PROSES PENINGKATAN NILAI KALOR BATUBARA LIGNIT SAMARINDA MELALUI PENAMBAHAN ADITIF *LOW WAX SULFUR RESIDU* DAN PERLAKUAN TEMPERATUR PADA TEKANAN ATMOSFER

THE CALORIFIC VALUE UPGRADING OF SAMARINDA BROWN COAL THROUGH THE ADDITION OF LOW WAX SULFUR RESIDU AND DIFFERENT TEMPERATURE TREATMENT UNDER ATMOSPHERIC PRESSURE

Marinda Rahim, Nur Wana B.Z

Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda
Jalan Ciptomangunkusumo Kampus Gunung Lipan Samarinda
Email : rahimmarinda@yahoo.com

Naskah diterima 3 November 2012, disetujui 29 Mei 2012

ABSTRAK

Peningkatan nilai kalor batubara lignit melalui teknik *upgrading brown coal* (UBC) umumnya dilakukan dengan pemanasan pada temperatur 150°C-160°C dan tekanan 350 kPa, dimana sebelumnya batubara yang akan diolah dicampur dengan bahan aditif berupa *low sulfur wax residue* (LSWR) yang dilarutkan dalam kerosin. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur pemanasan dalam proses UBC yang dilakukan pada tekanan atmosfer sehingga dapat meningkatkan nilai kalor batubara lignit. 1 gram batubara lignit dicampur dengan 0,5 mL LSWR yang dilarutkan dalam kerosin. Campuran kemudian dipanaskan di dalam oven selama 1 jam dengan variasi temperatur 100°C, 125°C, 150°C, 175°C, dan 200°C. Penelitian ini telah menunjukkan proses pemanasan pada temperatur 175°C menghasilkan batubara dengan peningkatan nilai kalor tertinggi yaitu sebesar 52,4% dengan karakteristik batubara yang dihasilkan adalah nilai kalor 5482 kal/g, kandungan air 3,138%, abu 6,009%, *volatile matter* 66,288%, dan *fixed carbon* 24,565%.

Kata kunci : batubara, lignit, nilai kalor, Samarinda, *upgrading brown coal* (UBC)

ABSTRACT

The increasing calorific value of brown coal using upgrading brown coal (UBC) method is generally conducted by heating it at the temperature of 150°C-160°C and the pressure of 350 kPa, in which the coal about to be processed is previously mixed with low sulfur wax residue (LSWR) as an additive substance diluted with kerosin. This research was aimed to know the effect of the heat temperature in UBC process which was done at the atmospheric pressure to increase the calorific value of the brown coal. One gram of brown coal was mixed with 0.5 mL LSWR dissolved in kerosin. The mixture was then heated using oven heater for 1 hour with the temperature variation of 100°C, 125°C, 150°C, 175°C, and 200°C. The results of the research show that the heating process at the temperature of 175°C produced coal with the highest increase caloric value e.g. 52,4%. The coal characteristic produced calorific value was 5482 cal/g, water content was 3.138%, ash content was 6.009%, volatile matter was 66.288%, and fixed carbon was 24.565%.

Keywords : calorific value, coal, lignite, Samarinda, *upgrading brown coal* (UBC)

PENDAHULUAN

Batubara adalah salah satu bahan bakar fosil. Pengertian umumnya adalah batuan sedimen yang dapat terbakar, terbentuk dari endapan organik, utamanya adalah sisa-sisa tumbuhan dan terbentuk melalui proses pembatubaraan. Unsur-unsur utamanya terdiri dari karbon, hidrogen dan oksigen.

Konsumsi batubara sebagai salah satu sumber energi di Indonesia terus meningkat seiring dengan pesatnya pembangunan nasional dan berdampak pada bertambahnya penggunaan energi.

Di sisi lain Kalimantan Timur (Kaltim) memiliki potensi batubara yang cukup besar. Potensi batubara di Kaltim saat ini diperkirakan sekitar 19,567 triliun ton dengan cadangan batubara mencapai 2,410 triliun ton. Sementara produksi penambangan batubara di Kaltim pada tahun 2009 mencapai 123.256.163 ton (BPS Kaltim, 2010).

