PEMANFAATAN BATUBARA KOTOR (DIRTY COAL) MENJADI KARBON AKTIF

Haspiadi

Balai Riset dan Standardisasi Industri Samarinda

ABSTRACT

Research on activated carbon production from dirty coal with chemical process has been done. This research was investigated the effect of concentration of phosphoric acid as the activator on characteristics the product. Activated carbon was produced by activation of dirty coal for 2 hours at 800 °C. Chemical activation was done using phosphoric acid solution at various concentration: 15 %, 20%, 25 %, and 30 % for 24 hours and 0 % as control.

The best quality of activated carbon was obtained from activated carbon using 25 % phosphoric acid. At this condition the produced activated carbon has characteristics of 1,87 % moisture content, 13,41 % ash content and adsorptive capacity of iodine 804,56 mg/g. This adsorptive capacity fulfill of the requirements of National Standard of Indonesia for Technical Activated Carbon (SNI 06-3730-1995).

Keywords : dirty coal, activated carbon, iodine, phosphoric acid, activations

PENDAHULUAN

Kegiatan pertambangan batubara selain menghasilkan batubara sebagai produk utama juga menghasilkan limbah baik cair maupun padat (Non Product Output) yang dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan. Khusus limbah padat berupa batubara halus dan batubara kotor bila masuk ke dalam badan perairan dapat menyebabkan terjadinya sedimentasi yang pada akhirnya dapat merusak ekosistem perairan.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh JICA dan Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (sumber: Harian Tribun Samarinda 30 Januari 2007) menyebutkan bahwa 600.000 ton per tahun batubara kotor terbuang masuk ke dalam sungai sebagai hasil samping kegiatan pertambangan batubara. Sejalan dengan dibukanya tambang-tambang baru maka kedepannya bisa mencapai 1 juta ton per tahun, dan bila tidak dikelola dengan baik akan memberikan dampak yang sangat serius bagi lingkungan hidup yang berakhir dengan penutupan tambang itu sendiri.

Bila dilihat dari aspek kuantitas limbah kegiatan pertambangan batubara, khususnya limbah padat berupa batubara kotor memiliki potensi yang cukup besar untuk dimanfaatkan sebagai sumber bahan bakar atau bahan baku bagi industri. Salah satunya dapat dimanfaatkan

sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif mengingat kebutuhan domestik karbon aktif untuk industri dalam negeri masih diimpor dengan kebutuhan pertahunnya 2,5 ton (Ningrum, 2000)

Dasar hukum utama yang diacu untuk pemanfaatan limbah batu bara sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif adalah Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 02 Tahun 2008 tentang Pemanfaatan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. Pada peraturan tersebut dijelaskan bahwa pemanfaatan limbah B3 dapat dilakukan dengan cara reuse, recycle dan recovery dengan mengutamakan perlindungan terhadap kesehatan dan keselamatan manusia serta perlindungan kelestarian lingkungan hidup dengan menerapkan prinsip kehati-hatian (Pasal 2). Salah satu prioritas pemanfaatan limbah adalah untuk dijadikan substitusi bahan (Pasal 3). Pemanfaatan limbah B3 sebagai substitusi bahan adalah kadar salah satu dan/atau komponennya dapat berfungsi sebagai bahan dan memenuhi persyaratan teknis untuk dilakukan recycle dan/atau recovery. Produk akhir hasil pemanfaatan limbah B3 harus memenuhi SNI atau standar lain yang setara (Pasal 6).

