

**CLEAN COAL TECHNOLOGY:
PENGURANGAN KADAR ABU DAN SULFUR DARI BATUBARA
DENGAN METODA AGLOMERASI AIR-MINYAK SAWIT**

Nukman^{*)} dan Hasan Basri^{)}**

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
Jalan Raya Prabumulih km 32 Inderalaya (30662)
email: ^{*)}ir_nukman2001@yahoo.com
^{**)}hasanbasri@yahoo.com

ABSTRAK

Teknologi Batubara Bersih dimaksudkan untuk mengurangi dampak lingkungan akibat pembakaran batubara. Teknologi batubara bersih dapat memberikan solusi agar batubara yang dibakar dapat lebih ramah terhadap lingkungan. Polutan asap dari pembakaran batubara dapat menyebabkan timbulnya hujan asam, dan bila terhisap langsung akan menyebabkan penyakit paru. Pada sisi lain abu yang terbang akan menempel pada permukaan tanah dan tanaman, sehingga akan menyebabkan terjadinya perubahan yang berpengaruh terhadap kelangsungan hidup tanaman.

Teknologi batu bara bersih dapat mereduksi emisi dari Sulfur Oksida, Nitrogen Oksida, dan polutan lainnya, mulai dari tambang batubara ke pembangkit tenaga listrik yang menggunakan batubara sebagai pembakar. Dalam penelitian ini dipakai teknologi pembersihan sebelum pembakaran, yaitu dengan pencucian batubara, yang dikenal sebagai metoda aglomerasi.

Media aglomerasi yang digunakan adalah campuran air dengan minyak kelapa sawit. Jenis minyak sawit yang dipakai adalah minyak sawit goreng dan minyak sawit mentah (Crude Palm Oil - CPO). Sampel Batubara diambil dari Tanjung Enim, dengan rank Semi Antrasit, Bituminus dan Sub Bituminus.

Hasil penelitian menunjukkan terjadi penurunan kadar abu pada batubara semi antrasit sebesar 49%. Pada batubara Bituminus, kadar abu dapat dikurangi sampai 65% dengan menggunakan CPO dan pada batubara sub bituminus, dapat diturunkan sampai sekitar 58%.

Kadar sulfur yang diperhitungkan dalam penelitian ini adalah kadar sulfur total, yang merupakan jumlah keseluruhan antara sulfur organik dan sulfur anorganik (pirit). Pada batubara semi antrasit, kadar sulfur dapat diturunkan sekitar 25% dibandingkan dengan batubara sebelum diproses aglomerasi. Sedangkan pada batubara bituminus, kadar sulfur dapat diturunkan hingga 24%, dan pada batubara jenis sub bituminus dapat diturunkan sebesar 16%.

Kata Kunci: *Clean Coal Technology, Metoda Aglomerasi, Batubara, Minyak Kelapa Sawit, Abu dan Sulfur.*

1. PENDAHULUAN

1995), dan (Sulaksono, 1995), membagi jenis-jenis batubara tersebut sebagai:

1.1 Jenis Batubara dan Sifatnya

Jenis-jenis batubara diperkenalkan pertama kali oleh White pada tahun 1909, yang kemudian diadopsi oleh Thiessen tahun 1931 dan teman-teman sekerjanya. (Meyers, 1982), (Suyadi,

- Antrasit.

Batubara jenis antrasit, merupakan peringkat tertinggi dengan nilai kalor di atas 7500 kkal/kg, dengan kereaktifan yang rendah, tetapi kadar zat terbang rendah, yaitu

lebih kecil dari 5%, dan antrasit merupakan bagian terkecil dari cadangan batubara Indonesia.

- Bituminus

Batubara jenis bituminus terdiri dari tiga golongan, yaitu jenis dengan kadar zat terbang rendah, sedang dan tinggi. Mempunyai sifat mengkokas yang baik, dan bila dikarbonisasi menjadi plastis sekali, membentuk kokas dan menggumpalkan partikel-partikel inert yang lain, kemudian setelah menjadi kokas mengeras kembali (mengkokas). Batubara jenis ini biasanya dicampurkan pada briket dengan bahan pengikat kanji, air gelas, atau semen. Potensinya merupakan 15% dari cadangan yang ada di Indonesia dengan karakteristik berkadar air sampai dengan 15% dan nilai kalori 6000 – 7500 kkal/kg.

- Sub Bituminus

Batubara jenis sub bituminus sifatnya tidak mengembang dan kadang-kadang bersifat *slaking*, mudah hancur terpengaruh cuaca. Kadar zat terbang sub bituminus besar, sehingga untuk meningkatkan mutunya, batubara jenis ini sebelum dibriket melalui tahapan proses karbonisasi terlebih dahulu untuk menghasilkan semi kokas, karena semi kokas merupakan bahan bakar ideal yang mempunyai daya pemanasan dan radiasi yang baik dan cocok digunakan untuk pembakar skala kecil (*boiler*) untuk industri, pandai besi, untuk keperluan rumah tangga, industri bata, keramik dan lain-lain. Potensi sub bituminus sebesar 26% dari cadangan yang ada dengan karakteristik kadar air 15 – 30% dan nilai kalori 5000 – 6000 kkal/kg.