Sebenarnya tidak semua potensi batubara tersebut merupakan batu bara kualitas tinggi. Menurut laporan *British Petroleum (BP) Statistical Review of World Energy* (2011), persentase antara batubara kualitas tinggi dengan batubara muda di Indonesia masing – masing adalah 27,50% dan 72,50%. Secara umum, yang dimaksud batubara kualitas tinggi terdiri dari bituminus dan antrasit, sedangkan batubara muda terdiri dari sub-bituminus dan terutama lignit.

Penggunaan lignit kurang disukai dan terbatas dibandingkan dengan jenis batubara bituminous atau antrasit karena karakteristiknya yang berkadar air tinggi dan bernilai kalor rendah. Selain menyebabkan efisiensi pembakaran yang rendah, keadaan ini akan mengakibatkan biaya angkut per kalorinya menjadi tinggi. Oleh karena itu dari segi penanganan, misalnya pengangkutan jarak jauh maupun penyimpanan dalam jangka waktu lama, batubara lignit kurang memiliki nilai ekonomis.

Dengan semakin berkurangnya cadangan batubara bituminus dan dengan cadangan batubara muda yang melimpah, maka upaya pemanfaatan batubara muda perlu mendapat perhatian yang lebih serius.

Secara umum batubara digolongkan menjadi lima tingkatan, dari tingkatan paling rendah sampai paling tinggi, yaitu : **Gambut (Peat)**, golongan ini sebenarnya belum termasuk jenis batubara, tapi merupakan bahan bakar. Hal ini karena gambut masih merupakan fase awal dari proses pembentukan batubara. Endapan ini masih memperlihatkan sifat asal dari bahan dasarnya (tumbuh-tumbuhan); **Lignite (brown coal)**, warna hitam kecoklatan, sangat rapuh, kandungan karbon rendah, nilai kalor rendah (< 5100 kal/g), kandungan air dan abu tinggi. Batubara lignit termasuk dalam batubara tingkat rendah (*low rank*); **Sub bituminous coal**, merupakan transisi antara lignit dan *bituminous*. Berwarna hitam gelap, kandungan airnya mencapai 40%, dan mempunyai nilai kalor yaitu 5100-6100 kal/g. Batubara *sub bituminous* termasuk dalam batubara tingkat rendah (*low rank*); **Bituminous coal**, berwarna hitam mengkilat, kurang kompak, kandungan abu dan air relatif rendah (5%-10%), nilai kalor antara 6100-7100 kal/g, kandungan karbon tinggi, kandungan sulfur sedikit, dan tidak higroskopis. Batubara *bituminous* termasuk dalam batubara tingkat menengah (*moderate rank*); **Anthracite**, warna hitam metalik, sangat mengkilat, kompak, memiliki berat jenis tinggi, kandungan karbon sangat tinggi, nilai kalor paling tinggi, kandungan air sangat sedikit, kandungan abu sangat sedikit, kandungan sulfur sangat sedikit, *volatile matter* rendah, tidak higroskopis, bila dibakar hampir seluruhnya habis terbakar tanpa timbul nyala, dan nilai kalornya berkisar pada nilai > 7100 kal/g. Batubara *anthracite* termasuk

dalam batubara tingkat tinggi (*high rank*). (Sukandarumidi, 2006)

Upaya pemanfaatan batubara muda secara efektif telah dipecahkan dengan ditemukannya teknologi baru dari Jepang yang disebut dengan *Upgrading Brown Coal* (UBC) (Deguchi dkk., 1999; Shigehisa dkk., 2000). Proses ini dirancang khusus untuk menghasilkan produk batubara dengan nilai kalor hingga 6000-6500 kal/g dari batubara peringkat rendah yang semula nilai kalornya hanya 3500-4500 kal/g, melalui teknik pengurangan kandungan air.

UBC adalah teknik memanaskan dan membuang air (*dewatering*) pada batubara di dalam media minyak ringan (*light oil*), dan bersamaan dengan itu mengabsorpsikan minyak berat (*heavy oil*) seperti aspal secara selektif ke dalam pori-pori batubara sehingga dapat menutupi permukaan batubara. Minyak berat tadi sebelumnya ditambahkan dalam jumlah sedikit ke dalam media minyak ringan, kurang lebih 0,5%. Minyak berat berfungsi sebagai zat aditif sehingga melalui pemrosesan di dalam media minyak ini, tidak hanya kalorinya yang naik, tapi muncul pula sifat anti air (*water-repellent characteristic*) dan penurunan kecenderungan swabakar (*lower spontaneous combustion propensity*) pada produk yang dihasilkannya (Budiharjo, 2009).

