

PENGARUH AGLOMERASI AIR-MINYAK SAWIT TERHADAP KADAR KARBON DAN NILAI KALORI BATUBARA SEMI-ANTRASIT, BITUMINUS DAN SUB-BITUMINUS

Suhardjo Poertadji, Nukman dan Muhammad Hikam

Program Pascasarjana Ilmu Material, FMIPA - UI
Jl. Salemba 4 Jakarta 10440

ABSTRAK

PENGARUH AGLOMERASI AIR-MINYAK SAWIT TERHADAP KADAR KARBON DAN NILAI KALORI BATUBARA SEMI-ANTRASIT, BITUMINUS DAN SUB-BITUMINUS. Dengan metode pencucian aglomerasi, nilai kalori batubara dapat ditingkatkan. Batubara semi-antrasit, bituminus dan sub-bituminus dari Tanjung Enim, Sumatera Selatan, diproses dengan metode aglomerasi menggunakan media campuran air dan minyak goreng sawit atau minyak sawit mentah (CPO). Kadar karbon masing-masing batubara yang mengalami proses aglomerasi menurun, tetapi nilai kalorinya meningkat. Minyak goreng sawit sebagai media aglomerasi dapat meningkatkan nilai kalori batubara semi-antrasit, bituminus dan sub-bituminus masing-masing sampai 4,5%, 5,6% dan 11,1%. Sedangkan minyak sawit mentah dapat meningkatkan nilai kalori masing-masing jenis batubara tersebut sampai 4,2%, 8,3% dan 7,1% relatif terhadap nilai kalori batubara yang tidak mengalami proses aglomerasi.

Kata kunci : Batubara semi-antrasit, bituminus dan sub-bituminus, aglomerasi, kadar karbon, nilai kalori, minyak sawit, minyak sawit mentah

ABSTRACT

INFLUENCE OF WATER-PALM OIL AGGLOMERATION PROCESS TO CARBON CONTENT AND CALORIFIC VALUE OF SEMI-ANTHRACITE, BITUMINOUS AND SUB-BITUMINOUS COALS. By washing agglomeration method, the coal calorific value increased. The semi-anthracite, bituminous and sub-bituminous coal from Tanjung Enim, South of Sumatera, were proceeded by using palm oil or crude palm oil (CPO) as agglomerating oils. As a result, the carbon content decreased, but the calorific value increased. By adding palm oil, the calorific values of semi-anthracite, bituminous and sub-bituminous coal increased up to 4.5, 5.6 and 11.1%, and adding crude palm oil, these calorific value increased up to 4.2, 8.3 and 7.1% respectively as compared to the raw materials.

Key words : Semi-anthracite, bituminous and sub-bituminous coal, agglomeration, carbon contents, calorific value, palm oil, crude palm oil

PENDAHULUAN

Batubara merupakan salah satu sumber energi yang penting pada masa kini, dan banyak dipakai dalam industri berskala besar seperti pembangkit tenaga listrik, pabrik semen, pabrik pengecoran dan pengolahan baja, dan lain-lain. Di dunia ketiga, batubara banyak digunakan dalam rumah tangga untuk memasak dan pemanasan ruang. Karena cadangan minyak di Indonesia semakin tipis dan diperkirakan akan habis dalam waktu dekat, pemerintah Indonesia telah menetapkan batubara sebagai sumber energi alternatif utama yang cukup untuk 200 tahun sampai dengan 300 tahun mendatang [1].

Penelitian jenis-jenis batubara telah dimuali sejak tahun 1909 oleh White, yang dilanjutkan oleh Thiessen [2]. Di Indonesia penelitian ilmiah batubara antara lain dilakukan oleh Daman Suryadi [3], Djoko Sulaksono [4], dan sebagainya. Berdasarkan

standar ASTM (ASTM part 26 D388), batubara antrasit adalah jenis batubara peringkat tertinggi, dengan nilai kalori di atas 7500 kkal/kg dan kadar karbon di atas 86%. Salah satu jenis batubara yang diteliti adalah batubara antrasit peringkat terendah, yaitu semi-antrasit, dengan kadar karbon antara 86% sampai dengan 92%. Jenis batubara lain yang diteliti adalah bituminus dan sub-bituminus, yang merupakan batubara peringkat dua dan tiga di bawah antrasit, tetapi masih di atas jenis lignit. Jenis batubara bituminus mengandung kadar karbon antara 69 % sampai dengan 86%, dengan nilai kalori antara 6000 kkal/kg sampai dengan 7500 kkal/kg. Sedangkan untuk sub-bituminus, kadar karbonnya di bawah 86% dan nilai kalorinya antara 5000 kkal/kg sampai dengan 6000 kkal/kg.

