

HUBUNGAN ANTARA PARAMETER KARAKTERISTIK LIMBAH BATUBARA KALIMANTAN TIMUR DAN KARAKTERISTIK PEMBAKARANNYA

STEFANO MUNIR DAN IKIN SODIKIN

Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara
Jl. Jenderal Sudirman No. 623, Bandung – 40211
Telp. : (022) 6030483 Fax. : (022) 6038027
e-mail : stefano@tekmira.esdm.go.id dan ikin@tekmira.esdm.go.id

Naskah masuk : 23 Desember 2008, revisi pertama : 16 Januari 2009, revisi kedua : 28 Januari 2009,
revisi terakhir : Januari 2009

ABSTRAK

Limbah batubara (*sludge*) didefinisikan sebagai bahan karbonan, berasal dari endapan batuan sedimen yang mengandung bahan organik sehingga dapat terbakar. Karakteristik limbah batubara tergantung pada karakteristik batubara sumbernya dan pada umumnya berperingkat rendah (*low rank coal*). Tipe limbah batubara yang dikaji dalam tulisan ini adalah *slurry* (= SL) sebagai limbah sisa proses pencucian batubara. Contoh diambil dari 3 (tiga) perusahaan tambang batubara yang terletak di sepanjang Sungai Mahakam di Kabupaten Kutai Kartanegara, Propinsi Kalimantan Timur (Kaltim), yaitu PT. Multi Harapan Utama (MHU), PT. Tanito Harum (TH), dan PT. Bukit Baiduri Energi (BBE) yang masing-masing mempunyai unit pencucian batubara dengan skala produksi di atas 1 juta ton batubara per tahun.

Karakteristik limbah batubara ditentukan berdasarkan parameter analisis proksimat seperti air-lembab (*Moisture = M*), abu (*Ash = A*), zat-terbang (*Volatile Matter = VM*) dan karbon tertambat (*Fixed Carbon = FC*), dan analisis ultimat seperti karbon (*Carbon = C*), hidrogen (*Hydrogen = H*), dan oksigen (*Oxygen = O*). Sedangkan karakteristik pembakaran yang memengaruhi kinerja tungku siklon ditentukan oleh nilai kalori, suhu nyala, titik pijar dan suhu pembakaran maksimum yang ditentukan oleh parameter analisis proksimat dan ultimat. Selain itu dilakukan analisis ayak untuk mengetahui distribusi ukuran partikel dari contoh batubara SL yang diteliti. Pembakar siklon dipilih, karena dapat menangani limbah batubara yang berkualitas rendah (*low grade coal*) dengan kisaran nilai kalori 3000 – 5000 kal/gr, M dan A tinggi di atas 25% dan *fuel ratio* (FC/VM) sekitar satu. Besar butir limbah batubara tipe SL Kaltim sesuai dengan ukuran untuk umpan pembakar siklon, sehingga limbah batubara dapat langsung dibakar dengan sistem tersebut. Hasil menunjukkan bahwa limbah batubara tipe SL dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif sebagai bahan bakar langsung pada industri.

Kata kunci : batubara, *slurry* (SL), karakteristik limbah, karakteristik pembakaran

ABSTRACT

Sludge is defined as a carbonaceous material, derived from sedimentary rock deposit containing organic matters so as to become combustible. The characteristic of sludge depends on the type of its source coal, most of which are low rank coal. The type of the researched sludge was slurry (SL) in form of the coal washing plant residue of which its samples were taken from the three coal mine located and selected alongside of Mahakam river in Kutai Kartanegara regency, East Kalimantan province, that are PT. Multi Harapan Utama (MHU), PT. Tanito Harum (TH), and PT Bukit Baiduri Energi (BBE) with respective coal production capacities of above one million tons of coal per annum.

The characteristic of sludge was determined by the proximate analyses such as moisture (M), ash (A), volatile matter (VM) and fixed carbon (FC) and ultimate analyses such as carbon (C), hydrogen (H) and oxygen (O). Whereas in terms of the characteristic of its combustion that affects the performance of cyclone furnace was determined by calorific value, ignition temperature, glow point and maximum combustion temperature that were determined by parameters of the proximate and the ultimate analyses. On the other hand the distribution of particle sizes was determined by sizing analysis. The cyclone furnace was selected, because it might handle the sludge as low grade coal within a low calorific value in the range of 3.000-5.000 cal/gr, high moisture and ash contents of above 25% and fuel ratio about one. Particle size of SL from Kaltim was similar to the particle size for feeding of cyclone combustion, therefore it can be utilized directly. Result indicates that the sludge of SL type can be utilized as alternative fuel for direct combustion in industry.