- Lignit

Batubara jenis lignit mempunyai kadar air total yang tinggi sekitar 30 – 40% dan nilai kalorinya rendah yaitu sekitar 4000 – 5000 kkal/kg. Batubara jenis ini mudah hancur dan berdebu, dan sangat reaktif. Untuk menghilangkan sifat-sifat tersebut di atas, batubara jenis ini ditingkatkan

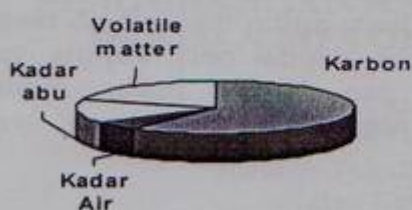
mutunya melalui tahapan proses karbonisasi. Pemanfaatan batubara ini sangat luas, mulai dari rumah tangga, *barbeque*, pandai besi, kupola, tanur tinggi dan bahan bakar industri. Lignit juga dikatakan sebagai *brown coal*.

1.2 Komposisi Batubara

Secara garis besar batubara terdiri dari komponen-komponen (Koestoer, 1997) sebagai berikut:

- Batubara Murni (*pure coal*), yaitu zat-zat organik yang merupakan jaringan karbon dan hidrogen (hidrokarbon) serta sejumlah kecil nitrogen, sulfur dan oksigen yang terikat secara organik.
- Bahan-bahan Mineral (*Mineral matter*), yang terdiri dari zat-zat anorganik yang akan menjadi abu bila batubara dibakar, seperti lempung, batupasir dan zat-zat lain seperti sulfur oksida serta karbondioksida.
- Air (*moisture*), yang terdiri dari air yang terdapat di dalam batubara (*inherent moisture*) serta air yang terdapat pada permukaannya.

Lebih jauh (Speight, 1994) menerangkan tentang analisa proksimat dari batubara. Analisa proksimat dari batubara dibuat sebagai suatu dasar yang tepat dan efektif untuk penentuan produk yang didapat dari suatu pemanasan batubara dalam suatu sistem kondisi standar. Pengelompokan batubara berdasarkan analisa proksimat ini sebagai dasar bagi karakterisasi batubara yang dihubungkan dengan penggunaan batubara. Analisa proksimat dari batubara digunakan juga untuk penentuan dari sifat-sifat umum batubara secara umum yang meliputi penentuan kadar air, kadar *volatile matter* (materi ikutan-zat terbang), kadar abu, dan sisa pengurangannya adalah kadar karbon tertambat (*fixed carbon*). Ilustrasi umum untuk analisis proksimat tertera pada gambar 1.



Gambar 1: Ilustrasi Umum Hasil Analisis Proksimat

Analisis proksimat dapat dijelaskan sebagai berikut:

a. *Kadar Air*

Kandungan air pada batubara terdapat dalam bentuk anorganik, yang melekat pada permukaan (*surface moisture*) dan terdapat juga pada pori-pori batubara (*in the pore of coal*) dan ini disebut sebagai *inherent moisture*. *Inherent moisture* ini merupakan kadar air bawaan batubara mulai saat ini terbentuk hingga saat dapat ditentukan dan cara mendapatkan persentase kadar air ini dengan cara pemanasan pada temperatur 105 sampai dengan 110°C. Jumlah kedua macam air ini disebut sebagai *total moisture* (kadar air total).

b. *Volatile Matter* (Materi Ikutan–Zat Terbang)

Volatile matter ini didapat selama pirolisa dari batubara dan umumnya mengandung gas-gas seperti hidrogen, karbon monoksida, dan gas-gas yang mudah terbakar metana serta hidrokarbon lainnya. Tar dan gas-gas tak terbakar seperti karbon dioksida dan uap juga terdapat dalam *volatile matter* ini. Pemanasan batubara untuk mengukur *volatile matter* ini dilakukan pada temperatur antara 800 sampai 1050°C dalam satu *crusible* tertutup.

Kadar *Volatile matter* memiliki pengaruh besar dalam pembakaran batubara, semakin tinggi kadarnya maka akan semakin cepat terjadi pembakaran dan semakin banyak kehilangan berat (Koestoer, 1997).

c. Abu

Abu adalah sisa pembakaran batubara dari mineral ikutan yang didapat dari pembakaran sempurna (lengkap) dari batubara. Kadar abu didapat dengan cara membakar sampel batubara pada temperatur 700 sampai dengan 950°C dalam *crusible* terbuka dalam dapur *muffle* dengan kontak udara. Jumlah kadar abu berpengaruh terhadap nilai kalori. Kadar abu yang tinggi berakibat menurunnya nilai kalori.

d. *Fixed carbon* (Karbon tertambat).

