

PENANGANAN LIMBAH PEMBAKARAN BATUBARA PADA PABRIK TEKSTIL STUDI KASUS PABRIK TEKSTIL DI KABUPATEN BANDUNG

SLAMET SUPRAPTO

Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara (tekMIRA)
Jalan Jenderal Sudirman No. 623, Bandung 40211
Telp. 022 - 6030483, Fax. 022 - 6003373
e-mail: slamets@tekmira.esdm.go.id

Naskah masuk : 09 Februari 2009, revisi pertama : 03 Maret 2009, revisi kedua : 15 April 2009,
revisi terakhir : Mei 2009

SARI

Meningkatnya penggunaan batubara pada industri tekstil di Kabupaten Bandung menyebabkan jumlah limbah padat hasil pembakaran batubara juga meningkat. Mengingat industri tekstil Kabupaten Bandung umumnya terletak di tengah pemukiman penduduk, maka limbah padat tersebut dapat menimbulkan masalah lingkungan dan sosial. Untuk mengantisipasi masalah tersebut dan mencari solusi pemecahannya, maka dilakukan studi penanganan limbah pembakaran batubara pada pabrik tekstil khususnya di daerah Kabupaten Bandung. Studi dilakukan dengan peninjauan lapangan dan analisis sampel limbah terhadap sepuluh sampel pabrik tekstil yang dianggap mewakili. Sebagai referensi, dipilih PT. Daliatex Kusuma yang dianggap mewakili pabrik tekstil yang peduli lingkungan. Hasil studi menunjukkan bahwa penanganan limbah batubara dapat diklasifikasikan menjadi empat sistem yakni "dikelola", "dimanfaatkan", "diambil" (pihak lain) dan "disimpan". Sedangkan penanganan yang dilakukan oleh pabrik yang dijadikan referensi (PT Daliatex Kusuma) adalah "dikelola dan dimanfaatkan". Kualitas abu batubara pada pabrik-pabrik tekstil tersebut umumnya sangat rendah, yakni dengan kadar hilang bakar pada *fly ash* maupun *bottom ash* yang tinggi. Hasil studi menunjukkan bahwa komposisi abu limbah pabrik tekstil pengguna batubara umumnya dengan komponen utama SiO_2 , Al_2O_3 dan Fe_2O_3 , kemudian diikuti oleh komponen-komponen lainnya seperti CaO , MgO , K_2O , Na_2O , TiO_2 , SO_3 , P_2O_5 dan MnO_2 . Limbah batubara dari industri tekstil kebanyakan tidak bisa dimanfaatkan secara langsung dan harus ditingkatkan dahulu kualitasnya agar bisa digunakan untuk bata beton, bahan baku semen atau bahan bangunan.

Kata kunci: limbah batubara, abu batubara, penanganan limbah, industri tekstil

ABSTRACT

The increase use of coal in textile industries in Bandung area has also made the increase production of solid waste residue of coal combustion. Since most textile industries in Bandung area are located in the middle of people settlement, the solid waste can create environmental and social problems. To anticipate and find the solution of those problems, study on coal solid waste management of textile industries, especially in Bandung area, has been carried out. The study is carried out by site survey and analyzing waste samples of ten textile factories which represent textile industries. As the reference factory, PT Daliatex Kusuma which has good waste management system has been chosen. The result of study shows that the management of coal solid waste can be classified into four systems namely "managed", "utilized", "taken" (by someone) and "stored". While, the waste management system of PT Daliatex Kusuma is classified as "managed" and "utilized". The quality of coal soild waste was mostly low, with high loss on ignition of fly ash and bottom ash. The results

show that composition of coal ash from textile industries generally contains main component of SiO_2 , Al_2O_3 and Fe_2O_3 , followed by other components such as CaO , MgO , K_2O , Na_2O , TiO_2 , SO_3 , P_2O_5 dan MnO_2 . Mostly, coal waste from textile industry cannot be directly utilized, but their quality need to be increased before being used for concrete brick, raw material of cement plant and construction materials.

Keywords: coal waste, coal ash, waste management, textile industry

1. PENDAHULUAN

Kenaikan harga bahan bakar minyak telah mendorong industri tekstil di Jawa Barat khususnya di Kabupaten Bandung beralih ke batubara sebagai sumber energi. Pabrik tekstil yang menggunakan bahan bakar batubara telah mencapai ± 120 buah dengan penggunaan batubara rata-rata 2.550 ton/hari. Limbah pembakaran batubara yang dihasilkan rata-rata mencapai 133 ton/hari yang terdiri atas 85 ton abu terbang (*fly ash*) dan 48 ton abu dasar (*bottom ash*) (Dinas LH Kabupaten Bandung, 2008). Apabila tidak dikelola dengan baik, limbah yang jumlahnya cukup besar tersebut akan mengganggu masyarakat mengingat industri tekstil di Bandung umumnya berada di tengah pemukiman penduduk. Apalagi peraturan pemerintah yang memasukkan abu batubara dalam daftar limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) (Kementerian Lingkungan Hidup, 2004) mendorong sebagian masyarakat semakin memperlakukan limbah batubara dari industri tekstil. Berita-berita negatif tentang limbah dan protes masyarakat terhadap keberadaan industri tekstil pengguna batubara juga marak di media massa.

Dalam rangka mengatasi permasalahan tersebut, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara bekerjasama dengan Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) dan Pemerintah Daerah serta Asosiasi Perindustri Indonesia Jawa Barat telah beberapa kali mensosialisasikan kepada industri tekstil dan juga masyarakat tentang penggunaan batubara dan penanganan limbahnya. Menurut KLH (2005) pemanfaatan abu terbang dan abu dasar merupakan alternatif terbaik untuk mengelola limbah pemanfaatan batubara. Bahkan Menteri LH (Pikiran Rakyat, 2006) menyatakan bahwa "Limbah Batubara Tak Haram Diolah".