Beberapa jenis zat aditif yang dapat digunakan antara lain seperti kanji, tetes tebu (*mollase*), slope pekat (*fuse oil*), minyak residu, dan lain-lain. Namun, zat aditif yang lebih disarankan dalam proses UBC adalah *low sulfur wax residue* (LSWR) yang merupakan senyawa organik yang beberapa sifat kimianya mempunyai kesamaan dengan batubara. Dengan kesamaan sifat kimia tersebut, residu yang masuk kedalam pori-pori batubara akan kering kemudian bersatu dengan batubara. Lapisan minyak ini cukup kuat dan dapat menempel pada waktu yang cukup lama sehingga batubara dapat disimpan di tempat terbuka untuk

jangka waktu yang cukup lama (Couch, 1990).

Datin dkk. (2010) telah melakukan penelitian untuk membandingkan berbagai teknik peningkatan (*upgrading*). Hasil penelitian Datin dkk. menunjukkan bahwa teknik UBC memang menghasilkan batubara dengan penurunan kandungan air dan peningkatan kalor paling rendah dibandingkan dengan teknik *hot water drying* (HWD) atau *steam drying* (SD). Namun demikian, dibandingkan dengan teknologi HWD atau SD yang dilakukan pada temperatur diatas 275°C dan tekanan yang cukup tinggi 5.500 kPa, proses UBC relatif lebih sederhana dan dapat dilakukan pada temperatur dan tekanan lebih rendah (temperatur antara 150°-160°C, tekanan 350 kPa) (Ashfahani, 2008).

Rijwan dkk. telah melakukan penelitian proses UBC berskala *pilot plant* terhadap batubara lignit daerah Pasir-Kalimantan Timur. Proses yang dilakukan pada tekanan 200kPa dan temperatur 150°C mampu meningkatkan nilai kalor dari 5.431 kal/g menjadi 6.443 kal/g.

Proses UBC yang dilakukan dalam penelitian ini pada prinsipnya dilakukan untuk merubah tekanan proses yang semula 350 kPa menjadi tekanan atmosfer. Upaya ini dilakukan untuk mengatasi kendala pada perancangan peralatan proses yang relatif lebih sukar jika dilakukan pada tekanan tinggi. Perubahan tekanan akan berdampak pada temperatur, sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur dalam proses UBC yang dilakukan pada tekanan atmosfer agar dapat meningkatkan nilai kalor batubara lignit menjadi batubara yang memiliki nilai kalor lebih tinggi. Variasi temperatur yang dilakukan dalam penelitian ini adalah 100°C, 125°C, 150°C, 175°C, dan 200°C.

METODOLOGI

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel batubara lignit (diambil dari PT. Mitra Nasional Pratama, Loa Bakung), *low sulfur wax residue* (LSWR), dan *kerosin*. Sedangkan untuk proses pemanasan digunakan oven tipe memmert UNB 200 yang temperatur dan waktunya dapat diatur. Peralatan lain sebagai penunjang adalah neraca analitik digital-Ohaus 0,0001 g, *furnace* Wisetherm tipe FH-03, ayakan standar-*U.S.A Standard Test Sieve* (ASTM E11), pipet volum 5 mL, *crusher*, desikator, cawan porselin, dan cawan *crucible*.

Metode

Sebelum mengalami perlakuan UBC, sampel lignit tersebut dianalisa secara proximate yang meliputi parameter kandungan air (%M) yang dianalisa dengan metode ASTM D-3173, kandungan abu (%A) dianalisa dengan metode ASTM D-3174, kandungan *volatie matter* (%VM) dianalisa dengan metode ASTM D-

3175), kandungan *fixed carbon* (%C) yang dihitung dengan rumus $\%C = 100\% - \%M - \%A - \%VM$, nilai kalor dianalisa dengan metode ASTM D-5865-10a menggunakan peralatan Parr 6200 *calorimeter*.