Fixed carbon didefinisikan sebagai sisa dari perhitungan 100 % total materi dikurangi kadar air, kadar abu dan *volatile matter*. *Fixed carbon* ini didapat dari hasil dekomposisi materi batubara. Besaran *fixed carbon* ini adalah ukuran material padat yang berupa sisa di dalam alat pembakaran setelah *volatile matter*nya keluar.

Besaran lainnya yang diukur sebagai parameter batubara adalah kadar sulfur dan nilai kalori. Kadar sulfur yang merupakan total sulfur antara sulfur organik dan anorganik dapat diukur. Kadar sulfur organik umumnya kurang dari 3 %. Tetapi pernah juga tercatat sampai dengan 11%. (Speight, 1994). Sulfur organik tidak dapat dipisahkan dari batubara. Namun, sulfur anorganik seperti pirit, yang terdapat pada permukaan batubara dapat dihilangkan dengan banyak cara, antara lain dengan cara pencucian, yaitu membuang sulfur pirit pada permukaan tersebut dengan media air dan minyak.

1.3 Unsur Pencemar pada Batubara

Batubara mengandung abu dan sulfur yang akan mengganggu lingkungan kehidupan apabila dibakar. Oleh karena itu sebaiknya diupayakan batubara yang bersih dari abu dan sulfur. Beberapa masalah gangguan abu dan sulfur terhadap lingkungan adalah sebagai berikut:

➤ Abu:

Abu adalah bahan mineral yang terdapat pada batubara, abu tidak dapat dibakar. Dilihat dari asal terjadinya abu pada batubara, terdapat dua jenis, (Koestoer, 1997). yaitu: *inherent*: abu yang berhubungan dengan tumbuhan asal pembentukan batubara, abu ini tidak dapat dihilangkan atau dicuci dari batubara. *Extraneous*: berasal dari tanah penutup atau lapisan-lapisan yang terdapat di antara lapisan batubara, yang biasanya terdiri dari batu pasir, lempung atau batu gamping. Bahan-bahan mineral tersebut dapat dihilangkan dengan pencucian.

Kandungan abu berkisar antara 5 sampai dengan 35% dan hampir tidak dapat diprediksi jumlahnya dibanding dengan materi lain. (Berkowitz, 1997).

Penelitian di China (Gu, 1990) dan (Chen, 1993) menunjukkan bahwa abu dari pembakaran batubara yang mengandung kadar fluor tinggi dapat mengakibatkan timbulnya beberapa jenis penyakit kulit antara lain kanker kulit dan kelainan genetika pada manusia.

Sejumlah elemen telah didapat dari abu terbang, tanah pertanian, tanaman dan hewan yang menunjukkan 25 elemen yang berpotensi berbahaya bagi kehidupan. (Keefer, 1993)

➤ Sulfur:

Sebagai pencemar, gas buang berupa gas asam seperti SO_2 , SO_3 dan NO_x didapat dari pembakaran langsung batubara. Sedangkan H_2S didapat dari karbonisasi, gasifikasi dan liquefaksi batubara. (Suganal, 2000).

Beberapa gas buang dan pengaruhnya terhadap lingkungan adalah: (Suganal, 2000).

- Karbon monoksida (CO): tidak berbau, tetapi beracun akibat pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna. Gas CO dapat bereaksi dengan *haemoglobin* membentuk *karbohaemoglobin* (CO-Hb) yang selanjutnya menurunkan

kemampuan darah dalam membawa oksigen. Seperseribu bagian CO dalam darah akan menyebabkan 50% *haemoglobin* dalam darah terikat CO .

- Karbon dioksida (CO_2): gas yang keluar sebagai hasil pembakaran, termasuk dari pernafasan manusia dan kendaraan bermotor.
- Nitrogen oksida (NO_x): gas yang tidak berbau, tidak berwarna, tetapi beracun yang dihasilkan dari proses pembakaran. Gas NO_x dapat bergabung dengan *haemoglobin* dan mengganggu penyerapan oksigen dalam darah. NO_2 dapat menyebabkan iritasi di bagian tertentu paru-paru.
- Sulfur Oksida (SO_x): gas yang bersifat korosif dan beracun. Gas SO_2 menyebabkan iritasi membran lendir pada daerah pernafasan serta menyebabkan penyakit pernafasan kronis khususnya *bronchitis*.

Pada saat pembakaran batubara, (Suganal, 2000) menyatakan bahwa senyawa sulfur dalam batubara terkonversi menjadi sulfur oksida (umumnya SO_2) yang sebagian besar (90%) terbawa aliran gas buang ke udara bebas. Dalam perdagangan internasional umumnya kandungan sulfur total yang diperkenankan adalah 1 % berat atau lebih kecil. Briket batubara yang dibuat di Indonesia harus memenuhi Standar Emisi Gas Buang Indonesia dan Negara Lain. Lihat tabel 1.