Pemanfaatan abu batubara yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) berbahan bakar batubara sebetulnya sudah dilakukan secara komersial di banyak negara seperti Amerika Serikat, Jepang, dan Eropa. Bahkan PLTU Suralaya (Banten)

dan PLTU Paiton (Jawa Timur) juga telah memanfaatkan abu batubara secara komersial untuk bahan bangunan dan bahan baku industri semen. Tetapi, penelitian awal yang dilakukan Suprpto (2007) menyimpulkan bahwa permasalahan dampak penggunaan batubara diakibatkan oleh kurang sempurnanya pembakaran, kurang baiknya penanganan serta sulitnya pemanfaatan limbah pembakaran. Untuk menindaklanjuti penelitian tersebut, kemudian diadakan studi penanganan limbah batubara pada pabrik tekstil dengan mengambil sampel industri tekstil di Kabupaten Bandung. Lokasi ini dipilih mengingat pabrik tekstil pengguna batubara di Jawa barat terkonsentrasi di Kabupaten Bandung. Studi dilakukan dengan menginventarisasi sampel pabrik tekstil meliputi pemakaian batubara, produksi limbah, jenis dan pembuat ketel-uap (*ketel uap*), jumlah/sistem pengolahan dan pemanfaatan limbah batubara, agar pencegahan dan solusi permasalahan limbah dapat dirumuskan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pembakaran Batubara Dalam Ketel Uap

Batubara mengandung bahan mineral (*mineral matter*) berupa senyawa anorganik yang tidak terbakar dan menjadi residu pembakaran. Dalam pembakaran yang sempurna, batubara mengalami beberapa tahapan proses sebagai berikut (Unsworth, 1991):

- pelepasan dan pembakaran zat terbang;
- pembakaran sisa semikokas (*char*); dan
- pelepasan bahan mineral menjadi abu.

Sebelum terjadi pembakaran, batubara mengalami dekomposisi karena pemanasan (sehingga terjadi pelepasan zat terbang). Zat terbang tersebut kemudian bercampur dengan udara dan pada suhu titik nyala akan terjadi pembakaran. Oleh karena itu, dalam pembakaran batubara diperlukan pemanasan awal tungku pada titik nyala batubara agar batubara yang dibakar segera menyala dan kemudian diperlukan

pasokan udara yang cukup agar pembakaran berlangsung dengan sempurna. Selama pembakaran, bahan mineral dalam batubara akan mengalami perubahan kimia menjadi abu berupa oksida logam yang merupakan limbah padat pembakaran.

Pada pembakaran yang sempurna abu batubara hanya mengandung bahan anorganik atau oksida logam dengan warna antara kuning kecoklatan sampai jingga. Sedangkan pada pembakaran yang tidak sempurna akan dihasilkan abu yang mengandung bahan mampu bakar (*combustible matter*) terutama karbon sehingga warnanya keabuan. Apabila kadar karbon masih tinggi maka warna abu batubara masih hitam seperti batubara asalnya. Tergantung sistem pembakarannya, abu batubara dapat tertinggal di dalam tungku pembakaran sebagai abu dasar (*bottom ash*) atau terbawa bersama gas buang sebagai abu terbang (*fly ash*).

Ketel-ketel uap industri tekstil berbahan bakar batubara pada umumnya menggunakan sistem pembakaran kisi rantai (*chain grate*) dan unggun-terfluidakan (*bubling fluidized bed*), dan juga ketel uap modifikasi (Suprpto, 2007). Sistem unggun tetap adalah pembakaran batubara menggunakan kisi (*grate*) dan umumnya menggunakan batubara berukuran bongkah antara 1 – 5 cm (Ward, 1984). Sistem unggun terfluidakan tidak menggunakan kisi, tetapi batubara berukuran antara 0,5 sampai 1 cm difluidakan (diambangkan) di dalam ruang bakar bersama-sama material unggun (biasanya kuarsa) oleh udara pembakaran sehingga pembakaran relatif sempurna (Singer, 1991; Ward, 1984). Sisa pembakaran sebagian bercampur dengan material unggun dan sebagian lagi terbawa oleh gas buang sebagai abu terbang. Pada unggun terfluidakan tersirkulasi (*circulating fluidized bed*), abu terbang dimasukkan kembali ke dalam tungku sehingga pembakaran lebih sempurna.

Selain sistem *chain grate* dan unggun terfluidakan, beberapa pabrik tekstil di Kabupaten Bandung juga menggunakan ketel uap hasil modifikasi, yakni ketel uap berbahan bakar minyak dimodifikasi menjadi

berbahan bakar batubara. Ketel uap hasil modifikasi tersebut umumnya menggunakan sistem pembakaran unggun tetap yang murni (kisi tidak bergerak).

2.2. Pemanfaatan Abu Batubara

Pemanfaatan limbah abu batubara dari ketel uap pembangkit listrik telah lama dilakukan di Amerika, Eropa, Jepang dll. (Elliot, 1981; Manz, 1982). Bahkan PLTU Suralaya di Banten telah memanfaatkan limbah abu batubara secara komersial untuk bahan bangunan (*batako, ready mix*), *filler* pengaspalan jalan, bahan baku semen serta sebagai *stabilizer* tanah pertanian. Penelitian-penelitian pemanfaatan abu batubara sebagai bahan baku batako dan batubata telah dilakukan di Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral Mineral dan Batubara (1996, 1997), Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (DESDM). Selain sebagai bahan bangunan, abu batubara juga bisa digunakan sebagai *stabilizer* tanah pertanian (Suprpto, 2007).

Dua sifat kimia yang paling penting dalam pemanfaatan abu adalah kadar karbon yang tak terbakar (*un-burnt carbon*) dan komposisi kimianya. Kadar karbon yang tak terbakar biasanya dianalisis sebagai hilang bakar (*loss on ignition*). Abu dasar biasanya mempunyai kadar karbon total rendah. Sedangkan kadar karbon total dalam abu terbang sangat bervariasi tergantung sistem pembakaran, pengoperasian ketel uap, serta ukuran partikel batubara. Kadar karbon total naik dengan naiknya ukuran partikel abu. Komponen utama abu batubara terdiri atas Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O dan SO_3 . Kadar masing-masing komponen tersebut tergantung jenis batubara dan sistem penambangannya. Komposisi abu batubara sangat berpengaruh terhadap sifat fisik dan selanjutnya menentukan peruntukan pemanfaatannya. ASTM mengklasifikasikan bahan yang bersifat pozolanik menjadi tiga kelas yakni kelas N, kelas F dan kelas C dengan spesifikasi kimia seperti pada Tabel 1. Sedangkan persyaratan kimia abu batubara untuk bahan bangunan dan industri semen dapat dilihat pada Tabel 2 (ASTM C618; Manz, 1982; Suprpto, 2007).