Sampel batubara lignit dihaluskan dan diayak untuk mendapatkan ukuran seragam ± 10 mesh. Proses UBC dilakukan dengan mencampurkan sampel 1 gram lignit dengan 0,5 mL bahan aditif (campuran LSWR-kerosin). Campuran tersebut diletakkan dalam cawan porselin, kemudian dipanaskan dalam oven pada temperatur 100°C selama 1 jam. Agar tekanan oven berada pada keadaan atmosfer tombol pengatur udara (*air valve*) di atur pada bukaan maksimal. Setelah dipanaskan sampel didinginkan dalam desikator dan selanjutnya karakteristik batubara dianalisa seperti analisa karakteristik batubara sebelum perlakuan UBC. Proses UBC dilakukan untuk variasi temperatur yang lain yaitu, 125°C, 150°C, 175°C, dan 200°C.

Berikut disajikan diagram alir proses penelitian sebagaimana pada Gambar I.

Gambar 1. Diagram alir proses penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisa Awal Batubara Lignit

Pada Tabel 1. dapat dilihat bahwa karakteristik batubara sebelum mengalami proses UBC termasuk dalam

kategori lignit karena nilai kalor yang dimiliki hanya 3.597 kal/g (kurang dari 5100 kal/g) dan kandungan air relatif tinggi mencapai 25,90% serta kandungan *fixed carbon* yang rendah hanya mencapai 1,312 %.

Tabel 1. Karakteristik Batubara Lignit Sebelum Pemanasan

Parameter (adb)	Nilai
Kandungan air (%M)	25,907 $\pm$ 0,524
Kandungan abu (%A)	11,374 $\pm$ 0,289
Kandungan <i>volatile matter</i> (%VM)	61,407 $\pm$ 0,535
Kandungan <i>fixed carbon</i> (%C)	1,312 $\pm$ 0,122
Nilai Kalor (kal/g)	3.597,01 $\pm$ 3,12

Hasil Analisa Batubara Setelah Proses UBC

Proses UBC yang dilakukan terhadap batubara lignit telah merubah

karateristik batubara tersebut seperti dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2. Karakteristik Batubara Lignit Setelah Prosesn UBC pada Berbagai Temperatur Pemanasan

Parameter (adb)	Nilai pada Berbagai Temperatur				
	100°C	125°C	150°C	175°C	200°C
Kandungan air(%M)	18,170	18,008	16,898	3,138	5,168
Kandungan abu (%A)	10,796	9,405	7,266	6,009	5,857
Kandungan <i>volatile matter</i> (%VM)	62,376	63,327	65,101	66,288	69,564
Kandungan <i>fixed carbon</i> (%C)	8,658	9,259	10,735	24,565	19,410
Nilai Kalor (kal/g)	4.827,16	5.123,00	5.428,00	5.482,00	5.115,87

Gambar 2. Hubungan temperatur terhadap nilai parameter

Gambar 3. Diagram persen peningkatan nilai kalor

Dari hasil penelitian pada Tabel 2. dapat dilihat bahwa semakin tinggi temperatur pemanasan, maka kandungan air semakin kecil hingga temperatur 175°C. Hal tersebut dikarenakan semakin tinggi temperatur, maka semakin banyak air yang dapat diuapkan dari pori batubara. Namun pada temperatur 200°C kandungan air kembali bertambah. Pemanasan pada temperatur 200°C merupakan tahap dimulainya dekomposisi aktif batubara yang menyebabkan terjadinya penguraian selulosa secara intensif hingga menghasilkan gas seperti CO, CO₂ dan sedikit air akibat terlepasnya air yang terikat secara kimia dalam batubara (Girard, 1992). Dengan demikian kandungan air dapat sedikit meningkat kembali.