Salah satu parameter kualitas batubara adalah nilai kalori atau kadang-kadang disebut energi spesifik. Nilai kalori batubara tergantung pada kadar karbon yang terkandung di dalamnya. Di samping karbon, batubara mengandung abu dan sulfur, yang merupakan elemen-elemen *impurities* (kotoran pengganggu), di samping kotoran lainnya seperti tanah, batuan dan mineral. Abu dan sulfur dapat dikurangi dengan cara pencucian serbuk batubara atau disebut proses aglomerasi.

Metode aglomerasi merupakan proses pencucian batubara secara fisika dan kimia, yaitu dengan cara menambahkan media pemisah yang berupa larutan. Pemisahan batubara dari abu berdasarkan pada perbedaan tegangan permukaan. Aglomerasi air-minyak adalah suatu teknik yang efektif untuk mengeliminasi abu dari batubara [5-10]. Proses aglomerasi mampu mengolah batubara jenis semi-antrasit, sub-bituminus dan bituminus. Proses aglomerasi ini dapat diterapkan karena sifat *lipophilic* (*oil loving*) dan *hydrophobic* (water hating) dari permukaan batubara. Material buangan berupa material yang tenggelam di dalam air, dan batubara bersih merupakan material yang terapung [11]. Karena partikel-partikel batubara pada dasarnya *hydrophobic*, mereka 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) akan tetap tertahan di dalam air. Karena partikel-partikel aglomerat batubara lebih besar daripada partikel mineral, maka mereka dapat dengan mudah dipisahkan. Dengan adanya minyak saat pencucian, mengakibatkan air yang sudah bercampur abu tidak akan melekat lagi pada permukaan batubara.

Aglomerasi minyak dapat digunakan untuk menghasilkan suatu padatan, produk kental yang digabung dari berbagai ukuran partikel batubara yang disebut sebagai aglomerat. Tiap aglomerat mengandung *fragment* (bagian-bagian kecil) batubara yang bervariasi pada bentuk ukuran sebesar 2 mm sampai partikel yang sangat halus dengan ukuran beberapa mikrometer. Partikel ini memiliki kekuatan melekat yang cukup besar untuk tetap utuh.

Dengan menggunakan media aglomerasi berupa campuran air dan minyak sawit, diharapkan abu dan sulfur dapat larut di dalam air. Sedangkan serbuk batubara bercampur dengan minyak sawit, akan mengapung pada permukaan air, dan dapat dipisahkan dari kotoran pengganggu. Karena nilai kalori minyak sawit cukup tinggi, maka batubara yang telah mengalami proses aglomerasi diharapkan akan memiliki nilai kalori yang lebih tinggi daripada sebelumnya.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat seberapa jauh pencucian dengan metode aglomerasi yang menggunakan media campuran air dan minyak goreng sawit atau minyak sawit mentah dapat mempengaruhi kandungan karbon

di dalam batubara, dan korelasinya dengan nilai kalori. Keberhasilan penelitian ini akan menambah kemungkinan diversifikasi pemakaian minyak sawit dalam peningkatan kualitas sumber energi batubara.

METODE PERCOBAAN

Proses aglomerasi dilakukan dengan menggunakan tabung silinder berdiameter 4 inci dan tinggi 10 inci [8]. Tabung dilengkapi dengan *stir* yang dapat diputar pada kecepatan 1450 rpm. Silinder dan *stir* dibuat dari baja tahan karat

Gumpalan batubara dihancurkan dengan *crusher*, kemudian disaring dengan ayakan untuk mendapatkan ukuran partikel antara 20 *mesh* sampai dengan 30 *mesh*, 40 *mesh* sampai dengan 50 *mesh* serta 60 *mesh* sampai dengan 70 *mesh*. Proses aglomerasi dilakukan dengan memasukkan air ke dalam silinder, diikuti dengan batubara halus, kemudian diaduk selama empat menit. Pada awal menit ke lima, minyak dimasukkan dan terus diaduk selama satu menit. Untuk mengurangi kadar air yang masih tersisa pada aglomerat, maka aglomerat disaring dengan ayakan sehingga air akan menetes ke bawah (*dewatering*) selama 24 jam. Selanjutnya untuk pengukuran kadar abu, aglomerat tersebut dipanaskan terlebih dahulu pada suhu 110°C selama dua jam. Diharapkan kadar air yang tersisa hanyalah *inherent moisture*, yaitu air yang terperangkap di dalam pori-pori batubara.

Media minyak yang digunakan adalah minyak goreng sawit kemasan botol merek Filma yang dibeli di pasaran, dan minyak sawit mentah (*CPO-Crude Palm Oil*) yang didapat dari pabrik pengolahan minyak sawit di Sumatera Selatan. Kedua jenis minyak ini tidak mengandung sulfur [8,9,12]. Untuk selanjutnya akan digunakan istilah *minyak sawit* bagi *minyak goreng sawit*, dan *sawit mentah* bagi *minyak sawit mentah*. Nilai Kalori minyak sawit adalah 11.510 kkal/kg dan sawit mentah 9.565 kkal/kg [12].

