	12,0
<i>Deinking mill</i>	42,0	14,0	31,1	4,4	0,2	30,1	0,9	12,2
<i>Recycle mill</i>	45,0	3,0	48,4	6,6	0,2	41,3	0,5	20,8
<i>Recycle paper mill</i>	50,5	2,8	48,6	6,4	0,3	41,6	0,4	20,6
<i>Bark</i>	54,0	3,5	48,0	6,0	0,1	42,1	0,3	20,3
<i>Baric</i>	50,0	0,4	50,3	6,2	0,0	43,1	0,0	20,8
<i>Wood chips</i>	79,5	0,2	49,2	6,7	0,2	43,6	0,1	19,4
<i>Wastepaper</i>	92,0	7,0	48,7	7,0	0,1	37,1	0,1	25,0

^{*)} Sumber: Scott, 1995

Tujuan penelitian ini adalah meninjau potensi pemanfaatan limbah padat lumpur IPAL dan lindi hitam dari industri pulp dan kertas sebagai bahan bakar dalam bentuk biobriket yang menghasilkan pembakaran yang efisien, seragam dalam bentuk dan ukuran sehingga mempermudah penanganan dan jalannya proses pembakaran. Serta mengkondisikan biobriket yang lebih kering dan kompak sehingga mengurangi resiko kerusakan selama penyimpanan. Dari kegiatan ini diharapkan dapat membantu menanggulangi permasalahan lingkungan, krisis energi dan krisis ekonomi yang dihadapi saat ini.

BAHAN DAN METODA

Limbah padat yang digunakan sebagai bahan penelitian adalah lumpur hasil pengolahan air limbah yang merupakan campuran lumpur primer dan lumpur sekunder yang sudah melewati alat *belt press*. Lumpur yang digunakan terdiri dari : lumpur A berasal dari pabrik pulp dan kertas terpadu dengan bahan baku non kayu, dan lumpur B yang berasal dari pabrik kertas dengan bahan baku kertas bekas melalui proses *deinking*. Lindi hitam, digunakan sebagai bahan substitusi pada pembuatan biobriket berasal dari larutan pekat sisa pemasakan pabrik pulp proses soda.

Alat yang digunakan untuk pembuatan biobriket antara lain: alat press dan pencetak, alat pembakaran biobriket, timbangan digital, dongkrak hidrolik, *stopwatch*, dan termokopel.

Penyiapan Bahan Baku

Proses yang pertama dalam penyiapan bahan baku lumpur IPAL yaitu penghalusan bahan baku dengan tujuan untuk membuat partikel bahan baku ini bisa lebih kecil dan homogen sehingga akan lebih mudah dalam pencampuran dengan lindi hitam. Ukuran partikel yang dihasilkan dari tahapan ini adalah yang lolos 40 mesh.

Karakterisasi Awal Limbah Padat dan Lindi Hitam

Sebelum dibuat biobriket dilakukan karakterisasi awal lumpur IPAL dan lindi hitam untuk mengetahui potensi sebagai bahan bakar dan kandungan logam berat yang terdapat didalamnya. Lumpur dikeringkan di udara terbuka, kemudian dihancurkan dan dihomogenkan. Terhadap lumpur yang sudah

berbentuk partikel-partikel halus dilakukan analisis yang meliputi pH, kadar air, kadar abu, nilai panas, dan kadar logam berat (Pb, Cd, Cr). Terhadap lindi hitam dilakukan analisis pH, densitas, kadar padatan, kadar abu, nilai panas dan kadar lignin.

Proses Pembuatan Biobriket

Lumpur yang sudah halus dan homogen dengan berat sama 55 gram dicampur dengan lindi hitam dan diaduk sempurna menjadi adonan yang siap dicetak menjadi bentuk biobriket.

Variasi komposisi lindi hitam terhadap lumpur adalah : 0, 10, 20, 30, dan 40% berat. Pencetakan dilakukan menggunakan alat press dengan penekanan diatur pada 500, 1000, dan 1500 Kpa selama ± 2 menit. Dimensi biobriket dalam penelitian ini dirancang dengan diameter ± 5 cm dan panjang 2,5 cm. Briket yang dihasilkan dikeringkan dengan panas matahari selama tiga hari.