Menurut, (Suganal, 2000) ada enam daerah tambang di Indonesia, yaitu Banjarsari (Sumsel), Kitadin (Kaltim), Tanito Harum (Kaltim), Ombilin (Sumbar), Bukit Sunur (Bengkulu), dan Adaro Wara (Kalsel) yang batubaranya mengandung kadar sulfur rendah sehingga emisi gas $\text{SO}_2 < 750 \text{ mg/m}^3$, dan ini memenuhi standar emisi SO_2 .

Tabel 1: Standar Emisi Gas Buang Indonesia dan Negara Lain^{*)}

Negara	Sulfur Dioksida (mg/m ³)	Nitrogen Oksida (mg/m ³)
Indonesia (sebelum 2000)	1500	1700
Indonesia (mulai 2000)	750	850
Australia	2000	800
Canada	715	740
European Union	400	650
Germany	400	200
Japan	170 – 860	410 – 720
Korea	2200	875
New Zealand	125	410
Thailand	1300	940
United Kingdom	400	650
United States	740 – 1480	615 – 740
World Bank	-	750

*) Sumber (Suganal, 2000)

Pada saat ini batubara dengan kadar pencemar rendah dapat dimasukkan kedalam jenis batubara hijau (*green coal*). Teknologi pengolahan batubara baik pencucian, desulfurisasi, maupun flotasi disebut sebagai teknologi batubara bersih atau *clean coal technology*.

2. TEKNOLOGI BATUBARA BERSIH

Teknologi Batubara Bersih dimaksudkan untuk mengurangi dampak lingkungan akibat pembakaran batubara. Teknologi batubara bersih ini dapat memberikan solusi agar batubara yang dibakar dapat lebih ramah terhadap lingkungan. Dampak langsung pembakaran batubara adalah asap yang dihasilkan dapat menyebabkan timbulnya hujan asam, dan bila terhisap langsung akan menyebabkan penyakit paru. Sedangkan abu yang terbang akan menempel pada permukaan tanah dan tanaman, sehingga akan menyebabkan terjadinya perubahan yang berpengaruh terhadap kelangsungan hidup tanaman. Khusus bagi manusia akan menyebabkan penyakit kulit dan mutasi genetika.

Teknologi batu bara bersih dapat mereduksi emisi-emisi dari Sulfur oksida, nitrogen oksida, dan polutant

lainnya, mulai dari tambang batubara ke pembangkit tenaga listrik yang memakai batubara sebagai pembakar atau pabrik-pabrik.

Ada empat teknologi yang ada untuk mereduksi polutan ini (Speight, 1994).

- Pembersihan Sebelum Pembakaran. Pembersihan ini dilakukan sebelum batubara tersebut dibakar, yaitu dengan cara antara lain secara fisik (*Physical Cleaning*) – pencucian batubara, dan secara kimia/biologi (*Chemical/biological cleaning*).
- Pembersihan Selama Pembakaran. Pembersihan dilakukan dengan cara mengontrol pembakaran yaitu dengan cara kontrol suplai udara, temperatur dan menambah zat-zat kimia penyerap unsur polutan.
- Pembersihan Sesudah Pembakaran. Cara ini dilakukan antara lain dengan menangkap abu yang terbang.
- Konversi Batubara dengan Nilai Tambah. Cara yang dilakukan antara lain, gasifikasi batubara, liquifaksi batubara.

Dalam penelitian ini dilakukan teknologi pembersihan sebelum pembakaran, yaitu dengan pencucian

batubara, yang dikenal sebagai metode aglomerasi. Media aglomerasi yang digunakan adalah campuran air dengan minyak sawit.

Sebelum penelitian ini dilakukan, minyak sayur (*vegetable oils*) seperti minyak bunga matahari dan kacang kedelai sebagai media aglomerasi batubara telah digunakan untuk membersihkan batubara *Spanish High Rank*. (Ana, 1996). Untuk aglomerasi, air distilasi sebanyak 400 ml dicampur dengan 169 gram batubara dalam *blender* dan kemudian diaduk pada putaran 11.000 rpm selama 5 menit untuk membubarkan partikel-partikel. Sejumlah minyak, sekitar 5 sampai 40% berat dari batubara ditambahkan dan diaduk pada kecepatan yang sama selama 60 detik, untuk menghasilkan agglomerat. Kemudian disaring dengan menggunakan air distilasi, difilter dan dicuci dengan *ethyl ether* untuk mengeliminasi minyak, air cucian, didinginkan semalaman pada 50° C, kemudian ditimbang dan dianalisis kadar air, abu dan sulfur firitnya.