Nilai kalori batubara ditentukan dengan cara membakar sejumlah sampel batubara halus di dalam peralatan *bomb* kalorimeter adiabatik. Batubara yang diteliti adalah batubara jenis Semi-Antrasit, Bituminus dan Sub-Bituminus dari tambang batubara Tanjung Enim, Sumatera Selatan.

Parameter dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Ukuran partikel batubara : 20 *mesh*, 40 *mesh* dan 60 *mesh*.
2. Persen padatan (jumlah batubara di dalam cairan): 10%, 15% dan 20%.
3. Persen minyak (jumlah minyak aglomerat per gram batubara) : 5%, 10% dan 15%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan parameter penelitian, maka dibuat suatu kodifikasi bagi sampel, agar mudah

mengidentifikasinya. Setiap sampel diberi kode identifikasi: Xx Py Qz, dengan pengertian:

Xx = jenis batubara (untuk semi-antrasit: X = SA; bituminous: X = B; dan sub-bituminus: X = SB) dengan ukuran x mesh (x = 20 mesh, 40 mesh dan 60 mesh);

Xtc = batubara tanpa cuci (sebelum proses aglomerasi);
 Py = jumlah padatan batubara (y gram batubara per 100 gram cairan aglomerat, dengan y = 10%, 15% dan 20%);

Qz = minyak sawit (Q = S) atau sawit mentah (Q = C) dalam jumlah z% relatif terhadap berat batubara (z = 5%, 10% dan 15%).

Dari rencana ukuran partikel batubara yang diteliti 20 mesh, 40 mesh dan 60 mesh, ternyata tidak seluruh partikel batubara 20 mesh dapat dijadikan aglomerat dengan media minyak goreng sawit maupun sawit mentah. Hal ini kemungkinan karena partikel dengan ukuran 20 mesh terlalu besar, sehingga proses aglomerasi yang diharapkan tidak berjalan secara efektif.

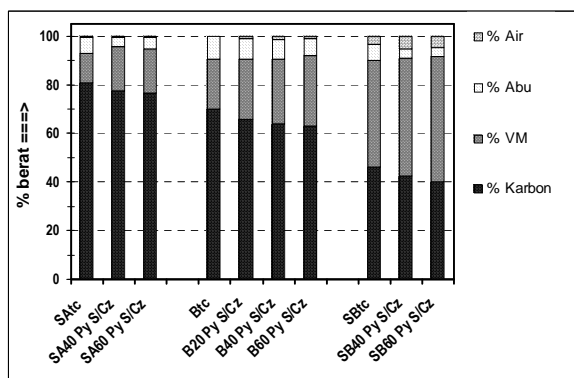
Material utama penyusun batubara adalah karbon. Jumlah kandungan karbon di dalam batubara akan menentukan nilai kalori batubara tersebut. Namun di dalam setiap batubara juga terkandung komponen lain seperti air, abu, dan material-material lain yang akan lenyap apabila dibakar (*volatile matter*). Kadar masing-masing komponen dinyatakan sebagai perbandingan berat komponen tersebut terhadap berat batubara. Dengan demikian jumlah kadar air, abu, *Volatile Matter* (VM) dan karbon di dalam batubara adalah 100% [13].

Hasil pengukuran nilai kalori dan kadar karbon pada semua jenis batubara yang diteliti ternyata tidak dipengaruhi oleh variasi jumlah padatan batubara (Py) di dalam cairan aglomerat, untuk y = 10%, 15% dan 20%. Hal ini menunjukkan bahwa persentase padatan sampai dengan 20% belum mencapai batas maksimum atau batas kejenuhan kelarutan kotoran (abu dan sulfur) di dalam media aglomerasi. Karena seluruh kotoran dapat ditampung di dalam cairan media aglomerasi, maka jumlah padatan sampai 20% di dalam cairan tersebut, tidak berpengaruh terhadap nilai kalori batubara yang mengalami proses aglomerasi. Maka, nilai kalori dan kadar karbon hasil pengukuran dalam penelitian ini telah dihitung nilai rata-ratanya pada berbagai variasi persentase padatan (Py), untuk y = 10%, 15% dan 20%.