Keywords : coal, slurry(SL), sludge characteristic, combustion characteristic

1. PENDAHULUAN

Potensi sumber daya batubara Indonesia yang ditaksir sebanyak 93,4 milyar ton (MEMR, 2008) tersebar di Provinsi Sumatera Selatan 40,13%, Kalimantan Timur 28,37%, dan Kalimantan Selatan 17,7% dan sisanya di provinsi-provinsi lain. Produksi batubara dari Kalimantan Timur adalah yang terbesar yaitu sekitar 57% dari produksi batubara nasional sebesar 185 juta ton (2007) dan ini akan terus meningkat sesuai dengan pertumbuhan produksi batubara nasional sekitar 12,02 juta ton per tahun (Suhala, 2008).

Pada prinsipnya, kegiatan operasi penambangan di setiap lokasi tambang batubara pada umumnya menghasilkan 3 (tiga) produk, yaitu batubara yang dapat dijual (*saleable coal*), limbah batubara (*sludge*) dan air buangan akhir tambang (*effluent*). Batubara hasil penambangan (*Run of Mine-Coal* atau *raw coal*) perlu diolah terlebih dahulu atau tidak, tergantung pada karakteristik kualitas endapan lapisan batubara yang ditambang. Berdasarkan parameter pengotornya seperti kadar air-lembab (% M), abu (% A) dan Sulfur (% S) serta nilai kalori, batubara dapat diklasifikasikan menjadi 2 (dua) kelompok, yaitu batubara kualitas rendah yang masih perlu dicuci dan batubara kualitas tinggi yang tidak perlu dicuci. Biasanya ada 2 (dua) tipe unit pengolahan batubara

yang dikembangkan, yaitu *crushing and screening* untuk produksi batubara dari tambang yang telah memenuhi persyaratan kualitas (spesifikasi) pasar dan pencucian batubara (*coal washing*) untuk produksi batubara dari tambang yang belum memenuhi spesifikasi pasar sehingga menghasilkan produk batubara yang dapat dijual dengan ukuran – 50 mm. Sisa industri pertambangan batubara disebut limbah batubara (*sludge*) terdiri dari 3 (tiga) tipe, yaitu *slurry* = SL, *dirty coal* = DC, dan *coal fines* = CF. Limbah SL merupakan sisa proses pencucian yang ditampung (dikumpulkan dan disimpan) dalam sistem penampungan limbah batubara yang standar (*sludge disposal system*) dengan menggunakan kolam pengendapan (*settling pond*), timbunan (*stockpiles*) atau lubang galian tanah (*landfill*). Tipe limbah batubara SL dijadikan objek penelitian dalam tulisan ini karena mempunyai prospek yang menjanjikan dipandang dari segi jumlah (*quantity*) dan kualitasnya (*quality*) sebagai sumber energi alternatif dalam rangka mendukung kebijakan konservasi batubara nasional yang berwawasan lingkungan. Potensi SL belum dikelola secara komersial, sehingga masih dianggap sebagai batubara yang tidak dapat dipasarkan (*non-marketable coal*, JICA, 2007). Akumulasi jumlah limbah batubara tipe SL ini akan semakin besar sesuai dengan jumlah tambang batubara yang beroperasi di daerah Kaltim dan umur pengoperasian setiap tambang batubara yang

bersangkutan. Karena itu, fasilitas penampungan limbah batubara perlu dikelola secara benar mengingat akan terbatasnya lahan dan dampak lingkungan yang ditimbulkannya, terutama pencemaran sistem aliran sungai di sekitar tambang-tambang batubara, terutama yang terletak di sepanjang Sungai Mahakam.

Sebenarnya semua tipe limbah batubara tersebut di atas adalah bahan karbonan (*carbonaceous materials*) yang karakteristiknya tergantung pada karakteristik batubara sumbernya yang pada umumnya berperingkat rendah dari lignit sampai subbituminus (*low rank coal*), sehingga berpotensi cenderung untuk terjadinya swabakar. Ada 3 (tiga) perusahaan tambang batubara yang diambil contoh limbah batubaranya, terutama untuk tipe SL di sepanjang Sungai Mahakam dan dipilih sebagai wakil Provinsi Kaltim yang terletak di Kabupaten Kutai Kartanegara yaitu PT. Multi Harapan Utama (MHU), PT. Tanito Harum (TH), dan PT. Bukit Baiduri Energi (BBE). Kriteria pemilihan berdasarkan pada :

- Perusahaan tambang batubara harus mempunyai unit pencucian batubara dengan peralatan *gravity concentration* (*wash breaker, jig* atau *hydrocyclone*); dan
- Tambang harus mempunyai kapasitas produksi > 1 juta ton batubara per tahun.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara parameter karakteristik limbah batubara Kaltim dengan karakteristik pembakarannya dalam rangka mengevaluasi kinerja keterbakarannya apakah dapat dikembangkan sebagai sumber energi alternatif atau tidak.