Tabel 1. Klasifikasi bahan pozolanik menurut ASTM

	Kelas N	Kelas F	Kelas C
$SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3$, min. %	70	70	50
SO_3 , maks. %	4	5	5
Hilang Bakar, maks. %	10	6	6
Alkali, %	1,5	1,5	1,5

Tabel 2. Persyaratan kimia abu batubara untuk bahan bangunan dan semen

Parameter	Jepang	USA
Hilang Bakar, % maks.	10	6 – 10
SiO ₂ , % min.	45	-
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ , % min.	70	50 – 70
SO ₃ , % maks.	5	5
CaO, % maks.	6	-
MgO, % maks.	5	5
Alkali, % maks.	-	1,5

3. METODOLOGI

3.1. Inventarisasi Data

Inventarisasi data dilakukan terhadap pabrik-pabrik tekstil di Kabupaten Bandung, terutama yang menggunakan bahan bakar batubara. Data diperoleh dari laporan-laporan Dinas Lingkungan Hidup (LH) Kabupaten Bandung meliputi jumlah pabrik tekstil, jumlah/jenis/asal batu bara, jenis dan pembuat ketel uap, jumlah/sistem pengolahan dan pemanfaatan limbah batubara. Inventarisasi juga dilakukan dengan mengadakan kunjungan langsung untuk memantau pengoperasian ketel uap dan penanganan limbahnya.

3.2. Pengambilan Contoh Limbah Batubara

Pengambilan contoh limbah dilakukan pada sepuluh pabrik tekstil yang dianggap mewakili industri tekstil Kabupaten Bandung. Pemilihan tersebut didasarkan atas sistem pembakaran, merk/pembuat ketel uap, dan ketel uap modifikasi (Tabel 3). Contoh limbah

yang diambil berupa abu dasar dan abu terbang sehingga seluruhnya menjadi duapuluh contoh. Sebagai pembandingan, dilakukan juga pengambilan contoh limbah padat dari PT Daliatex Kusuma yang telah memanfaatkan limbahnya untuk bata beton dan mendapat ijin dari Kementerian Lingkungan Hidup.

3.3. Analisis Contoh Limbah

Analisis yang dilakukan terhadap contoh limbah (abu terbang dan abu dasar) terdiri atas kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, kadar karbon padat, kadar hilang bakar, nilai kalor dan komposisi kimia abu batubara (Al₂O₃, SiO₂, Fe₂O₃, CaO, MgO, Na₂O, K₂O, TiO₂ dan MnO₂) di laboratorium Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara. Kadar hilang bakar biasanya digunakan untuk menentukan berapa kadar bahan mampu bakar (*combustible matter*) yang masih tertinggal dalam limbah. Makin tinggi kadar hilang bakar maka makin rendah efisiensi pembakaran dan selanjutnya makin rendah kualitas limbah pembakaran (untuk pemanfaatan).

Tabel 3. Daftar pabrik tekstil yang dikaji

No	Perusahaan	Sistem Pembakaran	Merk Ketel Uap
1	Pabrik A	<i>Fluidized Bed</i>	Thermax – India
2	Pabrik B	<i>Chain Grate</i>	Shanghai – China
3	Pabrik C	<i>Fluidized Bed</i>	Basuki Pratama Engineering
4	Pabrik D	<i>Fluidized Bed</i>	Basuki Pratama Engineering
5	Pabrik E	<i>Chain Grate</i>	Asltom – Jerman
6	Pabrik F	<i>Chain Grate</i>	Asltom – Jerman
7	Pabrik G	<i>Chain Grate</i>	Long Chuan – China
8	Pabrik H	<i>Chain Grate</i>	Long Chuan – China
9	Pabrik I	Modifikasi	Dalam Negeri
10	Pabrik J PT Daliatex Kusuma	Modifikasi <i>Chain Grate</i>	Dalam Negeri Long Chuan – China

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Penanganan Limbah Batubara

Lampiran 1 menjelaskan jumlah pemakaian batubara, limbah yang dihasilkan dan cara penanganan limbahnya. Penanganan limbah abu batubara dapat diklasifikasikan menjadi empat cara, yakni “dikelola”, “dimanfaatkan”, “diambil” (oleh pihak lain) dan “disimpan”. Sedangkan penanganan yang dilakukan oleh PT Daliatex Kusuma adalah “dikelola” dan “dimanfaatkan”.

Satu-satunya contoh pabrik tekstil yang menangani limbah batubara dengan klasifikasi “dikelola” adalah Pabrik A, yakni limbah batubara dimasukkan ke dalam *jumbo bag* kemudian disimpan di penampungan sementara berupa ruangan tertutup. Secara periodik, limbah tersebut dikirim ke Pusat Pengolahan Limbah Industri (PPLI). Disamping itu, limbah cair (lumpur) ditangani dan dikelola dengan baik dengan mengalirkannya melalui saluran-saluran lumpur ke penampungan limbah. Dengan sistem penanganan yang demikian, limbah abu tidak menjadi permasalahan bagi pabrik yang bersangkutan dan tidak mengganggu lingkungan atau masyarakat sekitarnya akibat tumpukan limbah atau partikel debu yang berterbangan.

Terdapat dua pabrik yang menangani limbah batubara dengan klasifikasi “dimanfaatkan” yakni masing-masing Pabrik H (untuk beton & *paving block*) dan Pabrik C (untuk batako). Pabrik H menyimpan limbah dalam keadaan terbuka (tanpa wadah) di areal pabrik. Penyimpanan dengan keadaan demikian dapat mengakibatkan debu berterbangan sehingga mengganggu lingkungan kerja maupun lingkungan di sekitar pabrik. Pabrik C memasukkan limbah ke dalam karung kemudian menyimpannya di dalam ruangan pabrik; ijin KLH sedang diurus.

Empat pabrik yang menangani limbah abu batubara dengan klasifikasi “diambil” yakni Pabrik D, F, I dan J. Limbah Pabrik D dimasukkan ke dalam karung kemudian diambil oleh sebuah yayasan. Limbah Pabrik F, I dan J dimasukkan ke dalam karung kemudian disimpan di sekitar *stockpile* batubara dan selanjutnya diambil oleh pemasok batubara.