Sedangkan, (Robbin, 1992) dengan memakai minyak diesel, minyak bakar, dan ketiga jenis minyak lainnya sebagai media aglomerasi untuk mencuci enam jenis batubara di Amerika Serikat. Abu yang dapat dibuang tertinggi 50% untuk lignit, dan 15 sampai 20% untuk sub bituminus.

(Alonso, 2002) memakai *colza oil* untuk aglomerasi tiga jenis batubara Spanyol. Hasil aglomerasinya ternyata menurunkan resiko pembakaran spontan pada penimbunan (*dump*) batubara.

M. Ulum A. Ghani (2002) meneliti kandungan abu dengan proses aglomerasi dengan memakai minyak diesel 5, 10 dan 15%. Berdasarkan analisis proksimat batubara dari Todongkurah, Sulawesi Selatan, hasilnya tertera pada tabel 2.

Tabel 2: Analisa Proksimat Batubara Tondongkurah

Parameter	% berat
Kadar Air	4,90
Volatile matter	31,15
Abu	8,80
Karbon	53,65

Air, minyak diesel dan fraksi batubara diaduk selama 15 menit. Hasil penelitian M. Ulum A. Ghani ini menunjukkan bahwa abu batubara tersebut maksimum menjadi 7,69 % untuk ukuran fraksi – 60 + 80 (mesh) dan persen berat minyak diesel sebesar 15%.

Penelitian yang dilakukan dengan mempertimbangkan bahwa minyak sayur (*vegetable oils*) adalah sumber energi yang tidak berpolusi dan bebas kadar sulfur, nitrogen dan logam serta memperhitungkan bahwa minyak ini sumber energi yang terbarukan telah dilakukan oleh Adolfo (2006) dengan memakai batubara sisa buangan yang tidak dipakai untuk pembangkit listrik (*power plan*) dengan metode aglomerasi air-minyak sayur. Minyak sayur yang dipakai adalah minyak zaitun dan minyak bunga matahari, baik yang belum dipakai untuk menggoreng maupun sesudah dipakai (minyak jelantah) serta campuran diantara minyak tersebut. Batubara dengan ukuran partikel beragam dimasukkan ke dalam blender kapasitas 1000 ml diaduk pada kecepatan 11.000 rpm selama 5 menit kemudian ditambahkan minyak dan diaduk kembali selama satu menit. Hasil proses berupa agglomerat dibersihkan dan dikurangi kadar airnya dan kemudian diukur kadar abu yang dibuang. Maksimum kadar abu yang dapat dibuang adalah 84%. Konsentrasi minyak yang ditambahkan pada penelitian ini tidak menambah kadar abu yang dibuang.

3. AGLOMERASI AIR MINYAK

Metode aglomerasi air-minyak adalah suatu teknik yang efektif untuk

mengembalikan (*recovery*) dan mengeliminasi abu dari batubara. (Robbins, 1992; Alonso, 2002; Adolfo, 2006; Ghani, 2002; Ana, 1996; Gurses, 1996; Gense, 2006).

Proses aglomerasi mampu mengolah batubara jenis antrasit, sub bituminus maupun bituminus. Metode ini merupakan pencucian secara kimia, yaitu dengan cara menambahkan media pemisah yang berupa cairan. Abu dan sulfur dapat terpisah dari batubara berdasarkan perbedaan tegangan permukaan.

Aglomerasi air-minyak dapat digunakan untuk menghasilkan suatu padatan, produk kental yang digabung dari berbagai ukuran partikel batubara, yang disebut sebagai aglomerat. Metode aglomerasi ini dapat diterapkan karena sifat *lipophilic* (oil loving) dan *hydrophobic* (water hating) dari permukaan batubara (Osborne, 1988). Material yang tenggelam pada media air merupakan bahan buangan, sedangkan material yang mengapung pada media yang sama (air) adalah batubara yang bersih.

Partikel-partikel batubara yang dasarnya *hydrophobic*, dapat dibuat menjadi aglomerat dalam bentuk campuran batubara-minyak. Pada sisi lain, partikel-partikel mineral yang *hydrophilic* (yang menjadi sumber kadar abu dan sulfur pada batubara) tidak dipengaruhi dan tetap bertahan dalam air. Karena partikel-partikel aglomerat batubara lebih besar daripada partikel mineral, maka mereka dapat dipisahkan. Dengan adanya minyak, mengakibatkan air bercampur abu tidak akan melekat lagi ke permukaan batubara.

4. EKSPERIMENTAL

Sampel batubara mentah terdiri dari tiga jenis yaitu: Semi Antrasit, Bituminus dan Sub Bituminus yang ketiga jenis batubara tersebut diambil dari Tanjung Enim Sumatera Selatan. Sedangkan minyaknya adalah minyak sawit mentah (Crude Palm Oil – CPO)

dan minyak goreng olahan yang terdapat di pasaran.