Karbon aktif merupakan karbon amorf yang mempunyai luas permukaan dan volume internal besar, sehingga sangat efektif sebagai bahan penyerap. Karbon aktif banyak dibutuhkan karena sifat fisik dan ukurannya dapat diatur

sesuai dengan kebutuhan melalui pemilihan bahan baku, metode aktivasi dan pengontrolan kondisi proses (Suprpto. 2008)

Batubara kotor dari beberapa tambang di Kabupaten Kutai Kartanegara memiliki potensi kandungan karbon yang cukup tinggi, yaitu sebesar 40 s/d 80 % yang merupakan salah satu persyaratan bahan baku karbon aktif (Haspiadi dan Huda N., 2008). Berdasarkan potensi dan karakteristik batubara kotor tersebut dilakukan penelitian untuk pemanfaatan sebagai karbon aktif dengan proses kimia menggunakan aktivator asam fosfat (H_3PO_4). Hasil penelitian ini diharapkan bahwa karbon aktif yang dihasilkan dapat memenuhi syarat mutu sesuai SNI 06-3730-1995, Arang Aktif Teknis, sehingga dapat memberikan nilai tambah batubara kotor dan terutama dapat mencegah dampak lingkungan yang ditimbulkannya.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: batubara kotor (dirty coal) dari salah satu tambang batubara di Kabupaten Kutai Kartanegara, asam fosfat (H_3PO_4) asam sulfat (H_2SO_4), iodium (I_2), sodium tiosulfat ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$), indikator amilum, aquadest, kertas saring whatman No. 41.

Peralatan terdiri dari: pipet tetes berskala, pipet ukur 10 mL, erlenmeyer 100 mL, labu ukur 1000 mL, buret 25 mL, labu semprot, cawan porselen 25 mL, cawan porselen 125 mL, botol timbang, lumpang porselen, tanur, crusher, timbangan analitik, pH-meter, oven, sarung tangan tahan panas dan masker.

Metode

Penelitian dilakukan dengan tahapan, yang dapat dilihat pada Gambar 1. Diagram Alir Proses Pembuatan Karbon Aktif, dengan rincian sebagai berikut :

1. Pengambilan sampel dilakukan di salah satu areal pertambangan batubara di Kabupaten Kutai Kartanegara. Preparasi Batubara dilakukan dengan cara sampel dikeringkan pada kondisi ruang, kemudian dicampur sampai homogen dan dihancurkan hingga

diameter butiran lolos ayakan 75 μ m atau setara 245 mesh.

2. Sebelum diolah untuk karbon aktif, dilakukan pengujian Karakterisasi batu bara kotor terhadap parameter kadar karbon dengan metode uji sesuai ASTM D5373-08, dengan cara *combustion tube furnace* dan analisa proksimat meliputi kadar abu sesuai ASTM D3174-04 serta zat terbang sesuai ASTM D3173-02.

3. Penetapan suhu optimal karbonisasi

Tahap ini dilakukan untuk menetapkan suhu karbonisasi yang optimal menggunakan asam fosfat (H_3PO_4) 30 % (berdasarkan konsentrasi aktivator larutan asam yang umum digunakan pada pembuatan arang aktif tempurung kelapa) dengan suhu bervariasi dari 200 °C, 300 °C, 400°C, 500°C, 600°C, 700°C dan 800°C menggunakan batubara kotor yang telah dipreparasi berdiameter butiran lolos ayakan 75 μ m atau setara 245 mesh dengan tahapan sebagai berikut :

- a. Rendam dalam larutan aktivator H_3PO_4 30 % selama 24 jam dengan rasio 500 g batubara kotor : 1 liter larutan aktivator dan ditiriskan
- b. Karbonisasi dalam reaktor tanpa oksigen pada suhu 200 °C, 300 °C, 400°C, 500°C, 600°C, 700°C dan 800°C selama 2 jam.
- c. Hasil karbonisasi dicuci dengan air hingga pH air cucian mencapai $pH \pm 7$ (netral) dan dikeringkan pada suhu ± 150 °C selama kurang lebih 1 jam.
- d. Uji daya serap terhadap iod (I_2),
- e. Evaluasi suhu optimal karbonisasi, selanjutnya suhu tersebut digunakan untuk penetapan konsentrasi aktivator.