Tiga pabrik yang menangani limbah dengan klasifikasi “disimpan” Pabrik B, Pabrik E dan Pabrik G, semuanya belum berijin. Pabrik B menyimpan limbahnya dengan dua cara yakni dimasukkan dalam karung kemudian disimpan di Tempat Penampungan

Sementara (TPS) dan disimpan dalam keadaan terbuka (tanpa wadah) di sekitar pabrik. Pabrik E memasukkan limbah dalam karung kemudian menyimpannya di tempat penampungan sementara, ijin penyimpanan sedang dalam proses. Sedangkan Pabrik G menyimpan limbah batubara dalam keadaan terbuka (tanpa wadah) di tanah kosong milik pabrik dan juga belum mempunyai ijin.

Penanganan limbah batubara dengan hanya disimpan, walaupun dalam karung tetapi dapat menimbulkan masalah karena terbatasnya ruangan dan produksi limbah terus berlangsung. Penumpukan limbah dalam keadaan terbuka dapat menyebabkan polusi debu terhadap lingkungan sekitarnya akibat tertiuap angin. Penanganan abu dengan cara “disimpan” sebaiknya hanya bersifat sementara dan harus dilanjutkan dengan pemanfaatan, pengiriman atau dikirim ke PPLI agar tidak menjadi masalah terhadap lingkungan. Untuk memanfaatkan atau menimbun limbah tersebut, kualitas limbah harus ditingkatkan sehingga kadar hilang bakar atau kadar karbon padatnya rendah. Untuk pemanfaatan sebagai bahan baku semen atau bahan bangunan kadar hilang bakar harus kurang dari 10%, sedangkan apabila sebagai *filler* pada pembuatan bata beton kadar hilang bakarnya bisa lebih tinggi, seperti pada PT Daliatex Kusuma. Apabila limbah sudah tidak mungkin ditingkatkan kualitasnya tetapi masih mempunyai nilai kalor tinggi, limbah tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar misalnya dijual ke pabrik semen atau dibuat briket batubara untuk keperluan karyawan.

PT Daliatex Kusuma yang digunakan sebagai referensi dalam penelitian ini menangani limbah abu batubara secara baik dan sistem penanganannya dapat diklasifikasikan sebagai “dikelola dan dimanfaatkan”. Pabrik ini menggunakan batubara rata-rata 200 ton per hari untuk ketel uap dengan sistem pembakaran *chain grate*. Uap tekanan tinggi (± 35 Bar) yang dihasilkan digunakan untuk memutar turbin dan menghasilkan listrik. Sisa uap bertekanan rendah (± 7 Bar) digunakan untuk proses dalam pabrik. Limbah batubara yang dihasilkan sebanyak ± 20 ton per hari (15 ton abu terbang dan 5 ton abu dasar). Penangkapan abu terbang menggunakan sistem *wet scrubber* sehingga tidak berterbangan. Abu dasar juga dikeluarkan dalam keadaan basah. Abu dasar dan abu terbang tersebut dikirim ke unit pembuatan bata beton untuk dicampur dengan semen dan dicetak menjadi bata beton. Ijin pengelolaan limbah dan ijin pemanfaatan abu dari KLH sudah dimiliki oleh PT Daliatex Kusuma.

Di samping kurangnya pengetahuan pihak pabrik tentang pemanfaatan limbah, masalah perijinan juga menjadi kendala (Kementerian Lingkungan Hidup, 2004). Oleh karena itu, wewenang perijinan mungkin perlu ditinjau kembali apakah harus selalu dari KLH atau cukup dilimpahkan ke Pemerintah Daerah melalui Dinas Lingkungan Hidup. Untuk pabrik-pabrik yang tidak mampu mengelola dan memanfaatkan limbahnya dengan baik, sebaiknya dipikirkan penanganan secara terpadu sehingga dapat terkontrol dan efek terhadap lingkungan juga dapat dibatasi. Namun dengan pembatasan yakni hanya limbah yang

memenuhi kualitas cukup baik yang bisa diterima. Persyaratan limbah tersebut kiranya perlu dibahas dengan pihak terkait yang berhubungan dengan kualitas produk dari limbah abu, misalnya bata beton.

Berdasarkan uraian tersebut di atas maka diperlukan perbaikan pengelolaan limbah yang meliputi perbaikan sistem penanganan limbah dan peningkatan kualitas limbah. Perbaikan pengelolaan limbah secara rinci terhadap masing-masing perusahaan untuk memperbaiki sistem penanganan limbah dan juga limbah batubara dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbaikan pengelolaan limbah batubara

Perusahaan	Penanganan limbah	Peningkatan kualitas limbah
Pabrik A	Sebaiknya limbah batubara dimanfaatkan misalnya menjadi bata beton dan berijin	Gunakan batubara sesuai spesifikasi, kurangi partikel batubara ukuran halus
Pabrik B	Limbah harus disimpan dalam karung, kemudian dimanfaatkan menjadi bata beton atau briket dan mengurus ijin ke KLH	Gunakan batubara sesuai spesifikasi, perbaiki sistem operasi dengan menambah udara dan mengurangi kecepatan kisi
Pabrik C	Sistem penyimpanan limbah perlu dirapikan dan pengurusan ijin harus terus dipantau, perlu dicoba pemanfaatan menjadi briket	Konsultasikan dengan pembuat ketel uap tentang spesifikasi batubara dan manual operasi yang benar
Pabrik D	Yayasan harus mengurus ijin pemanfaatan atau limbah dimanfaatkan sendiri menjadi bata beton atau briket dan mengurus ijin ke KLH	Konsultasikan dengan pembuat ketel uap tentang spesifikasi batubara dan manual operasi yang benar
Pabrik E	Agar dilanjutkan dengan pemanfaatan menjadi bata beton dan mengurus ijin ke KLH	Gunakan batubara sesuai spesifikasi, perbaiki sistem operasi dengan menambah udara pembakaran dan mengurangi kecepatan kisi.
Pabrik F	Penanganan oleh pemasok harus jelas dan berijin, atau dimanfaatkan sendiri menjadi bata beton atau briket dan mengurus ijin ke KLH	Gunakan batubara sesuai spesifikasi dan kurangi partikel batubara ukuran halus, perbaiki sistem operasi dengan menambah udara dan mengurangi kecepatan kisi
Pabrik G	Penyimpanan limbah harus dalam karung dan ruang beratap kemudian dilanjutkan dengan pemanfaatan menjadi bata beton dan mengurus ijin ke KLH	Gunakan batubara sesuai spesifikasi, perbaiki sistem operasi dengan menambah udara pembakaran dan mengurangi kecepatan batubara.
Pabrik H	Ijin penyimpanan dan pemanfaatan agar segera diurus ke KLH, perlu dicoba pemanfaatan menjadi briket	Gunakan batubara sesuai spesifikasi, perbaiki sistem operasi dengan menambah udara dan mengurangi kecepatan batubara
Pabrik I	Penanganan oleh pemasok harus jelas dan berijin, atau dimanfaatkan sendiri menjadi bata beton dan mengurus ijin ke KLH	Perbaiki sistem operasi dengan menambah udara dan mengurangi kecepatan kisi

Tabel 4. Lanjutan ...