Batubara di hancurkan dengan crusher dan dihaluskan dengan *grinder* hingga mencapai ukuran partikel 20, 40 dan 60 mesh. Kedua macam minyak tidak mengandung sulfur. (Nukman, 2006).

Proses aglomerasi dilakukan dengan menggunakan tabung silinder yang dilengkapi dengan stir yang dibuat dari baja tahan karat. Partikel batubara dimasukkan ke dalam tabung silinder yang sebelumnya telah diisi dengan air yang kemudian diaduk pada putaran mesin 1450 rpm selama 4 menit. Pada awal menit kelima, sejumlah minyak dimasukkan kedalam silinder dan mesin tetap diputar selama satu menit. Putaran stir dihentikan pada akhir menit kelima. Aglomerat yang terbentuk diambil, kemudian dikeringkan selama 24 jam di atas saringan.

Pengukuran kadar abu dapat dilakukan setelah sampel tersebut kering dan pembakaran sampel batubara yang telah menjadi aglomerat ini dilakukan dalam muffle furnace bercerobong. Sedangkan pengukuran kadar sulfur dilakukan dengan menggunakan bomb washing.

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, kodifikasi dibuat untuk kemudahan pengolahan data sampel. SA, B an SB mengidentifikasi jenis batubara yang masing-masing Semi Antrasit, Bituminus dan Sub-Bituminus.

S_{Ax} = ukuran partikel batubara untuk Semi Antrasit, sebesar x mesh, dengan variasi $x = 20, 40$ dan 60 mesh.

P_y = persentase padatan batubara di dalam air, dengan variasi $y = 10, 15$ dan 20% .

S_z = persentase minyak sawit terhadap batubara, dengan variasi $z = 5, 10$ dan 15% .

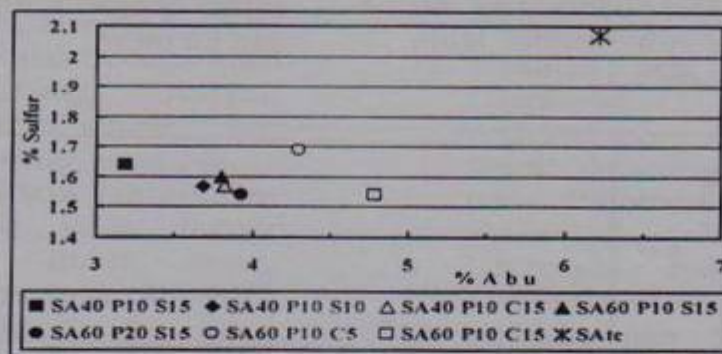
Pengaruh Kadar Abu terhadap Sulfur

➤ Batubara Semi Antrasit. (Nukman, Juni 2007)

Untuk batubara semi antrasit, ukuran partikel 20 mesh tidak dapat dijadikan aglomerat.

Gambar 2, menunjukkan hasil maksimum yang dapat diperoleh dari eksperimental. Kondisi-kondisinya adalah maksimum kadar abu yang dapat dibuang untuk masing-masing proses serta maksimum kadar sulfur yang dapat dibuang. Namun dari itu, kadar abu maksimum yang dapat dibuang terdapat pada sampel SA60 P10 C15. Terlihat bahwa dengan CPO, batubara semi antrasit dengan ukuran partikel 60 mesh dan padatan 10 % adalah aglomerat yang terbaik bila kadar abu yang dipertimbangkan untuk dapat dibuang. Kadar abu maksimum yang dapat dibuang sebesar 49 %. Ini adalah perbandingan antara sampel SA60, yaitu semi antrasit yang tidak dicuci dengan

aglomerat sampel SA60 P10 C15. Sedangkan kadar sulfur maksimum yang dapat dibuang terdapat pada sampel SA40 P10 S15. Kadar sulfur yang dapat dibuang sebesar 25 %. Sedangkan minyak yang dipakai adalah minyak sawit (yang telah diolah – minyak goreng). Dari kedua sampel ini dapat dikatakan bahwa CPO lebih mampu untuk mengurangi kadar abu. CPO berkemampuan menyelimuti permukaan batubara dengan 60 mesh hingga abu yang telah tereliminir tidak menempel kembali pada saat pencucian berlangsung. Pada sisi lain minyak sawit olahan mempunyai kemampuan mengurangi kadar sulfur hingga ke nilai yang minimum. Ini membuktikan bahwa minyak sawit olahan lebih dapat menurunkan kadar sulfur ke nilai minimum untuk ukuran partikel 40 mesh.