Pengujian Sifat Biobriket

Pengujian biobriket yang dilakukan meliputi : sifat termal (nilai panas, waktu bakar), sifat kimia (kadar abu, kandungan logam berat), dan sifat fisik (kekuatan tekan). Untuk evaluasi dilakukan pula pengujian yang sama terhadap briket batu bara.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Awal Limbah Padat dan Lindi Hitam

Pada Tabel 2 ditampilkan hasil karakterisasi awal limbah padat dan lindi hitam. Dari Tabel 2 terlihat bahwa limbah padat cukup potensial sebagai bahan bakar, didasarkan atas analisis nilai panas >2000 kal/g dan kadar abu $<30\%$. Lumpur A memberikan nilai panas lebih tinggi karena berasal dari pabrik terpadu yang mengandung bahan organik lebih besar terutama lignin dari proses pembuatan pulp. Nilai panas lindi hitam menunjukkan nilai 5579 kal/g, sedangkan kadar abunya lebih rendah dari yang terkandung dalam lumpur. Berarti pemanfaatan lumpur menjadi biobriket dengan substitusi lindi hitam mempunyai prospek sebagai bahan energi alternatif.

Tabel 2. Hasil Karakterisasi Awal Lumpur dan Lindi Hitam

Parameter	Lumpur A	Lumpur B	Lindi Hitam
pH	7,7	6,6	9,8
Kadar air, %	70,4	75	96,7
Kadar padatan, %	29,6	25	3,3
Nilai panas, kal/g	2712	2331	5579
Kadar abu, %	29,8	25,9	12,1
Densitas, g/ml	-	-	1,02
Kadar lignin, g/l	-	-	7,4

Ditinjau dari kadar airnya, maka kadar air pada lumpur A maupun lumpur B masih cukup tinggi sehingga pada proses pembuatan biobriket perlu diturunkan semaksimal mungkin, caranya dengan menggunakan alat press yang akan memberikan tekanan pada waktu pencetakan sehingga selain memberikan kekuatan tekan juga akan menurunkan kadar air biobriket yang terbentuk. Penurunan kadar air juga bisa dibantu dengan pengeringan biobriket di bawah sinar matahari.

Pengamatan Nilai Panas Bahan Bakar

Pengaruh komposisi lindi hitam terhadap nilai panas bahan bakar dari lumpur yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3. Tabel 3 menunjukkan bahwa dengan peningkatan % komposisi lindi hitam maka semakin besar pula nilai panas biobriket yang

dihasilkan. Hal ini terjadi karena lindi hitam mempunyai nilai panas dua kali lebih besar dibanding nilai panas lumpur, sehingga dengan substitusi lindi hitam akan meningkatkan nilai panas biobriket. Dari Tabel 3 juga dapat dilihat bahwa pada komposisi 40% memberikan nilai panas 3711 kal/g untuk lumpur A yang menunjukkan lebih besar dari lumpur B yang memberikan nilai panas 3513 kal/g. Sebagai pembandingan briket batu bara mempunyai nilai panas 6120 kal/g.

Dalam penelitian ini komposisi lindi hitam hanya dilakukan sampai 40% karena komposisi terbesar biobriket yang diinginkan adalah pada pemanfaatan lumpur, bukan pada lindi hitam. Selain itu, lindi hitam sifatnya cair sehingga sulit untuk dibuat menjadi biobriket tanpa penambahan bahan pematat seperti lumpur kering.

Tabel 3. Hasil Analisis Nilai Panas Bahan Bakar

Komposisi Lindi Hitam (%)	Nilai Panas, kal/g	
	Lumpur A	Lumpur B
0	2680	2531
10	3431	3374
20	3620	3578
30	3640	3590
40	3711	3513

Tabel 4. Hasil Analisis Kimia Bahan Bakar

Komposisi Lindi Hitam		Kadar abu %	Kadar Elemen Logam, mg/kg			
			Na	Pb	Cd	Cr
Lumpur A	0	29,8	428	9	10	5,8
	10%	19,0	1228	16	11	7,1
	40%	19,2	5664	21	13	8,3
Lumpur B	0	25,9	604	26	11	5,8
	10%	15,3	1912	34	15	6,6
	40%	14,4	5920	42	16	9,1
Batu bara		4,3	-	0,019	0,010	0,034
Baku mutu	A	-	-	3000	50	2500
Kep.04/Bapedal/IX/1995 ^{*)}	B	-	-	300	5	250

^{*)} Sumber: Kementerian Lingkungan Hidup, 2002.