4. Penetapan konsentrasi aktivator

Penetapan konsentrasi aktivator asam fosfat dilakukan dengan variasi konsentrasi 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 % dan 0 % sebagai kontrol, menggunakan batubara yang telah dipreparasi dengan tahapan sebagai berikut :

- a. Rendam dengan larutan aktivator H_3PO_4 dengan konsentrasi 15 %, 20 %, 25 %

dan 30 % selama 24 jam dengan rasio 500 g : 1 Liter larutan aktivator dan ditiriskan. Lakukan percobaan tanpa aktivator sebagai kontrol.

- b. Karbonisasi dalam reaktor tanpa oksigen pada suhu 800°C (suhu karbonisasi optimal yang diperoleh pada tahap awal) selama 2 jam.
- c. Karbon aktif hasil karbonisasi dicuci dengan aquadest sampai pH netral (± 7) dan dikeringkan pada suhu $\pm 150^{\circ}\text{C}$

- d. Karbon aktif yang dihasilkan diuji terhadap parameter nilai serapan iod; kadar air dan kadar abu sesuai dengan SNI 06-3730-1995, Arang Aktif Teknis.

5. Pengujian mutu karbon aktif

Pengujian karbon aktif dilakukan sesuai dengan SNI 06-3730-1995, tentang *Syarat Mutu Arang Aktif Teknis* yang meliputi parameter : kadar air, kadar abu dan daya serap iodium (I_2).

Gambar 1. Diagram alir Proses Pembuatan Karbon Aktif

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil uji proksimat batubara kotor yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai kadar karbon sebesar 76,74 %, secara umum komposisi ideal bahan baku karbon aktif mengandung kadar karbon sekitar 70 - 80 %

(Suprpto,2008), sehingga batubara kotor yang digunakan ideal untuk dijadikan sebagai karbon aktif. Bahkan bila dibandingkan dengan kandungan karbon dari tempurung kelapa hanya sebesar 40 - 45 % dan dari jenis kayu keras sebesar 40 - 42 %. Disamping itu kadar karbon batu bara kotor masih dalam kisaran batubara kasar sebesar 70 -

75 % dan batubara jenis lignit 55 - 70 % (Chand., et.al. 1988).

Kecenderungan yang sama menunjukkan bahwa kadar abu dan zat terbang batubara kotor telah memenuhi persyaratan yang digunakan untuk bahan baku karbon aktif di industri. Hasil uji kadar abu sebesar 10,95 %, sedangkan komposisi ideal berkisar 2 - 15 % (Chand., et.al. (1988). Zat terbang sebesar 17,5 %, sedangkan komposisi ideal berkisar antara 15 - 20 %, bahkan untuk jenis bahan baku karbon aktif dari

batubara jenis *soft coal* sendiri sebesar 20 - 30 % dan jenis lignit 25 - 40 %.

Pengaruh Suhu Optimal Karbonisasi

Penetapan suhu optimal karbonisasi dilakukan dari suhu 200 °C, 300 °C, 400 °C, 500 °C, 600 °C, 700 °C dan 800 °C menggunakan aktivator asam fosfat dengan konsentrasi 30 %. Daya serap karbon aktif terhadap iod pada masing-masing suhu dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Daya Serap Karbon Aktif terhadap Iod (I_2)

Suhu (°C)	Nilai Serapan Terhadap Iod (mg/g)
200	483,152a
300	530,857b
400	539,626c
500	642,850d
600	695,850e
700	677,348f
800	842,230g

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti berbeda tidak nyata (5 %) dan berbeda sangat tidak nyata (1 %)

Nilai rata-rata serapan karbon aktif terhadap larutan iod (I_2) meningkat seiring dengan kenaikan suhu karbonisasi, walaupun pada suhu

700 °C terjadi penurunan yang dapat disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya kestabilan suhu karbonisasi, sebagaimana Gambar 2.