Hasil pengukuran kadar masing-masing komponen di dalam batubara semi-antrasit, bituminus dan sub-bituminus sebelum dan sesudah mengalami proses aglomerasi tertera pada Gambar 1. Pada gambar terbaca bahwa batubara semi-antrasit mengandung kadar karbon tertinggi (80,6%), disusul oleh bituminus (70,1%), dan yang paling rendah adalah sub-bituminus (46,3%). Sesuai dengan kadar karbonnya, maka seperti terlihat pada Gambar 2, nilai kalori tertinggi hasil pengukuran adalah semi-antrasit (7.885 kkal/kg), disusul bituminus

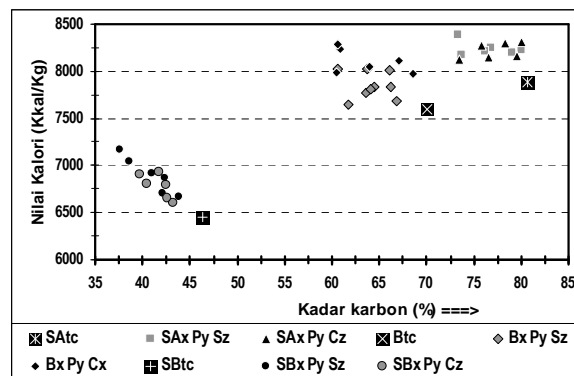
(7.594 kkal/kg), dan yang terendah adalah sub-bituminus (6.453 kkal/kg).

Nilai kalori batubara makin rendah, apabila kadar karbonnya menurun. Namun nilai kalori tersebut tidak berbanding lurus dengan kadar karbon di dalam batubara. Dengan membandingkan kadar karbon bituminus terhadap semi-antrasit, seharusnya nilai kalori bituminus sebesar $(70,1/80,6) \times 7.885 = 6.858$ kkal/kg. Hasil pengukuran (7.594 kkal/kg) ternyata lebih tinggi daripada perhitungan. Hal serupa juga terjadi pada sub-bituminus. Hal ini menunjukkan bahwa nilai kalori batubara tidak hanya tergantung pada kadar karbonnya, tetapi masih tergantung kepada hal-hal lain, seperti umur, asal-usul, kondisi lingkungan pembentukan batubara, dan sebagainya.



Gambar 1. Perbandingan kadar air, abu, *volatile matter* (VM) dan karbon pada batubara Semi Antrasit (SA), Bituminus (B) dan Sub Bituminus (SB) sebelum dan sesudah mengalami proses aglomerasi dengan air-minyak sawit (S) atau air-sawit mentah (C), pada ukuran partikel batubara 20 mesh, 40 mesh dan 60 mesh.

Gambar 1 dan Gambar 2 juga menunjukkan bahwa ketiga jenis batubara berkurang kadar karbonnya, setelah mengalami proses aglomerasi dengan minyak sawit maupun sawit mentah. Tetapi penurunan kadar karbon yang disebabkan oleh proses aglomerasi ini tidak menyebabkan nilai kalori batubara menurun, melainkan justru meningkat. Diduga telah terjadi persenyawaan



Gambar 2. Grafik nilai kalori terhadap kadar karbon batubara semi-antrasit, bituminus dan sub-bituminus (SB) sebelum (SAtc, Btc, SBtc) dan sesudah mengalami proses aglomerasi dengan air-minyak sawit (Xx Py Sz) atau air-sawit mentah (Xx Py Cz).

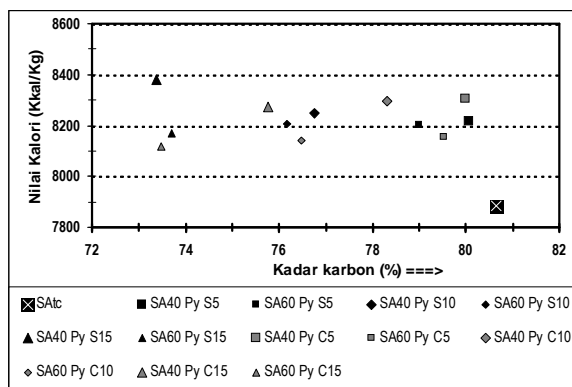
antara karbon batubara dengan minyak sawit atau sawit mentah, membentuk gugus hidrokarbon yang lebih mudah terdekomposisi. Hal ini terlihat dari terjadinya kenaikan kadar *volatile matter* pada batubara, setelah mengalami proses aglomerasi (lihat Gambar 1). Peningkatan nilai kalori disebabkan kehadiran minyak sawit yang memiliki nilai kalori lebih tinggi daripada batubara. Tendensi peningkatan nilai kalori terhadap penurunan kadar karbon pada masing-masing jenis batubara tidak sama.

Secara umum dapat diamati (Gambar 3, Gambar 4 dan Gambar 5) bahwa semakin kecil ukuran partikel batubara dan semakin besar persentase minyak yang digunakan, akan menyebabkan kadar karbon semakin menurun tetapi nilai kalorinya meningkat. Hal ini dapat dimengerti, karena semakin kecil ukuran partikel akan menyebabkan semakin besar kontak permukaan batubara dengan cairan aglomerat. Dengan demikian maka jumlah minyak yang diserap batubara semakin besar pula.