Pemilihan tipe tungku dan metode pembakaran limbah batubara dengan pembakar siklon yang dikembangkan dalam penelitian ini didasarkan pada fakta bahwa pembakar siklon dapat membakar batubara berkadar rendah (*low grade coal*) dengan kadar air-lembab (% M) dan kadar abu (% A) yang tinggi sampai 25 %. Sistem tungku siklon yang dikembangkan dapat membakar ukuran umpan batubara yang umum digunakan, yaitu sekitar – 4 mesh (4,76 mm) atau lebih halus sampai – 30 mesh (0,595 mm = 595 μ m) (*Current Technology*, 2007; Sumaryono dkk, 2007). Ukuran partikel batubara umpan ini hampir sama dengan ukuran partikel SL sebagai tipe limbah batubara utama, yang harus dikelola oleh setiap perusahaan tambang batubara melalui sistem manajemen penampungan yang standar.

2. METODOLOGI

2.1. Bahan Uji

Ada 3 (tiga) contoh limbah batubara tipe SL dari ketiga perusahaan tambang batubara Kaltim yang dipilih untuk penelitian ini yaitu SL – MHU, SL – TH, dan SL – BBE. Karena ukuran partikel ketiga contoh SL ini telah sesuai dengan kisaran ukuran umpan yang biasa digunakan untuk pembakar siklon yaitu – 4 mesh maupun lebih halus lagi sampai – 32 mesh, maka persiapan bahan uji untuk program percobaan pembakaran dengan pembakar siklon cukup dilakukan melalui pengeringan udara pada suhu kamar.

2.2. Karakteristik Limbah Batubara

Karakteristik limbah batubara tipe SL ditentukan melalui analisis proksimat dengan parameter komponen-komponen M, A, VM dan FC dan analisis ultimat dengan parameter unsur-unsur karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), sulfur (S) serta pengujian sifat fisik seperti nilai kalori dan berat jenis. Di samping itu analisis ayak untuk mengetahui distribusi ukuran partikel dengan karakteristik kualitas per fraksi ukuran yaitu + 2 mm; - 2 mm + 1 mm; - 1 mm + 0,5 mm; - 0,5 mm + 75 μ m; - 75 μ m juga dilakukan, sehingga dapat diketahui pengaruh distribusi ukuran partikel terhadap kadar abu dan nilai kalorinya.

2.3. Karakteristik Pembakaran Limbah Batubara

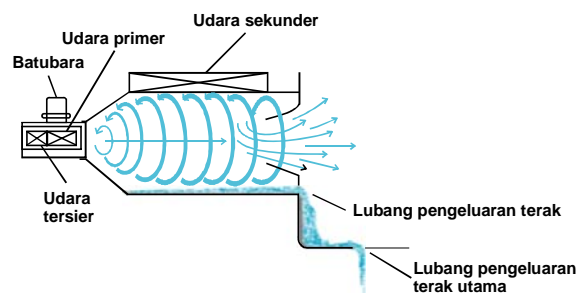
Karakteristik pembakaran limbah batubara dipengaruhi oleh parameter karakteristik limbah batubaranya sendiri, yaitu dari parameter analisis proksimat dan analisis ultimat (Tsai, 1982). Sedangkan kinerja pembakaran limbah batubara dinilai dengan beberapa parameter seperti suhu titik nyala (*ignition point*) hasil analisis *thermogravimetry* (TGA), titik pijar (*glow point*) hasil pengamatan pada *silica tube furnace* dan suhu maksimum hasil pembakarannya dengan pembakar siklon dalam hubungannya dengan parameter karakteristiknya. Kriteria penilaian karakteristik pembakaran limbah batubara adalah semakin tinggi suhu titik nyala dan titik pijar, semakin sulit bahan tersebut untuk dibakar. Sedangkan kriteria penilaian kinerja pembakarannya adalah semakin tinggi suhu maksimum yang dicapai selama pembakaran dengan siklon semakin tinggi kinerja pembakarannya.