Kandungan *fixed carbon* akan semakin tinggi jika temperatur pemanasan ditingkatkan hingga 175°C. Perubahan nilai *fixed carbon* dalam proses ini bukan dikarenakan terjadinya perubahan jumlah *fixed carbon* itu sendiri, tetapi lebih disebabkan karena perubahan kandungan *volatile matter*, kandungan abu, dan kandungan air. Dalam Tabel 2., terlihat bahwa penambahan *fixed carbon* sangat dipengaruhi oleh penurunan kandungan air hingga pemanasan pada temperatur 175°C. Turunnya kembali kandungan

fixed carbon pada pemanasan 200°C disebabkan karena kandungan air pada batubara meningkat kembali. Disamping itu terjadi penguraian selulosa seperti telah dijelaskan di atas.

Kandungan air dan *fixed carbon* merupakan faktor yang sangat menentukan nilai kalor batubara. Hasil pada Tabel 2. memperlihatkan bahwa semakin tinggi temperatur pemanasan, maka nilai kalor dari batubara akan semakin tinggi dan puncaknya terjadi pada temperatur 175°C. Hal tersebut disebabkan kandungan air yang semakin rendah diikuti dengan kandungan *fixed carbon* yang semakin tinggi. Dengan berkurangnya kandungan air maka panas yang dihasilkan tidak banyak terbuang untuk menguapkan air yang terdapat dalam batubara karena penguapan air dalam batubara bersifat endotermis. Nilai kalor batubara yang dipanaskan pada temperatur 200°C tidak setinggi pada 175°C, hal tersebut disebabkan karena naiknya kembali kandungan air dan menurunnya kembali nilai *fixed carbon*. Disamping itu dekomposisi aktif batubara yang dimulai pada temperatur 200°C menyebabkan sebagian material batubara mulai mengalami tahap pirolisis. Proses pirolisis merupakan proses dekomposisi kimia bahan organik melalui proses pemanasan

tanpa kehadiran oksigen. Proses ini menyebabkan sebagian material organik batubara mengalami pemecahan struktur kimia menghasilkan arang dan gas-gas seperti CO, CO₂, H₂, dan gas organik. Dengan demikian material organik yang berpotensi untuk menghasilkan kalor akan berkurang.

Walaupun kandungan *volatile matter* setelah mengalami proses pemanasan tidak terlalu berbeda jauh dengan kandungan *volatile matter* batubara awal, namun terlihat adanya pola kenaikan kandungan *volatile matter*. Hal tersebut dikarenakan pada proses *upgrading* dilakukan penambahan bahan aditif berupa *low sulfur wax residue* (LSWR) yang dilarutkan dalam kerosin. LSWR akan teradsorpsi ke dalam pori-pori batubara sehingga partikel batubara terlapisi oleh aditif. LSWR mengandung bitumen yang meliputi cakupan produk yang dihasilkan dari *crude oil* dan terdiri atas molekul bertipe hidrokarbon dan bersifat lebih termoplastik. Penambahan LSWR dapat meningkatkan kandungan *volatile matter* yang nilainya ditentukan dengan cara pemanasan pada temperatur 950°C, dimana pada temperatur tersebut terjadi pelepasan gas metana akibat pemecahan struktur molekul alifatik suatu material secara termal.

Kandungan abu pada lignit mengindikasikan jumlah kandungan bahan mineral seperti Al, Ca, Si, Mg, S, yang terikat dalam struktur batubara sebagai mineral organik, maupun dalam bentuk mineral anorganik. Kandungan abu juga dipengaruhi oleh pengotor dari operasi penambangan. Hasil penelitian menunjukkan kandungan abu akan semakin berkurang dengan bertambah tingginya temperatur pemanasan. Hal ini disebabkan oleh menguapnya air dan karbondioksida yang semula terikat dalam senyawa karbonat dan terjadinya pembentukan sulfur dioksida. Selain itu, penambahan kerosin dapat melarutkan pengotor dari luar yang ada dalam batubara sehingga kandungan abu cenderung menurun.

Proses UBC yang dilakukan pada tekanan atmosfer menghasilkan batubara terbaik pada temperatur pemanasan 175°C. Dikarenakan pada temperatur tersebut dihasilkan batubara dengan kandungan air paling rendah dan nilai kalor paling tinggi sehingga batubara mengalami kenaikan kalor sebesar 52,4% dibandingkan dengan nilai kalor batubara awal (Gambar 3.). Hal ini mampu meningkatkan *range* batubara dari kelas lignit menjadi kelas *sub bituminous* yang memiliki nilai kalor 5100-6100 kal/g.