Pada batubara semi-antrasit, seperti ditunjukkan pada Gambar 3, kenaikan nilai kalori akibat proses aglomerasi relatif tidak dipengaruhi oleh penurunan kadar karbon. Kadar batubara turun secara bervariasi, tergantung pada ukuran butir batubara dan jumlah persentase minyak aglomerat. Secara rinci, nilai kalori dan kadar karbon batubara semi-antrasit yang telah mengalami proses aglomerasi berubah sebagai berikut:

Dengan Minyak Sawit

Nilai kalori meningkat sekitar 4,5 % relatif terhadap batubara yang tidak mengalami proses aglomerasi, yaitu dari 7.885 kkal/kg menjadi (8.239 ± 52) kkal/kg. Kadar karbon turun apabila kadar minyak aglomerasi naik, menjadi antara 80,1 % hingga 73,4 %, untuk kadar minyak aglomerat (S_z) bervariasi antara 5 % hingga 15 %.



Gambar 3. Grafik nilai kalori terhadap kadar karbon pada batubara Semi Antrasit (SA), sebelum (SA_{Atc}) dan sesudah mengalami proses aglomerasi dengan air-minyak sawit (SA_xPyS_z) atau air-sawit mentah (SA_xPyC_z), pada ukuran partikel batubara x = 20 mesh, 40 mesh dan 60 mesh serta variasi kadar minyak aglomerat z = 5%, 10% dan 15%. Variasi konsentrasi padatan (Py) dengan y = 10%, 15 % dan 20% tidak memberikan pengaruh yang berarti.

Dengan Sawit Mentah

Nilai kalori juga meningkat menjadi (8.215 ± 77) kkal/kg atau naik sekitar 4,2 % dari batubara yang tidak mengalami proses aglomerasi. Sedangkan kadar karbonnya turun dengan variasi antara 80,0 % hingga 73,5 %, apabila kadar minyak aglomeratnya (C_z) naik dari 5 % hingga 15 %.

Dengan demikian dapat dikatakan bahwa nilai kalori batubara semi-antrasit yang telah mengalami proses aglomerasi naik rata-rata sekitar 4,3 %, tidak tergantung kepada kadar maupun jenis minyak aglomerat, meskipun kadar abunya menurun sesuai dengan penambahan kadar minyak aglomerat. Hal ini kemungkinan karena turunnya nilai kalori batubara semi-antrasit yang disebabkan oleh turunnya kadar karbon dikompensasi oleh kenaikan nilai kalori akibat hadirnya minyak sawit yang bernilai kalori lebih tinggi daripada batubara ini.

Untuk batubara bituminus, seperti tertera pada Gambar 4, proses aglomerasi menyebabkan hal-hal sebagai berikut:

Dengan Minyak Sawit

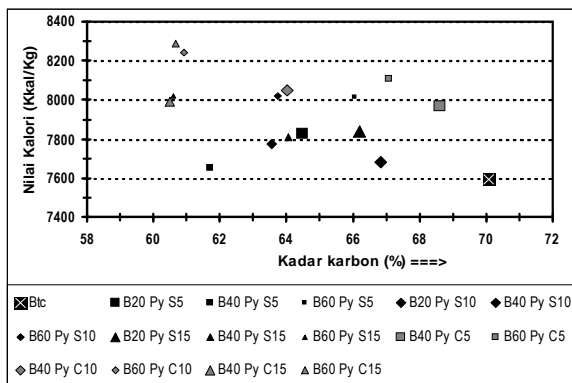
Nilai kalori naik secara acak menjadi antara 7.650 kkal/kg sampai 8.020 kkal/kg, dari nilai kalori batubara yang tidak mengalami proses aglomerasi (7.594 kkal/kg). Sedangkan kadar karbonnya turun dari semula 70,1 % menjadi bervariasi antara 66,9 % hingga 61,7 %. Nilai kalori setinggi (8.018 ± 3) kkal/kg (kenaikan sekitar 5,6 %) dicapai oleh sampel-sampel dengan ukuran partikel 60 mesh (B60PyS15, B60PyS10 dan B60PyS5). Dari tiga kelompok sampel yang menghasilkan nilai kalori tinggi ini, berturut-turut kadar karbonnya menurun akibat kadar minyak aglomerat yang naik: kadar karbon 66,1 % pada B60PyS5; kadar karbon 63,7 % pada B60PyS10; dan kadar karbon 60,6 % pada B60PyS15. Sementara itu sampel dengan nilai kalori rendah (7.665 ± 15) kkal/kg disebabkan oleh ukuran partikel yang besar (B20PyS10) atau kadar minyak aglomerat yang terlampaui sedikit (B40PyS5).