2.4. Program Ujicoba Pembakaran

a. Peralatan

Pada prinsipnya rancangan pembakar siklon yang benar dapat dilihat pada Gambar 1. Udara pembakaran berupa udara primer maupun udara tersier digunakan untuk menghasilkan gerakan berputar dari partikel-partikel batubara atau limbah batubara umpan di dalam ruangan pembakaran siklon. Aksi gerakan berputar (sentrifugal) ditingkatkan oleh pasokan udara sekunder dengan kecepatan tinggi secara tangensial, sehingga menghasilkan semburan nyala api keluar dari ruangan siklon dan setiap partikel umpan terbakar habis (*burn out*) dengan meninggalkan residu atau lelehan abu (*slag*).

Dimensi rancangan pembakar siklon yang digunakan dalam penelitian ini adalah 40 x 100 cm dengan ukuran partikel batubara umpan – 30 mesh (595 μ m atau 0,595 mm) (Sumaryono, dkk., 2007).



Gambar 1. Skema rancangan pembakar siklon (Wikipedia. Com; 2007)

b. Prosedur

Prosedur percobaan dirancang menurut karakteristik pembakaran limbah batubara yang diuji. Setiap bahan uji SL yang sudah kering di udara, dimasukkan ke dalam penandon umpan berupa *hopper* dan kemudian diumpankan dengan bantuan *blower* ke dalam ruangan pembakar siklon yang telah dipanaskan terlebih dahulu dengan bantuan kayu bakar atau karet ban bekas sampai mencapai suhu 450°C sebagai pematik (*igniter*). Selanjutnya, perkembangan suhu pembakaran yang dihasilkan dicatat melalui pencatat suhu *indicator thermocouple* dengan interval waktu 5 menit selama 15 menit. Suhu maksimum rata-rata hasil pembakaran dari setiap contoh limbah batubara diambil sebagai

nilai optimal karakteristik pembakarannya. Kegiatan percobaan pembakaran dari ketiga contoh limbah batubara SL tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



SL MHU



SL- TH



SL BBE

Gambar 2. Kegiatan percobaan pembakaran 3 (tiga) contoh limbah batubara SL dengan pembakar siklon

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakteristik Limbah Batubara

Karakteristik limbah batubara tipe SL dari 3 (tiga) perusahaan tambang batubara di Kaltim dapat dilihat pada Tabel 1 dan hasil analisis ayak pada Tabel 2.

Tabel 1 menunjukkan bahwa karakteristik SL dari masing-masing perusahaan pertambangan batubara selain tergantung dari karakteristik batubara sumbernya, juga dipengaruhi oleh proses pencucian dengan peralatan yang digunakan seperti *drum washer*, *jig*, *hydrocyclone* dan *screen* (0,25mm – 0,5 mm). Karakteristik SL dari masing-masing perusahaan

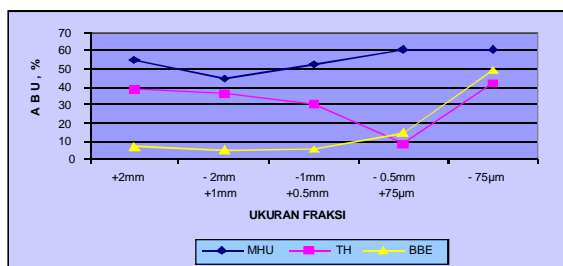
Tabel 1. Karakteristik limbah batubara tipe SL dari MHU, TH dan BBE

Parameter	SL		
	MHU	TH	BBE
Analisis proksimat :			
Air lembab (IM), %, adb	3,46	7,93	11,96
Abu (A), %, adb	56,70	31,13	17,30
Zat terbang (VM), %, adb	26,44	30,14	34,56
Karbon tertambat (FC), %, adb	13,40	30,80	36,18
Nilai kalori, kal/gr, adb	2.413	4.436	4.758
<i>Fuel Ratio</i> (FC/VM)	0,51	1,02	1,05
Berat jenis (TSG)	2,33	1,59	1,53
Analisis ultimat :			
Karbon (C), %, adb	22,02	47,44	51,20
Hidrogen (H), %, adb	1,68	3,84	4,25
Oksigen (O), %, adb	11,37	16,05	23,55
Nitrogen (N), %, adb	0,27	0,92	0,88
Sulfur (S), %, adb	7,96	0,62	2,82