Pengamatan Sifat Kimia Bahan Bakar

Hasil pengamatan sifat kimia bahan bakar dengan perlakuan substitusi lindi hitam dapat dilihat pada Tabel 4. Logam berat yang terkandung dalam lumpur IPAL mempunyai konsentrasi relatif rendah, yaitu di bawah nilai baku mutu menurut Kep. 04/Bapedal/IX/1995, baik klasifikasi A maupun B kecuali pada logam Cd mempunyai kandungan di atas baku mutu klasifikasi B. Kondisi ini menunjukkan bahwa lumpur IPAL termasuk limbah yang perlu diidentifikasi sebagai limbah B3 sehingga bila tidak dimanfaatkan perlu dikelola dengan *landfill* kategori sedang kelas B. Selain itu, lumpur B mempunyai kadar logam berat lebih tinggi dibandingkan dengan lumpur A karena lumpur B berasal dari limbah proses *deinking* dengan kadar logam yang cukup tinggi. Dilihat dari pengamatan kadar elemen logam ternyata ada kecenderungan meningkatnya kadar logam berat Pb, Cd, dan Cr dengan adanya campuran lindi hitam. Keadaan ini menjadi pertimbangan walaupun kadar abu menurun namun kandungan logam beratnya cenderung meningkat kadarnya. Demikian pula bila ditinjau dari kadar Na, perlakuan substitusi lindi hitam meningkatkan cukup besar kadar Na dalam biobriket. Peningkatan kadar Na ini disebabkan karena lindi hitam yang digunakan berasal dari larutan pekat sisa pemasakan pabrik pulp proses soda yang menggunakan NaOH sebagai bahan kimia pemasaknya. Bahan Na yang terkandung dalam lindi hitam ini efektif mengurangi emisi *particulate matter* (PM) dan karbon monoksida (CO) selama pembakaran, serta memperlama

waktu pembakaran briket (Barford, 2004). Dengan demikian maka kadar Na yang tinggi meningkatkan kualitas pembakaran biobriket.

Dari Tabel 4 juga terlihat bahwa komposisi lindi hitam dapat menurunkan kadar abu. Berarti memberikan pengaruh positif terhadap efisiensi pembakaran. Semakin rendah kadar abu, semakin sedikit pula abu sisa pembakaran yang dihasilkan. Hal ini kemungkinan terjadi karena lindi hitam yang bersifat sebagai *binder* sehingga dengan penambahan lindi hitam maka ikatan antar partikel pada biobriket semakin kuat dan menyebabkan pembakaran yang terjadi semakin efisien. Namun bila dibandingkan batu bara, efisiensi pembakarannya jauh lebih rendah dari batu bara yang mengandung kadar abu hanya 4,3%. Penurunan abu ini akan sangat membantu bagi industri pulp dan kertas karena limbah lumpur sebagai limbah B3 yang akan diolah tersisa sebagai abu dalam jumlah sedikit sehingga terjadi penghematan dalam biaya pengelolaan di *landfill*.

Sifat Fisik dan Sifat Bakar Biobriket

Terhadap bahan bakar yang sudah berbentuk biobriket diamati pengaruh variasi campuran lindi hitam dan tekanan terhadap kadar air, waktu bakar dan kekuatan tekan. Hasil uji sifat fisik dan sifat bakar hanya dilakukan terhadap lumpur A yang dipertimbangkan dari penampilan bentuk biobriket yang lebih baik dibandingkan lumpur B. Data pengamatan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Uji Sifat Fisik dan Sifat Bakar Biobriket Dari Lumpur A

Komposisi Lindi Hitam (%) dan tekanan (Kpa)	Kadar air (%)	Waktu bakar (menit)	Kekuatan tekan (kg)
Komposisi 0; 500	12	30	26
1000	11	27	24
1500	9	26	29
Komposisi 10; 500	14	37	36
1000	10	33	35
1500	8	29	29
Komposisi 20; 500	12	45	44
1000	11	46	40
1500	10	44	38
Komposisi 30; 500	17	46	51
1000	12	45	54
1500	12	43	52
Komposisi 40; 500	24	43	50
1000	14	38	48
1500	11	39	48
Batu bara	5,5	64	37

Dari Tabel 5 dapat dilihat pengaruh komposisi lindi hitam terhadap sifat fisik biobriket dievaluasi dari pengujian kekuatan tekan. Terlihat bahwa campuran lindi hitam dengan komposisi makin besar memberikan peningkatan kekuatan tekan makin besar pula. Keadaan ini terlihat pada semua tekanan, yang berarti lindi hitam dengan kandungan utamanya lignin mempunyai sifat sebagai *binder* yang dapat memperkuat ikatan antar partikel lumpur. Kekuatan tekan biobriket lumpur yang berkisar antara 19 – 26 kg meningkat mencapai 50 – 54 kg pada biobriket dengan komposisi lindi hitam 30 – 40%, yang berarti lebih besar dibandingkan batu bara dengan kekuatan tekan 37 kg.

Pengaruh campuran lindi hitam terhadap sifat bakar dapat dilihat dari makin lamanya waktu yang diperlukan untuk terbakarnya biobriket sampai menjadi abu. Berarti membuktikan bahwa efisiensi pembakaran meningkat, hal ini dapat dikorelasikan dengan menurunnya kadar abu.