Data-data di atas menunjukkan bahwa ukuran butir partikel batubara yang semakin kecil akan meningkatkan nilai kalori semakin tinggi. Di lain pihak, peningkatan kadar minyak sawit aglomerat akan menurunkan kadar karbon batubara bituminus.

Dengan Sawit Mentah

Menyerupai minyak sawit sebagai cairan aglomerat, sawit mentah meningkatkan nilai kalori secara acak menjadi antara 7.967 kkal/kg sampai dengan 8.286 kkal/kg. Kadar karbonnya bervariasi antara 60,5% hingga 68,6 %. Nilai kalori setinggi (8.226 ± 51) kkal/kg (meningkat sekitar 8,3 %) dicapai oleh sampel-sampel dengan ukuran partikel 60 mesh (B60PyC15, B60PyC10

dan B60PyC5). Dari tiga kelompok sampel yang menghasilkan nilai kalori tinggi ini, berturut-turut kadar karbonnya menurun akibat kenaikan kadar minyak aglomerat: kadar karbon 67,1 % pada B60PyC5; kadar karbon 60,9 % pada B60PyC10; dan kadar karbon 60,7 % pada B60PyC15. Sementara itu sampel dengan nilai kalori rendah (7.967 kkal/kg) terjadi pada batubara dengan ukuran partikel yang relatif besar dan kadar minyak aglomerat yang terlampaui sedikit (B40PyC5).



Gambar 4. Grafik nilai kalori terhadap kadar karbon pada batubara Bituminus (B) sebelum (Btc) dan sesudah mengalami proses aglomerasi dengan air-minyak sawit (BxPySz) atau air-sawit mentah (BxPyCz), pada ukuran partikel batubara x = 20 mesh, 40 mesh dan 60 mesh serta variasi kadar minyak aglomerat z = 5 %, 10 % dan 15 %. Variasi konsentrasi padatan (Py) dengan y = 10 %, 15 % dan 20% tidak memberikan pengaruh yang berarti.

Ternyata sawit mentah sebagai cairan aglomerat juga dapat meningkatkan nilai kalori batubara bituminus semakin tinggi, apabila ukuran butir partikel batubara semakin kecil. Peningkatan kadar sawit mentah akan menurunkan kadar karbon batubara. Sawit mentah secara rata-rata mampu meningkatkan nilai kalori batubara bituminus sedikit lebih tinggi daripada minyak sawit, dengan tingkat penurunan kadar karbon yang sama.

Pada batubara sub-bituminus, seperti tertera pada Gambar 5, nilai kalori batubara meningkat secara linier terhadap penurunan kadar karbon akibat proses aglomerasi:

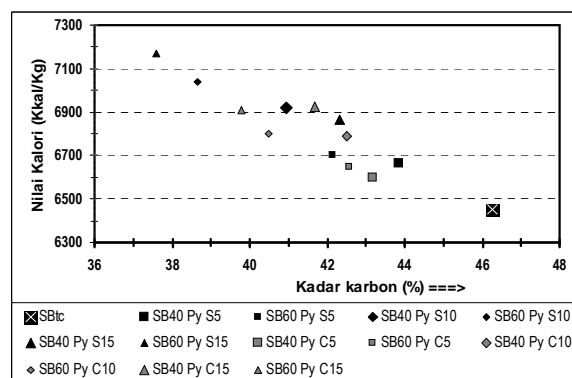
Dengan Minyak Sawit

Nilai kalori dan kadar batubara sub-bituminus yang tidak mengalami proses aglomerasi masing-masing adalah 6.453 kkal/kg dan 46,3 %. Peningkatan nilai kalori maksimum sebesar 11,1 % (menjadi 7.170 kkal/kg) dicapai oleh sampel-sampel dengan ukuran partikel batubara terkecil dalam penelitian ini (60 mesh) dan jumlah minyak aglomerat maksimum sebesar 15 % dari berat batubara yang diproses. Sedangkan kadar karbonnya menurun sebesar 18,8 % relatif terhadap kadar batubara yang tidak mengalami proses aglomerasi.

Dengan Sawit Mentah

Peningkatan nilai kalori maksimum sebesar 7,1 % (menjadi 6.909 kkal/kg) dicapai oleh sampel-sampel dengan ukuran partikel batubara 60 mesh dan jumlah minyak aglomerat 15 %. Sedangkan kadar karbonnya menurun sebesar 14 % relatif terhadap kadar batubara yang tidak mengalami proses aglomerasi. Apabila ukuran partikel batubara dan persentase minyak yang digunakan dalam proses aglomerasi sama, maka minyak sawit mampu meningkatkan nilai kalori batubara sub-bituminus lebih tinggi daripada sawit mentah.