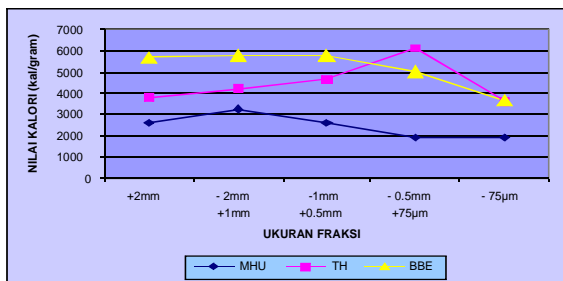
Tabel 2. Hasil analisis ayak, analisis proksimat, *fuel ratio*, dan nilai kalori limbah batubara tipe SL dari MHU, TH dan BBE

	Ukuran fraksi	% massa tertahan	% kumulatif massa tertahan	Analisa proksimat (%), adb				<i>Fuel ratio</i> (FC/VM)	Nilai kalori, kal/gr,adb
				IM	A	VM	FC		
MHU	+ 2 mm	19,19	19,19	3,78	54,47	26,6	15,15	0,57	2.594
	- 2 mm + 1 mm	9,14	28,33	4,78	44,49	30,48	20,25	0,66	3.277
	- 1 mm + 0,5 mm	24,36	52,69	3,76	52,4	28,72	15,12	0,53	2.631
	- 0,5 mm + 75 μ m	45,51	98,2	2,43	60,59	24,22	12,76	0,53	1.892
	- 75 μ m	1,8	100	4,33	60,53	24,15	10,99	0,45	1.895
TH	+ 2 mm	47,93	47,93	7,24	38,7	28,01	26,05	0,93	3.851
	- 2 mm + 1 mm	7,15	55,08	6,7	36,66	30,5	26,14	0,86	4.224
	- 1 mm + 0,5 mm	4,68	59,76	7,3	30,32	33,82	28,56	0,84	4.686
	- 0,5 mm + 75 μ m	30,57	90,33	9,33	8,72	37,56	44,39	1,18	6.128
	- 75 μ m	9,67	100	6,77	42,32	27,4	23,51	0,86	3.636
BBE	+ 2 mm	1,90	1,9	13,52	6,93	40,66	38,89	0,96	5.690
	- 2 mm + 1 mm	5,2	7,1	12,95	5,54	39,81	41,7	1,05	5.778
	- 1 mm + 0,5 mm	16,18	23,28	12,78	6,17	39,6	41,45	1,05	5.798
	- 0,5 mm + 75 μ m	66,51	89,79	11,34	14,61	35,55	38,5	1,08	5.032
	- 75 μ m	10,21	100	6,58	49,59	24,95	18,88	0,76	3.683

pertambangan batubara menunjukkan bahwa kandungan abu yang tinggi sangat memengaruhi kandungan nilai kalori dan berat jenis yang sebenarnya. Begitu pula tinggi rendahnya kandungan karbon dan oksigen akan memengaruhi kandungan nilai kalori. Dengan kata lain dapat dikatakan bahwa naiknya kadar abu akan menurunkan nilai kalori yang diikuti oleh naiknya kadar karbon dan oksigen. Sedangkan kandungan sulfur yang tinggi akan memengaruhi kinerja peralatan pembakaran dan gas buang hasil pembakaran. Gambar 3 menunjukkan grafik hubungan antara kadar abu dengan ukuran fraksi dan Gambar 4 grafik hubungan antara nilai kalori dengan ukuran fraksi.



Gambar 3. Hubungan antara kadar abu dengan ukuran fraksi



Gambar 4. Hubungan antara nilai kalori dengan ukuran fraksi

Dari Gambar 3 dan 4, terlihat bahwa menurunnya ukuran partikel menyebabkan menurunnya nilai kalori, dengan nilai kalori yang terendah sebesar 1895 kal/gr pada fraksi ukuran terkecil – 75 µm. SL MHU yang merupakan limbah pengolahan dengan *cyclone classifier dan screen 0,25 mm* mempunyai nilai kalori yang terendah, yaitu dari 1.892 kal/gr sampai 3.277 kal/gr. SL TH dengan *drum washer, cyclone classifier dan screen 0,5 mm* dari 3.636 kal/gr sampai 6.128 kal/gr dan SL BBE dengan *cyclone classifier dan screen 0,5 mm* dari 3.683 kal/gr sampai 5.798 kal/gr. Dengan kata lain bahwa semakin halus (– 75 µm) fraksi ukuran SL semakin rendah nilai kalorinya, baik pada fraksi ukuran – 0,5 mm + 75 µm maupun pada fraksi ukuran terhalus – 75 µm. Fraksi-fraksi ukuran partikel yang sangat halus ini biasanya dianggap sebagai *slime*, sehingga teknik pengolahan untuk pemisahannya dari fraksi-fraksi yang kasar harus dilakukan dengan proses *desliming* melalui cara *decantation* untuk meningkatkan nilai kalori limbah batubara tipe SL tersebut.