Perusahaan	Penanganan limbah	Peningkatan kualitas limbah
Pabrik J	Penanganan oleh pemasok harus jelas dan berijin, atau dimanfaatkan sendiri menjadi bata beton dan mengurus ijin ke KLH	Perbaiki sistem operasi dengan menambah udara dan mengurangi kecepatan kisi
PT Daliatex Kusuma	-	Gunakan batubara sesuai spesifikasi, kurangi partikel batubara ukuran halus

4.2. Kualitas Limbah Batubara

Kualitas limbah batubara (Tabel 5) pada pabrik-pabrik tekstil tersebut umumnya sangat rendah dengan kadar hilang bakar pada abu terbang dan abu dasar yang tinggi. Contoh-contoh limbah tersebut masih mempunyai bahan mampu bakar dan nilai kalor. Dari seluruh contoh limbah, hanya satu contoh abu dasar yang mempunyai kualitas baik, yakni dengan

kadar hilang bakar hanya 4,95%. Tetapi kadar hilang bakar pada contoh abu dasar yang lainnya berkisar antara 17,35 – 85,99%. Sementara kadar hilang bakar pada contoh-contoh abu terbang berkisar antara 26,34 – 57,91%. Dengan kadar hilang yang tinggi maka limbah tersebut masih mempunyai nilai kalor dan bahkan dapat mencapai 5.338 kal/g pada abu dasar dan 2.961 kal/g pada abu terbang. Abu terbang dari PT Daliatex Kusuma, yang dijadikan sebagai

Tabel 5. Hasil analisis dan kualitas contoh limbah

No	Nama Perusahaan	Jenis limbah	Air Lembab, %	Abu, %	Zat Terbang, %	Karbon Padat, %	Hilang Bakar, %	Nilai Kalor, kal/g	Kualitas Limbah
1	Pabrik A	Abu Terbang Abu Dasar	2,07 0,41	74,20 95,08	4,33 1,48	19,40 3,03	26,34 4,95	1.489 -	Kurang baik Baik
2	Pabrik B	Abu Terbang Abu Dasar	3,65 3,57	57,75 55,85	16,76 8,65	21,84 31,89	43,85 45,74	1.836 2.826	Kurang baik Kurang baik
3	Pabrik C	Abu Terbang Abu Dasar	7,35 3,93	46,36 47,07	19,15 6,01	27,14 42,99	57,91 55,11	2.953 3.538	Kurang baik Buruk
4	Pabrik D	Abu Terbang Abu Dasar	4,99 7,19	54,71 20,50	4,78 16,30	36,02 56,01	47,68 85,99	2.961 5.338	Kurang baik Buruk
5	Pabrik E	Abu Terbang Abu Dasar	1,85 1,20	73,59 80,95	3,72 1,95	20,84 15,90	26,91 19,28	1.603 983	Kurang baik Kurang baik
6	Pabrik F	Abu Terbang Abu Dasar	2,26 3,27	66,95 83,21	3,67 2,31	27,12 11,21	33,82 17,36	2.138 701	Kurang baik Kurang baik
7	Pabrik G	Abu Terbang Abu Dasar	2,89 3,69	72,84 72,18	2,37 2,00	21,90 22,13	27,97 28,89	1.562 1.430	Kurang baik Kurang baik
8	Pabrik H	Abu Terbang Abu Dasar	5,78 6,47	69,59 31,82	11,76 12,30	12,87 49,41	32,31 72,90	1.223 4.534	Kurang baik Buruk
9	Pabrik I	Abu Terbang Abu Dasar	7,03 3,36	50,68 69,53	40,98 6,87	1,31 20,24	53,05 31,54	874 1.890	Kurang baik Kurang baik
10	Pabrik J	Abu Terbang Abu Dasar	4,01 2,97	68,21 76,11	4,95 8,66	22,83 12,26	33,12 24,63	1.877 1.292	Kurang baik Kurang baik
11	PT Daliatex Kusuma	Abu Terbang Abu Dasar	2,86 0,51	74,50 95,80	2,14 1,30	20,50 2,39	24,02 4,23	1.328 -	Kurang baik Baik

pembandingan dan sudah mendapatkan ijin dari KLH bahkan, mempunyai kadar hilang bakar yang cukup tinggi yakni 24,02% dan masih mempunyai nilai kalor sebesar 1.328 kal/g.

Limbah batubara yang betul-betul berupa abu batubara adalah abu dasar yang dihasilkan oleh Pabrik A. Sedangkan limbah-limbah lainnya umumnya berupa campuran antara abu batubara dan arang batubara. Bahkan limbah yang disebut abu abu dasar dari Pabrik C, D dan H masih berupa arang batubara dengan nilai kalor > 3.500 kal/g.

Dengan kadar hilang bakar yang demikian tinggi, maka apabila limbah abu tersebut digunakan sebagai bahan baku bangunan atau semen, produknya mempunyai kualitas yang rendah. Persyaratan kadar hilang bakar maksimum abu batubara apabila akan digunakan untuk bahan bangunan atau semen untuk beberapa negara (Jepang, Australia, Amerika Serikat) berkisar antara 6 – 10%. Sebagai gambaran, kadar hilang bakar limbah abu PLTU Suralaya adalah < 3% (Suprpto, 2007).

Tingginya kadar hilang bakar tersebut menunjukkan kurang sempurnanya pembakaran batubara yang kemungkinan diakibatkan oleh tidak tepatnya pengoperasian ketel uap, diantaranya kurangnya pasokan udara (oksigen) dan kurangnya waktu tinggal batubara dalam tungku. Disamping itu, kualitas dan ukuran batubara yang tidak sesuai dengan spesifikasi ketel uap juga dapat menyebabkan tidak sempurnanya pembakaran. Apalagi, ketel uap yang digunakan oleh pabrik tekstil umumnya tidak dirancang sesuai dengan batubara yang digunakan. Sementara batubara yang digunakan juga sering berubah-ubah pemasoknya (tambangnya) sehingga kualitasnya pun berubah-ubah.