Tidak seperti pada semi-antrasit, batubara bituminus dan sub-bituminus meningkat nilai kalorinya, apabila kadar minyak aglomeratnya naik. Hal ini disebabkan karena dua jenis batubara yang terakhir ini nilai kalorinya lebih rendah daripada semi-antrasit. Dengan perbedaan nilai kalori yang cukup besar antara kedua jenis batubara ini dengan nilai kalori minyak aglomerat, maka setiap penambahan kadar minyak aglomerat akan menyebabkan kenaikan nilai kalori batubara secara signifikan. Oleh karena itu, persentase kenaikan nilai kalori yang terbesar (11,1 %) terjadi pada batubara yang rendah nilai kalorinya, yaitu sub-bituminus (nilai kalori 6.453 kkal/kg), yang bercampur dengan minyak aglomerasi yang tinggi nilai kalorinya (minyak sawit, 11.510 kkal/kg).



Gambar 5. Grafik nilai kalor terhadap kadar karbon pada batubara Sub-Bituminus (SB) sebelum (SBtc) dan sesudah mengalami proses aglomerasi dengan air-minyak sawit (SBxPySz) atau air-sawit mentah (SBxPyCz), pada ukuran partikel batubara 40 mesh dan 60 mesh serta variasi kadar minyak aglomerat z = 5 %, 10% dan 15 %. Variasi konsentrasi padatan (Py) dengan y = 10 %, 15 % dan 20 % tidak memberikan pengaruh yang berarti.

Penurunan kadar karbon pada batubara setelah mengalami proses aglomerasi seharusnya akan menurunkan nilai kalori. Tetapi dalam penelitian ini telah ditunjukkan bahwa nilai kalori batubara selalu meningkat setelah mengalami proses aglomerasi, meskipun kadar karbonnya turun. Hasil pengamatan ini menunjukkan adanya fenomena yang belum pernah teramati sebelumnya. Terjadinya kenaikan kadar karbon 2,35 % dan kenaikan nilai kalori 3,21 %,

Tabel 1. Perbandingan hasil perhitungan nilai kalori batubara akibat penambahan minyak aglomerat dengan hasil pengukuran setelah batubara mengalami proses aglomerasi. Kadar minyak aglomerat maksimum 15 %.

Jenis batubara	Tambahkan minyak sawit dalam batubara (%)	Nilai kalori batubara (kkal/kg)		Tambahkan sawit mentah dalam batubara (%)	Nilai kalori batubara (kkal/kg)	
		Perhitungan	Pengukuran		Perhitungan	Pengukuran
Semi-antrasit	10	8248	8240	15	8137	8216
Bituminus	11	8025	8019	15	7890	8224
Sub-bituminus	14	7161	7169	15	6920	6911

apabila batubara bituminus dicuci dengan alat *Baum Jig* [14].

Apabila dihitung persentase kenaikan nilai kalori akibat penambahan minyak aglomerat, diperoleh hasil seperti tertera pada Tabel 1.

Pada Tabel 1 terlihat bahwa pada media minyak sawit sebagai cairan aglomerat, terdapat kesesuaian antara hasil perhitungan dengan hasil pengukuran, untuk penambahan minyak sawit kurang dari 15 %. Tetapi pada media sawit mentah, ternyata dengan penambahan sampai 15 % (kadar minyak maksimum dalam proses aglomerasi yang dilakukan dalam penelitian ini) belum cukup untuk menyamai nilai kalori batubara semi-antrasit dan bituminus hasil pengukuran. Dalam perhitungan di atas tidak dilakukan pengurangan nilai kalori akibat penurunan kadar karbon. Apabila hal ini dilakukan, hasil perhitungan dipastikan tidak akan mencapai hasil pengukuran. Dari kenyataan ini dapat diduga telah terjadi persenyawaan minyak sawit dengan karbon pada batubara, yang mengakibatkan meningkatnya nilai kalori batubara relatif lebih tinggi daripada kenaikan yang disebabkan oleh penambahan sawit mentah. Sekaligus hal ini dapat menjelaskan terjadinya penurunan kadar karbon batubara.

KESIMPULAN

Dari pemaparan hasil penelitian dan pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa:

1. Setelah batubara mengalami proses aglomerasi dengan media air-minyak goreng sawit atau air-minyak sawit mentah (CPO), masing-masing kadar karbonnya menurun, tetapi nilai kalorinya meningkat.
2. Semakin kecil ukuran partikel batubara (semakin besar mesh) dan semakin besar persentase minyak yang digunakan dalam proses aglomerasi, akan semakin menurunkan kadar karbon, tetapi cenderung meningkatkan nilai kalori batubara.
3. Minyak goreng sawit dan minyak sawit mentah rata-rata dapat meningkatkan nilai kalori batubara semi-antrasit masing-masing sekitar 4,5 % dan 4,2 %, tidak tergantung kepada kadar minyak

aglomerat, tetapi kadar karbonnya menurun sesuai dengan penambahan kadar minyak aglomerat.