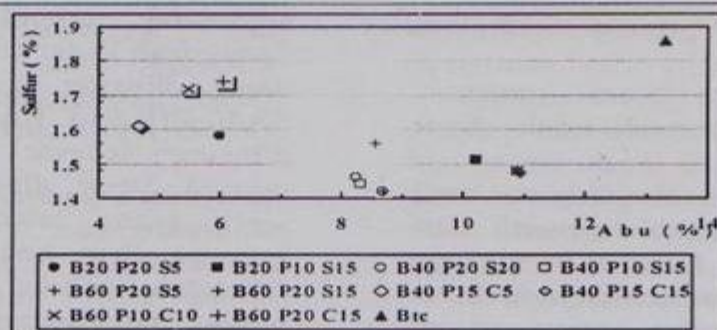


Gambar 2: Hubungan Kadar Abu dan Kadar Sulfur untuk Batubara Semi Antrasit

➤ Batubara Bituminus (Nukman, Desember 2006)

Dari gambar 3 terlihat bahwa partikel dengan ukuran 20 mesh dapat dibuat menjadi aglomerat. Sampel B40 P15 C5 adalah sampel dengan kadar abu yang terendah. Ini berarti bahwa aglomerat tersebut adalah yang paling berhasil untuk dikurangi kadar abunya. Penurunan kadar abu yang dapat

dibuang maksimum 65 %. Minyak yang dipakai adalah CPO. Sedangkan kadar sulfur maksimum yang dapat dikurangi terdapat pada sampel B40 P20 S20. Disini terlihat dengan 20 % minyak sawit kadar sulfur dapat mengurangi sulfur hingga 24 %. CPO tidak dapat menurunkan kadar abu dan sulfur dalam penelitian ini.

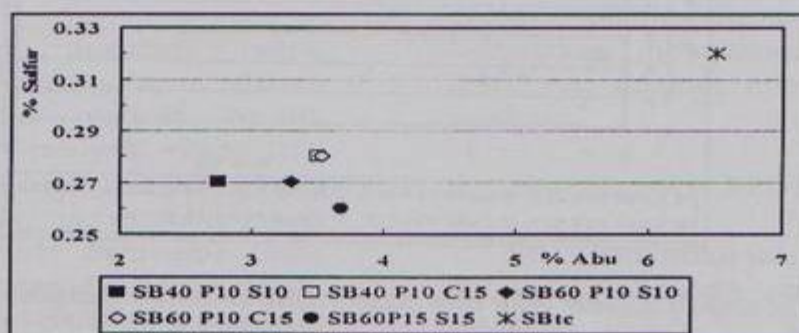


Gambar 3: Hubungan Kadar Abu dan Sulfur untuk Batubara Bituminus

Hal ini disebabkan antara lain kekentalan CPO yang lebih besar dibandingkan minyak sawit olahan. Sama halnya dengan batubara semi antrasit, CPO lebih dapat menurunkan kadar abu ke nilai minimum. Ukuran partikel 40 mesh ternyata lebih dapat diproses untuk diturunkan kadar abu dan sulfurnya. Ini berarti bahwa luas permukaan kontak pencucian yang minimum dari sampel berukuran 40 mesh dibandingkan 60 mesh lebih berkemampuan dapat dicuci.

➤ Sub Bituminus (Nukman, Juni 2006)

Pada gambar 4, untuk batubara sub bituminus kadar abu maksimum yang dapat diturunkan adalah sebesar 58 % dan kadar sulfur maksimum yang mampu diturunkan sebesar 16 %. Hal ini terdapat untuk masing-masing sampel SB40 P10 S10 dan SB60P15 S15. Terlihat bahwa minyak sawit olahan lebih mampu menurunkan kadar abu dan sulfur dengan variasi ukuran partikel 40 dan 60 mesh.



Gambar 4: Hubungan Kadar Abu dan Sulfur untuk Batubara Sub Bituminus

6. KESIMPULAN

Dari ketiga jenis batubara yang dipakai sebagai sampel, minyak sawit olahan lebih mampu menurunkan kadar sulfur ke tingkat minimum. Ini terlihat dari ketiga jenis sampel untuk masing-masing jenis batubara yaitu SA40 P10 S15; B40 P20 S20; SB60P15 S15.

Namun untuk pengurangan kadar sulfur hanya untuk sub bituminus, minyak sawit dapat menurunkan kadar sulfur ke tingkat minimum terlihat pada

sampel SB40 P10 S10. Disini terlihat CPO lebih mampu dapat dipakai sebagai media pencuci untuk menurunkan kadar sulfur.