Berdasarkan persyaratan kimia (Tabel 2) dan persyaratan pemanfaatan (sebagai bahan bakar) maka kualitas contoh-contoh limbah tersebut dapat dikelompokkan menjadi tiga kelas yakni “baik”, “kurang baik” dan “buruk” dengan asumsi:

- baik: apabila kadar hilang bakar \leq 10%;
- kurang baik: apabila kadar hilang bakar > 10% dan nilai kalor < 3.500 kal/g;
- buruk: kadar hilang bakar > 10% dan nilai kalor \leq 3.500 kal/g.

Dari Tabel 5 dapat dilihat bahwa contoh-contoh limbah pabrik tekstil termasuk abu terbang PT Daliatex Kusuma sebagian besar mempunyai kualitas “kurang baik”, yakni dengan kadar hilang bakar > 10% dan nilai kalor < 3.500 kal/g. Bahkan contoh

abu dasar dari Pabrik D dan H termasuk kualitas “buruk”, yakni dengan kadar hilang bakar > 10% dan nilai kalor > 3.500 kal/g. Limbah yang termasuk kualitas “baik” hanya abu dasar dari pabrik A dan juga abu dasar dari PT Daliatex Kusuma.

Sistem pembakaran dan merk *ketel uap* (Lampiran 2) umumnya tidak berpengaruh terhadap kualitas limbah abu, kecuali *ketel uap* buatan PT Basuki Pratama Engineering. Sistem pembakaran dan merk *ketel uap* yang sama dapat menghasilkan kualitas limbah yang berbeda. Tetapi untuk *ketel uap* buatan Basuki Pratama Engineering (sistem *fluidized bed*) yang Pabrik C dan D menghasilkan limbah (abu terbang dan abu dasar) berkualitas buruk. Hal ini menunjukkan bahwa sistem operasi pembakaran kemungkinan kurang sesuai dengan spesifikasi batubara untuk *ketel uap* tersebut.

Komposisi abu contoh-contoh limbah pabrik tekstil pengguna batubara tersebut (Lampiran 3) umumnya dengan komponen utama SiO₂, Al₂O₃ dan Fe₂O₃, kemudian diikuti oleh komponen-komponen lainnya seperti CaO, MgO, K₂O, Na₂O, TiO₂, SO₃, P₂O₅ dan MnO₂. Jumlah kadar SiO₂, Al₂O₃ dan Fe₂O₃ contoh-contoh abu tersebut lebih dari 70%, kecuali limbah dari pabrik I. Berdasarkan klasifikasi ASTM (ASTM C618) abu batubara yang mempunyai jumlah kadar SiO₂, Al₂O₃ dan Fe₂O₃ termasuk dalam kelas N atau F, yakni dengan sifat *pozzolanic* yang baik.

4.3. Kemungkinan Pemanfaatan Limbah

Kemungkinan pemanfaatan limbah dapat dilihat pada Tabel 6. Sebagian besar contoh limbah adalah berupa campuran antara abu batubara dan arang batubara sehingga harus ditingkatkan kualitasnya dengan menurunkan kadar hilang bakar sebelum dimanfaatkan, kecuali limbah (abu dasar) dari Pabrik A. Namun demikian, tidak semua limbah layak untuk dimanfaatkan karena kualitasnya sangat rendah. Limbah dari Pabrik I (abu terbang maupun abu dasar). Kualitas sangat rendah yakni kadar hilang bakar tinggi, komponen *pozzolanic* rendah, pengotor (CaO, MgO dan SO₃) tinggi, tidak perlu dimanfaatkan tetapi dikirim ke PPLI. Selanjutnya, pabrik tersebut perlu mengganti batubara dengan kualitas yang lebih baik, diantaranya kadar abu dan belerang yang rendah. Limbah lainnya, bisa digunakan untuk pembuatan bata beton, bahan baku semen atau bahan bangunan (*batako*, *paving block*).

Limbah dari Pabrik A, terutama abu dasar dapat langsung dimanfaatkan untuk bata beton, bahan baku semen dan bahan bangunan. Sedangkan abu terbang

Tabel 6. Kemungkinan pemanfaatan limbah

No	Nama Pabrik	Jenis limbah	Kemungkinan Pemanfaatan
1	Pabrik A	Abu Terbang Abu Dasar	Dicampur dengan abu dasar, dibuat bata beton. Jika kadar hilang bakar diturunkan, untuk bata beton, bahan baku semen atau bahan bangunan. Untuk bata beton, bahan baku semen atau bahan bangunan (batako, paving block)
2	Pabrik B	Abu Terbang Abu Dasar	Jika kadar hilang bakar bisa diturunkan, untuk bata beton, bahan baku semen atau bahan bangunan. Jika kadar hilang bakar bisa diturunkan, untuk bata beton, bahan baku semen atau bahan bangunan
3	Pabrik C	Abu Terbang Abu Dasar	Jika kadar hilang bakar bisa diturunkan, untuk bata beton, bahan baku semen atau bahan bangunan Kadar hilang bakar dan nilai kalor masih sangat tinggi, untuk bahan bakar/campuran briket batubara
4	Pabrik D	Abu Terbang Abu Dasar	Jika kadar hilang bakar bisa diturunkan, untuk bata beton Kadar hilang bakar dan nilai kalor masih sangat tinggi, untuk bahan bakar/campuran briket batubara
5	Pabrik E	Abu Terbang Abu Dasar	Jika kadar hilang bakar bisa diturunkan, untuk bata beton, bahan baku semen atau bahan bangunan Jika kadar hilang bakar bisa diturunkan, untuk bata beton, bahan baku semen atau bahan bangunan
6	Pabrik F	Abu Terbang Abu Dasar	Jika kadar hilang bakar bisa diturunkan, untuk bata beton Jika kadar hilang bakar bisa diturunkan, untuk bata beton, bahan baku semen atau bahan bangunan
7	Pabrik G	Abu Terbang Abu Dasar	Jika kadar hilang bakar bisa diturunkan, untuk bata beton bahan baku semen atau bahan bangunan Jika kadar hilang bakar bisa diturunkan, untuk bata beton, bahan baku semen atau bahan bangunan
8	Pabrik H	Abu Terbang Abu Dasar	Jika kadar hilang bakar bisa diturunkan, untuk bata beton Kadar hilang bakar dan nilai kalor masih sangat tinggi, untuk bahan bakar/campuran briket batubara
9	Pabrik I	Abu Terbang Abu Dasar	Kualitas sangat rendah, kadar hilang bakar tinggi, komponen pozolanik rendah, pengotor (CaO, MgO dan SO ₃) tinggi, tidak perlu dimanfaatkan, sebaiknya ganti batubara Kualitas sangat rendah, kadar hilang bakar tinggi, komponen pozolanik rendah, pengotor (CaO, MgO dan SO ₃) tinggi, tidak perlu dimanfaatkan, sebaiknya ganti batubara
10	Pabrik J	Abu Terbang Abu Dasar	Jika kadar hilang bakar bisa diturunkan, untuk bata beton, bahan baku semen atau bahan bangunan Jika kadar hilang bakar bisa diturunkan, untuk bata beton, bahan baku semen atau bahan bangunan