Perlakuan semakin tinggi tekanan pada saat pencetakan menjadi biobriket memberikan pengaruh kecenderungan menurunnya waktu bakar. Hal ini terlihat pada seluruh komposisi lindi hitam, yang berarti disebabkan oleh perbedaan kepadatan atau porositas biobriket sehingga dapat mempengaruhi distribusi oksigen yang menembus partikel-partikel biobriket. Ditinjau dari kekuatan tekan ternyata

variasi tekanan antara 500 – 1500 Kpa cenderung tidak memberikan pengaruh yang berarti. Kekuatan tekan dipertimbangkan dalam desain biobriket yang dibentuk karena menjadi tidak cepat hancur karena penyimpanan maupun pengangkutan, mempermudah penggunaan, dan menentukan desain tungku pembakaran. Namun bila ditinjau dari kadar air biobriket yang terbentuk ternyata tekanan makin besar dapat memberikan pengaruh yang positif yaitu menurunnya kadar air biobriket. Semakin rendah kadar air, maka semakin mempermudah proses penyalaan biobriket.

Komposisi lindi hitam optimal pada 30% untuk lumpur A, terlihat dari waktu bakar paling lama, kekuatan tekan paling besar, dan kadar air yang cukup rendah. Pada kondisi ini, biobriket yang dibentuk memberikan efisiensi pembakaran yang optimal

KESIMPULAN

Lumpur hasil pengolahan air limbah industri pulp dan kertas merupakan limbah padat yang dapat dimanfaatkan sebagai biobriket. Penambahan lindi hitam dapat meningkatkan kualitas pembakaran biobriket yang dihasilkan berupa meningkatnya nilai panas, kekuatan tekan dan menurunnya kadar abu, serta menurunnya emisi pembakaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Adibroto, T.A., Winanti, W.S., Mulyono, S., Anwar, H., 2006. P.T. Pindo Deli Pulp & Paper Mills: Pemasangan Boiler CFB dan Penggunaan Sludge Kertas sebagai Bahan bakar Alternatif. *www.energyefficiencyasia.org*, diakses tanggal 15 Maret 2008.
- Balai Besar Pulp dan Kertas. 2006a. *Laporan Akhir Kegiatan Tahap Pertama Pengkajian Pemanfaatan Sludge IPAL untuk Land Application Di Area Lahan Hutan Tanaman Industri (HTI) PT. Riau Andalan Pulp And Paper (PT. RAPP)*. BBPK, Bandung.
- Balai Besar Pulp dan Kertas. 2006b. *Laporan Akhir Pekerjaan A: Kegiatan Desain Proses IPAL PT Kertas Padalarang*. BBPK, Bandung.
- Barford, E.D., 2004. *Artificial Firelog With Sodium Bicarbonate Additive*. US Patent No. 6719816B2.
- Boss, E.E dan Shepherd, S.L., 2004. *Process for forming a fuel product from paper mill sludge*. US Patent No. 6780210.
- Clement, J.L., Hiner, L.A., Moyer, S.C., 1995. *Fundamental Approach to Black Liquor Combustion Improves Boiler Operation*. *International Chemical Recovery Conference*. Toronto 24-27 April 1995.
- Ibrahim, M., Ghani, A.M., Nen, N., 2007. *Formulation of Lignin Phenol Formaldehyde Resins as A Wood Adhesive*. *The Malaysian Journal of Analytical Sciences* 11(1): 213-218.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2002. *Himpunan Peraturan Perundang-undangan di Bidang Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Pengendalian Dampak Lingkungan Era Otonomi Daerah*, Edisi I, Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Major, B.J., 2000. *Briquette Binder Composition*. US Patent No. 6013116.
- Marklund, M., 2008. *Black Liquor Recovery: How Does It Work?*. *www.etcpitea.se/blg/document/PBLG_or_RB.pdf*, diakses tanggal 15 Maret 2008.
- Purwati, S., Soetopo, R.S., Setiawan, Y., 2006. *Potensi dan Alternatif Pemanfaatan Limbah Padat Industri Pulp dan Kertas*. *Berita Selulosa* 41(2): 67-79.
- Sami, N., Nilgul, O., 2003. *Studies on Lignin-Based Adhesives for Particleboard Panels*. *Turk J Agric For* 27: 183-189.
- Scott, G.M., Abubakr, S., Smith, A., 1995. *Sludge Characteristics and Disposal Alternatives For the Pulp and Paper Industry*. *Proceedings of the 1995 International environmental conference*. Atlanta, 7-10 May 1995. TAPPI.: 269-279.
- Setiadji, 2001. *Perekayasaan Alat Pengering Limbah Lumpur Pabrik Kertas untuk Industri Kecil*. *Prosiding Seminar Nasional IV: Kimia dalam Pembangunan*. Yogyakarta, Maret 2001. Jaringan Kerjasama Kimia Indonesia.: 349 – 354.
- Subroto, 2006. *Karakteristik Pembakaran Biobriket Campuran Batubara, Ampas Tebu Dan Jerami*. *Media Mesin* 7(2): 47-54.