Distribusi ukuran partikel semua contoh tipe limbah batubara SL telah memenuhi spesifikasi sebagai umpan untuk pembakar siklon, walaupun semakin halus fraksi ukuran partikelnya semakin tinggi kadar abu, sehingga akan menurunkan nilai kalori.

3.2. Karakteristik Pembakaran Limbah Batubara

Karakteristik pembakaran limbah batubara tipe SL dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 menunjukkan bahwa naiknya titik nyala dan titik pijar dipengaruhi oleh *fuel ratio*. Semakin tinggi kadar *fixed carbon* atau *fuel ratio*, semakin tinggi titik nyala atau titik pijarnya. Sedangkan suhu maksimum siklon dipengaruhi oleh kadar abu, nilai kalor dan ukuran partikel umpan, yaitu semakin rendah kadar abu limbah batubara akan semakin

Tabel 3. Karakteristik pembakaran limbah batubara

Parameter	SL		
	MHU	TH	BBE
Karakteristik pembakaran :			
Nilai kalori, kal/gr,adb	2.413	4.436	4.758
Titik Nyala TGA, °C	tdd	261	340
Titik Pijar <i>Silica Tube Furnace</i> , °C	470	360	418
Suhu maks. pembakaran siklon, °C	431	566	529

Catatan : tdd = tidak dapat ditentukan

tinggi nilai kalornya. Semakin halus ukuran partikel umpan siklon semakin tinggi suhu maksimum yang dicapai sehingga kinerja pembakar siklon meningkat. Titik nyala untuk SL MHU tidak dapat ditentukan karena kandungan abu yang cukup tinggi mencapai 60,59%.

Pada prinsipnya, semua contoh limbah batubara tipe SL menunjukkan kinerja keterbakaran dari yang terendah (SL–MHU), sedang (SL-TH), dan tinggi (SL-BBE) sehingga masih dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif untuk bahan bakar langsung. Sedangkan kandungan sulfur yang tinggi akan memengaruhi kinerja peralatan pembakaran dan gas buang hasil pembakaran.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik pembakaran limbah batubara tipe SL dengan pembakar siklon, kinerja pembakarannya dapat diurut menurut kemudahan keterbakarannya dari yang paling rendah, yaitu SL – MHU, sedang SL – TH, tinggi SL – BBE. Secara umum, ketiga limbah batubara tipe SL yang diteliti masih dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif untuk bahan bakar langsung dengan menggunakan pembakar siklon.

4.2. Saran

Limbah batubara tipe SL yang banyak tersebar di beberapa perusahaan tambang batubara dan belum dimanfaatkan di Provinsi Kaltim perlu dikelola dengan baik agar dapat dimanfaatkan sebagai sumber

daya energi alternatif untuk industri.

DAFTAR PUSTAKA

Current Technology, Methods of Burning Coal, 27 Desember 2007. <http://me-roboto.me.uiuc.edu/kawka/Public/coal/tech.html>

JICA team, 2007, Summary of Draft Final Report : The Master Plan Study on Pollution Risk Mitigation Program for Sustainable Coal Development in East Kalimantan Province in the Republic of Indonesia, *Lokakarya Program Peduli Mahakam, ESDM dan JICA Jakarta*.

Ministry of Energy and Mineral Resources, 2008. *Indonesia Energy Statistics*.

Suhala, S., 2008. Perkembangan Industri Pertambangan Batubara Nasional Peluang dan Tantangannya, *APBI-ICMA*, Bandung.

Sumaryono, Munir, S., Yaskuri, dan Fahmi Sulistyohadi, F., 2007. Pembangunan *Pilot Plant* Teknologi Pembakaran Batubara Dengan Pembakar Siklon, *Laporan Intern Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara*, Bandung.

Tsai, S.C., 1982. *Fundamentals of Coal Beneficiation and Utilization*, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.

Wikipedia. Com, 20 Oktober 2007, *Cyclone furnace* : Definition from Answers. Com, <http://www.answers.com/topic/cyclone-furnace>