dapat dicampur dengan abu dasar untuk dibuat bata beton atau ditingkatkan kualitasnya agar bisa dimanfaatkan untuk bahan baku semen dan bahan bangunan. Limbah (abu dasar) dari Pabrik C, D dan

H yang masih berupa arang batubara sebaiknya dimanfaatkan langsung sebagai bahan bakar atau untuk campuran briket batubara.

5. KESIMPULAN

- Terdapat sekitar 120 pabrik tekstil di Kabupaten Bandung yang menggunakan *ketel uap* berbahan bakar batubara sistem *chain grate* dan *fluidized bed* buatan China, Jerman dan Basuki Pratama Engineering serta *ketel uap* modifikasi.
- Dari 10 (sepuluh) pabrik tekstil sebagai contoh, hanya 1 (satu) pabrik yang menangani limbah abu batubara dengan klasifikasi “dikelola”, yakni limbah abu batubara langsung dimasukkan ke dalam karung (*Jumbo Bag*) untuk disimpan di TPS B3, yakni ruangan yang tertutup. Kemudian secara periodik, limbah abu tersebut dikirim ke Pusat Pengolahan Limbah Industri (PPLI).
- Kualitas limbah batubara dari pabrik tekstil tersebut umumnya sangat rendah dan masih berupa campuran antara abu batubara dan arang batubara, bahkan terdapat limbah yang masih berupa arang batubara dengan kadar hilang bakar yang tinggi.
- Limbah batubara umumnya tidak bisa dimanfaatkan secara langsung dan harus ditingkatkan dahulu kualitasnya agar bisa digunakan untuk bata beton, bahan baku semen atau bahan bangunan. Sedangkan limbah batubara yang masih berupa arang batubara dapat langsung digunakan sebagai bahan bakar atau untuk campuran pembuatan briket batubara.
- Limbah batubara yang kualitasnya sangat rendah yakni kadar hilang bakar tinggi, sifat pozolanik rendah dan pengotornya (CaO, MgO dan SO₃) tinggi tidak perlu dimanfaatkan, sebaiknya dikirim ke PPLI dan kemudian mengganti batubara untuk *ketel uap*.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing and Materials (ASTM), C618.
- Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Bandung, 2008. *Pidato pembukaan pada Acara “Sosialisasi Pengolahan Limbah Batubara”*, Bandung 3 Maret 2008.
- Elliot, M.A., 1981. *Fundamentals of Coal Combustion, Chemistry of Coal Utilization.*, A Wiley-Interscience Publication.
- Harian Umum *Pikiran Rakyat*, 25 Pebruari 2006.
- Kementerian Lingkungan Hidup, 2004. *Kebijakan Pemerintah Tentang Pengendalian Pencemaran Udara dan Peraturan Sumber Emisi Tak Bergerak Berkaitan Dengan Pemanfaatan Bahan Bakar Batubara pada Industri Tekstil*. Asdep Urusan Manufaktur, Prasarana dan Jasa.
- Kementerian Lingkungan Hidup, 2005. *Pemanfaatan Fly Ash & Bottom Ash Sebagai Alternatif Pengelolaan Limbah B3*.
- Manz, O.E., 1982. Review of American and Foreign Specifications for Use of Fly Ash in Portland Cement Concrete, *Proceedings of Sixth International Ash Utilization Symposium*.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral, 1996. *Pengkajian Pemanfaatan Abu Batubara PLTU Paiton di Jawa Timur. Laporan Teknik Penelitian No. 118*. Departemen Pertambangan dan Energi, 1996
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral, 1997. *Penerapan Teknologi Pemanfaatan Abu Batubara PLTU Paiton, Jawa Timur. Laporan Teknik Pengolahan No. 130*. Departemen Pertambangan dan Energi, 1997.
- Singer, J.G., 1991. *Combustion, Fossil Power*. Combustion Engineering, Inc., Windsor.
- Suprpto, S., 2007. *Limbah Abu Pada Industri Tekstil Pengguna Batubara di Sekitar Bandung, Permasalahan dan Pemecahannya. Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara, No. 41 Tahun 15, September 2007*.
- Unsworth, J.F., 1991. *Coal Quality and Combustion Performance*. Coal Science and Technology 19.
- Ward, C.R., 1984. *Coal Geology and Coal Technology*. Blackwell Scientific Publications, Melbourne.