Penelitian yang telah dilakukan Rijwan dkk. (2006) telah mampu meningkatkan nilai kalor batubara lignit dari daerah Pasir-Kalimantan Timur dari semula 5.431 kal/g menjadi 6.443 kal/g (adb). Namun demikian terdapat dua perbedaan proses yang mendasar dalam perlakuan UBC yang dilakukan oleh Rijwan dkk., dengan yang dilakukan dalam penelitian ini. Perbedaan pertama adalah kondisi operasi pada proses penghilangan kandungan air yang digunakan oleh Rijwan dkk. yaitu pada tekanan 200 kPa dan temperatur 150°C, sedangkan pada penelitian ini penghilangan kandungan air dilakukan pada tekanan atmosfer dan temperatur terbaik 175°C. Perbedaan kedua adalah, Rijwan dkk. mencampur batubara lignit dengan bahan aditif sehingga membentuk *slurry*. Hal ini memerlukan proses tambahan yaitu pemisahan sisa aditif dengan batubara lignit yang dilanjutkan dengan proses pengeringan. Dalam penelitian ini 1 gram batubara lignit dicampur dengan 0,5 mL bahan aditif sehingga tidak membentuk *slurry* dan batubara akan kering secara langsung bersamaan dengan proses penghilangan kandungan air.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi temperatur pemanasan pada proses UBC bertekanan atmosfer, akan dihasilkan batubara dengan nilai kalor yang semakin

tinggi hingga temperatur pemanasan 175°C. Kondisi proses UBC pada tekanan atmosfer dan temperatur 175°C menghasilkan batubara dengan karakteristik sebagai berikut : nilai kalor 5482 kal/g, kandungan air 3,138%, kandungan abu 6,009%, kandungan *volatile matter* 66,288%, dan kandungan *fixed carbon* 24,565%. Proses ini mampu meningkatkan nilai kalor batubara sebesar 52,4%.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashfahani, A.S. 2008. Teknologi upgraded brown coal (UBC) untuk meningkatkan kualitas batubara kalori rendah. <http://www.kamase.org/?p=588>. (7 Desember 2010).
- Budiharjo, I. 2009. Teknologi UBC-menggoreng batubara. <http://imambudiharjo.wordpress.com> (11 Juli 2011).
- Couch, G. R. 1990. Lignite Upgrading. IEA Coal Research. London. UK.
- Umar, D. F. 2010. Pengaruh proses *upgrading* terhadap kualitas batubara Bunyu, Kalimantan Timur. Prosiding Seminar Rekayasa Kimia dan Proses. ISSN:1411-4216. Jurusan Teknik Kimia. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro. Semarang. hal. D-03-1 – D-03-11
- Deguchi, T., Shigehisa, T., and Shimasaki, K. 1999. Study on upgraded brown coal process for Indonesian low rank coals. Proc. International Conference on Clean and Efficient Coal Technology, in Power Generation, Indonesia
- Girard, J.P. 1992. Smoking in Technology of Meat Product. Clermont Ferrand. Ellis Horwood, New York.
- Muchjidin. 2006. Pengendalian Mutu dalam Industri Batubara. Penerbit ITB. Bandung.
- Rijwan, I. dan Daulay, B. 2006. Unjuk kerja pilot plant UBC terhadap batubara Pasir, Kalimantan Timur. Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara. Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara. Bandung. Nomor 37. Tahun 14. Bulan Mei. hal. 10-17.
- Shigehisa, T., Douche, T., Shimasaki, K., and Makino, E. 2000. Development of UBC process, Proc. International Conference on Fluid and Thermal Energy Conversion. Indonesia.
- Sukandarrumidi. 2006. Batubara dan Pemanfaatannya. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Anonim, 2011. BP Statistical Review of World Energy June 2011. http://www.bp.com/assets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2011/STAGING/local_assets/pdf/statistical_review_of_world_energy_full_report_2011.pdf. (2 Juli 2011).
- Anonim, 2003. Peningkatan kualitas batubara Indonesia berkadar rendah. Upgrading-Indonesian low grade coal. . (07 Desember 2010).
- Anonim, 2011. <http://kalim.bps.go.id> (19 April 2011).