4. Pada batubara bituminus, sawit mentah secara rata-rata mampu meningkatkan nilai kalori sedikit lebih tinggi daripada minyak goreng sawit, dengan tingkat penurunan kadar karbon yang sama. Minyak goreng sawit dapat meningkatkan nilai kalori sampai sekitar 5,6 %, dan sawit mentah mampu meningkatkan nilai kalori sekitar 8,3 % dari nilai kalori batubara tanpa proses aglomerasi.
5. Nilai kalori batubara sub-bituminus meningkat secara linier terhadap penurunan kadar karbon akibat proses aglomerasi. Minyak goreng sawit dapat meningkatkan nilai kalori sampai 11,1% pada batubara dengan ukuran partikel batubara 60 mesh dan kadar minyak aglomerat 15 %. Sedangkan kadar karbonnya turun sebesar 18,8 % relatif terhadap kadar batubara yang tidak mengalami proses aglomerasi. Minyak sawit mentah dapat meningkatkan nilai kalori sebesar 7,1 % pada batubara 60 mesh dan kadar minyak aglomerat 15 %, sedangkan kadar karbonnya turun sebesar 14 %.

DAFTARACUAN

- [1]. DJOKO SULAKSONO, Teknologi Batubara Bersih di Indonesia, *Prosiding Konferensi Energi, Sumber Daya Alam dan Lingkungan*, BPP Teknologi, Jakarta (1997) 1
- [2]. ROBERT MEYERS, Coal Structure, *Academic Press, Inc.* London (1982)
- [3]. DAMAN SURYADI, Upaya Peningkatan Mutu Karbonisasi pada Pabrik Briket Batubara Bukit Asam, Tanjung Enim Sumatera Selatan, *Prosiding Hasil-hasil Penelitian Puslitbang Geoteknologi*, LIPI, Jakarta (1995) 678
- [4]. DJOKO SULAKSONO, Proses Peningkatan Mutu Sumberdaya Batubara Kualitas Rendah, *Publikasi Ilmiah Seminar Penerapan Energi dalam Menunjang Pembangunan Berkelanjutan*, Direktorat Teknologi Energi BPPT, Jakarta (1995) 351
- [5]. G. A. ROBBINS, R. A. WINSHEL, C. L. AMOS and F. P. BURKE, Agglomeration of Low-Rank Coal

- as a Pretreatment for Direct Coal Liquefaction, *Journal of Fuel*, **71**, (1992) 1039
- [6]. AHMET GURSES, KEMAL DOYMUS AND SAMIH BAYRAKCEKEN, Selective Oil Agglomeration of Brown Coal: a Systematic Investigation of Design and Process Variables in the Conditioning Step, *Journal of Fuel*, **75** (1996) 1175
- [7]. ANA B. GARCIA, M. ROSA MARTINEZ-TARAZONA and JOSE M. G. VEGA, Cleaning of Spanish High-Rank Coals by Agglomeration With Vegetable Oil, *Journal of Fuel*, **75** (1996) 885
- [8]. M. I. ALONSO, A. F. VALDES, R. M. MARTINEZ-TARAZONA, A. B. GARCIA, Coal Recovery From Fines Cleanig Wastes by Agglomeration With Colza Oil: a Contribution to the Environment and Energy Preservation, *Journal of Fuel*, **81** (2002) 85
- [9]. ADOLFO F. VALDES, ANA B. GARCIA, On the Utilization of Waste Vegetable Oils (WVO) as Agglomerants to Recover Coal From Coal Fines Cleaning Wastes (CFCW), *Journal of Fuel*, **85** (2006) 607
- [10]. NERMIN GENGE, Coal Recovery From Bituminous Coal by Aggloflotation With Petroleum Oils, *Journal of Fuel*, **85** (2006) 1138
- [11]. D.G. OSBORNE, *Coal Preparation Technology, Vol. 1*, Graham dan Trotman Ltd, London (1988).
- [12]. DASRIL SAJOETI, Studi Penggunaan Minyak Kelapa Sawit sebagai Bahan Bakar Alternatif Motor Diesel, *Fakultas Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor*, (1991)
- [13]. D.W.VAN KREVELEN, *COAL - Typology - Physics - Chmeistry - Constitution*, Third edition, Elsevier, Amsterdam (1993)
- [14]. LINDA PULUNGAN DAN HILYATI MANAN, Pemantauan Kualitas Batubara dengan Metode Pencucian, *Jurnal Tambang Unisba*, **01-02** (2002-2003) 87