Lampiran 1. Penanganan limbah batubara

No	Perusahaan	Penggunaan batubara, ton/hari	Limbah Batubara		Pengelolaan limbah batubara	Keterangan
			Abu terbang, kg/hari	Abu dasar, kg/hari		
1	Pabrik A	20	250	50	Dikelola	Dimasukkan ke dalam karung <i>lumbo</i> disimpan di TPS berijin, kemudian dikirim ke PPLI.
2	Pabrik B	30	1500	1125	Disimpan	Dimasukkan ke dalam karung di TPS dan tanpa wadah disimpan di belakang pabrik (di tempat terbuka).
3	Pabrik C	80	1000	5000	Dimanfaatkan	Dimanfaatkan menjadi batak, ijin KLH sedang diurus. Jumlah pemanfaatan tidak jelas.
4	Pabrik D	16	75	1000	Diambil	Dimasukkan ke dalam karung dan diambil oleh sebuah Yayasan.
5	Pabrik E	6	60	600	Disimpan	Disimpan di TPS B3, ijin dalam proses.
6	Pabrik F	12	1000		Diambil	Dimasukkan ke dalam karung ditaruh di sekitar <i>stockpile</i> batubara kemudian diambil oleh pemasok.
7	Pabrik G	20	600	2400	Disimpan	Disimpan tanpa karung di tanah kosong tempat terbuka milik pabrik.
8	Pabrik H	20	-	-	Dimanfaatkan	Dimasukkan ke dalam karung, ditaruh sekitar pabrik, kemudian semuanya dibuat panel beton dan <i>paving block</i> .
9	Pabrik I	1,6	1	99	Diambil	Ditaruh (tanpa karung) di tempat terbuka sekitar pabrik, kemudian diangkut oleh pemasok.
10	Pabrik J	3	40	60	Diambil	Ditaruh di TPS, kemudian diambil oleh pemasok.
Sub Total		208,6	14.860			
PT Daliatex K.		200	5000	15000	Dikelola dan Dimanfaatkan	Dikelola dengan baik kemudian dibuat menjadi bata beton, sudah ada ijin dari KLH

Lampiran 2. Hubungan antara sistem pembakaran dan merk ketel uap dengan kualitas limbah

Perusahaan	Sistem Pembakaran	Merk Ketel Uap	Jenis Limbah	Kualitas Limbah
Pabrik A	<i>Fluidized Bed</i>	Thermax-India	Abu Terbang Abu Dasar	Kurang baik Baik
Pabrik B	<i>Chain Grate</i>	Shanghai China	Abu Terbang Abu Dasar	Kurang baik Buruk
Pabrik C	<i>Fluidized Bed</i>	Basuki Pratama Engineering	Abu Terbang Abu Dasar	Buruk Buruk
Pabrik D	<i>Fluidized Bed</i>	Basuki Pratama Engineering	Abu Terbang Abu Dasar	Buruk Buruk
Pabrik E	<i>Chain Grate</i>	Asltom Jerman	Abu Terbang Abu Dasar	Kurang baik Kurang baik
Pabrik F	<i>Chain Grate</i>	Asltom Jerman	Abu Terbang Abu Dasar	Buruk Kurang baik
Pabrik G	<i>Chain Grate</i>	Long Chuan China	Abu Terbang Abu Dasar	Kurang baik Kurang baik
Pabrik H	<i>Chain Grate</i>	Long Chuan China	Abu Terbang Abu Dasar	Kurang baik Buruk
Pabrik I	Modifikasi	Dalam Negeri	Abu Terbang Abu Dasar	Kurang baik Kurang baik
Pabrik J	Modifikasi	Dalam Negeri	Abu Terbang Abu Dasar	Kurang baik Kurang baik
PT Daliatex Kusuma	<i>Chain Grate</i>	Long Chuan China Abu Dasar	Abu Terbang Baik	Kurang baik

Lampiran 3. Komposisi abu contoh limbah

No	Perusahaan	Jenis Limbah	SiO ₂ , %	Al ₂ O ₃ , %	Fe ₂ O ₃ , %	CaO, %	MgO, %	K ₂ O, %	Na ₂ O, %	TiO ₂ , %	SO ₃ , %	P ₂ O ₅ , %	MnO ₂ , %
1	Pabrik A	Abu Terbang Abu Dasar	56,00 67,45	30,38 25,67	5,92 2,43	1,85 0,60	0,98 1,09	0,76 0,58	0,45 0,29	1,50 1,00	1,83 0,08	0,12 0,05	0,05 0,04
2	Pabrik B	Abu Terbang Abu Dasar	47,55 54,15	23,93 31,50	13,80 7,86	4,48 2,11	2,01 0,99	1,22 0,60	1,08 0,35	0,77 1,01	2,88 0,75	0,37 0,06	0,19 0,07
3	Pabrik C	Abu Terbang Abu Dasar	55,75 66,15	23,23 18,85	13,74 9,79	2,28 0,90	1,82 0,82	1,33 1,06	0,21 0,39	0,48 0,43	0,93 0,48	0,05 0,04	0,16 0,05
4	Pabrik D	Abu Terbang Abu Dasar	41,60 42,00	20,66 22,08	17,76 17,09	7,98 7,34	6,06 4,37	0,68 0,62	1,88 0,96	0,71 1,04	1,65 2,65	0,09 0,05	0,30 0,24
5	Pabrik E	Abu Terbang Abu Dasar	60,65 60,13	24,69 25,45	6,51 9,00	2,54 1,36	1,26 0,90	1,58 1,93	0,37 0,21	0,51 0,43	0,80 0,30	0,26 0,16	0,08 0,05
6	Pabrik F	Abu Terbang Abu Dasar	36,30 49,55	25,66 28,25	27,96 15,43	3,33 1,49	1,79 1,21	1,02 1,74	0,36 0,30	0,51 0,62	1,20 0,33	0,61 0,24	0,16 0,03
7	Pabrik G	Abu Terbang Abu Dasar	60,05 55,70	25,59 29,96	8,70 8,55	1,01 1,22	0,58 0,45	1,15 0,75	0,65 0,35	0,71 0,88	0,30 0,15	0,01 0,07	0,04 0,02
8	Pabrik H	Abu Terbang Abu Dasar	43,50 48,92	20,32 18,23	20,02 21,74	6,14 3,79	4,38 2,19	0,93 0,89	0,55 0,82	0,52 0,46	3,05 1,49	0,08 0,11	0,41 0,30
9	Pabrik I	Abu Terbang Abu Dasar	18,10 34,40	8,06 11,89	43,30 22,15	7,40 12,70	6,22 12,90	0,51 0,72	0,52 0,35	0,75 0,51	12,83 2,43	0,35 0,15	0,47 0,43
10	Pabrik J	Abu Terbang Abu Dasar	50,20 55,45	19,13 21,54	17,60 13,60	4,50 2,24	4,20 1,96	0,88 1,08	0,59 0,19	0,63 0,91	1,53 0,99	0,16 0,18	0,42 0,47
11	PT Daliatex Kusuma	Abu Terbang Abu Dasar	67,16 na	17,61 na	6,73 na	3,42 na	1,98 na	1,11 na	1,14 na	na na	na na	na na	na na