DAFTAR PUSTAKA

1. Alonso, M. I., A. F. Valdes, R. M. Martinez-Tarazona and A. B. Garcia, (2002), "Coal recovery from fines wastes by agglomeration with colza oil: a contribution to the environment and energy

- preservation", *Journal of Fuel Processing Technology*, 75, page 85.
2. Ana B. Garsia, M. Rosa Martinez-Tarazona and Jose M, G. Vega, (1996), "Cleaning of Spanish High Rank Coals by Agglomeration with Vegetable Oils", *Journal of Fuel* (75-7), page 885.
 3. Adolfo F, Valdes, Ana B. Garcia, (2006), "On the utilization of waste vegetable oils (WVO) as agglomerants to recover coal from coal fines cleaning wastes (CFCW)", *Journal of Fuel*, 85 page 607.
 4. Berkowitz, N., "An Introduction to Coal Technology", Academic Press, New York, (1979), page 49.
 5. Chen Y, Lin M, He z, Xie X, Liu Y, Xiao Y, Zhou J, Fan Y, Xiao X, Xu F, (1993), "Air Pollution type Fluorosis in the region of Pingxiang, Jiangxi, Peoples' Republic of China", *Jiangxi Institute of Labor Hygiene and Occupational Medicine, Nanchang, Jiangxi, Peoples' Republic of China, Arc Enviro Health*, Jul-Aug, page 246.
 6. Daman Suyadi, "Upaya Peningkatan Mutu Karbonisasi pada Pabrik Briket Batubara Bukit Asam, Tanjung Enim Sumatera Selatan", *Prosiding Hasil-hasil Penelitian Puslitbang Geoteknologi, LIPI*, (1995), halaman 678.
 7. Gence, Nermin, (2006), "Coal recovery from bituminous coal by agglototation with petroleum oils", *Journal of Fuel*, 85, page 1138.
 8. Ghani, M. Ulum A (2000), "Removal of Todongkurah Coal Ash by Oil Agglomeration Method", *Proceedings Southeast Asian Coal Geology Conference, Bandung Indonesia*, page 307-311.
 9. Gurses, Ahmet, Kemal Doymus and Samih Bayrakceken, (1996), "Selective Oil Agglomeration of Brown Coal: a Systematic Investigation of Design and Process Variables in the Conditioning Step", *Journal of Fuel*, 75-10, page 1175.
 10. Gu SL, Ji RD, CaoSR, (1990), "The physical and chemical characteristics of particels in door air where high fluoride coal burning takes place", *Chinese Academy of Preventive Medicine, Beijing, Biomed Enviro Sci*, page 384.
 11. Koestoer, R.A., Yulianto SN, Iwan Masri, Martino RS, Nandy S, (1997), "Studi Tentang Batubara Indonesia", *Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia*, edisi ke 2, ISSN 979-8427-04-1, halaman VII-8.
 12. Meyers, Robert, (1982), "Coal Structure", *Academic Press, Inc. London*, , page 21.
 13. Nukman dan Hasan Basri, (20 Juni 2007), "Pengurangan Kadar Abu dan Sulfur pada batubara Semi Antrasit dari Tanjung Enim dengan cara Pencucian bermedia air-minyak sawit", *Seminar Nasional Tahunan Penelitian Lingkungan di Perguruan Tinggi 2007, Universitas Indonesia*.
 14. Nukman dan Suhardjo Poertadji, (Desember 2006), "Metode Aglomerasi Air-Minyak Sawit untuk Menurunkan kadar Sulfur pada Batubara Bituminus" *Jurnal Teknologi, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Nomor 4, Tahun XX*.
 15. Nukman dan Suhardjo Poertadji, (Juni 2006), "Pengurangan Kadar Abu dan Sulfur pada Batubara Sub Bituminus dengan metode aglomerasi air-minyak sawit", *Jurnal Sains Materi Indonesia, Juni 2006, Vol.7, No.3*.
 16. Nukman dan Suhardjo Poertadji, (2006), "Peningkatan nilai kalori batubara bituminus dengan aglomerasi air-minyak sawit", *Jurnal Teknologi, FT. Universitas Indonesia, Edisi No.2, Tahun XX, (Juni)*.
 17. Osborne, D.G., (1988), *Coal Preparation Technology, Volume 1, Graham dan Trotman Limited. London*, page 460
 18. Robbins, G.A., R.A. Winschel, C. L. Amos and F. P. Burke, (1992),

- "Agglomeration of low-rank coal as a pretreatment for direct coal liquefaction", *Journal of Fuel*, , page 1039.
19. Speight, James G., (1994), "The Chemistry and Technology of Coal", Marcel Dekker, Inc. New York, pages. 569, 282.
20. Sulaksono, Djoko, (1995), "Proses Peningkatan Mutu Sumberdaya Batubara Kualitas Rendah", Publikasi Ilmiah Seminar Peranan Energi Dalam Menunjang Pembangunan Berkelanjutan, Direktorat Teknologi Energi Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jakarta, Mei, halaman 351.
21. Suganal, Yenni Sofaety, Siti Rafiah Rafiah Untung (2000), "Identifikasi Gas Buang Briket Super (Briket Semikokas Batubara) pada Dapur Rumah Tangga", Prosiding Seminar Nasional Kimia VIII, FMIPA-UGM, Yogyakarta, halaman 241.