Gambar 2. Grafik Suhu Karbonisasi Terhadap Nilai Serapan Karbon Aktif

Berdasarkan uji BNT baik taraf 5% maupun 1 % menunjukkan pengaruh suhu terhadap daya serap iod (I_2) berbeda nyata pada setiap perbedaan suhu karbonisasi. Kenaikan nilai serapan karbon aktif terhadap iod dapat disebabkan oleh suhu dekomposisi. Pada suhu yang tinggi tanpa kontak dengan udara terjadi dekomposisi batubara melepaskan senyawa-senyawa gas dan cairan keluar dari pori-pori padatan karbon. Berdasarkan temperatur karbonisasi pada suhu rendah (450-700 °C) dikeluarkan senyawa-senyawa hidrokarbon berat atau ter dan gas sedangkan pada temperatur yang lebih tinggi gas yang keluar didominasi oleh gas hidrogen (H_2) dan karbon monoksida (Cuhadaroglu. 2008).

Penghilangan lapisan ter selain disebabkan suhu yang tinggi, juga disebabkan reaksi antara ter dengan aktivator pada suhu tinggi. Sedangkan pori-pori terbentuk karena adanya reaksi antara karbon dan aktivator. Agar jumlah aktivator yang terserap tinggi diperlukan pemanasan. Semakin banyak aktivator terserap oleh material maka semakin tinggi volume pori-pori material tersebut. Dalam proses ini dengan aktivator kimia, adsorpsi kimia bersifat tidak dapat balik dan memerlukan energi lebih besar untuk melepaskan adsorbat dari permukaan adsorben.

Bila dibandingkan dengan SNI 06-3730-1995, tentang *Syarat Mutu Arang Aktif Teknis*, nilai serapan karbon aktif terhadap iod minimal 750 mg iodin/g karbon aktif, maka suhu karbonisasi yang terbaik dari ketujuh suhu karbonisasi adalah 800 °C, yang menghasilkan nilai serapan karbon aktif terhadap iod sebesar 842,230 mg/g karbon aktif dan telah memenuhi syarat mutu minimal. Tahap selanjutnya karbonisasi dengan proses aktivasi digunakan suhu 800 °C dengan variasi konsentrasi aktivator asam fosfat (H_3PO_4) 0 % (sebagai kontrol), 15 %, 20 %, 25 % dan 30 %. Penetapan konsentrasi 30 % ke bawah bertujuan untuk mendapatkan konsentrasi terendah sehingga dapat menghemat bahan aktivator dengan hasil yang optimal berdasarkan syarat mutu arang aktif teknis.

Pengaruh Konsentrasi Aktivator Asam Fosfat

Pada tahapan ini dilakukan percobaan berdasarkan pada suhu optimal 800 °C, dengan variasi konsentrasi aktivator 0 %, 15 %, 20 %, 25 % dan 30 %. Perlakuan ini untuk mengetahui konsentrasi yang terbaik dengan indikator parameter serapan karbon aktif terhadap larutan iod (I_2), kadar air dan kadar abu sesuai SNI 06-3730-1995, tentang *Syarat Mutu Arang Aktif Teknis*. Karakteristik karbon aktif yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik Karbon Aktif yang diproduksi menggunakan aktivator asam fosfat

Konsentrasi H_3PO_4 (%) yang digunakan dalam proses produksi arang aktif	Daya serap terhadap larutan I_2 (mg/g)	Kadar air (%)	Kadar abu (%)
0	366,81 a	1,83	14,86
15	560,76 b	1,72	14,76
20	598,62 bc	1,94	15,04
25	804,56 d	1,87	13,41
30	940,02 e	1,95	13,19

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti berbeda tidak nyata (5 %) dan berbeda sangat tidak nyata (1 %.)

Nilai Serapan Karbon Aktif terhadap Iod

Data hasil uji nilai serapan karbon aktif terhadap larutan iodin (I_2) dari 5 (lima) perlakuan mengalami kenaikan dengan naiknya konsentrasi aktivator. Untuk konsentrasi 0 % sebagai kontrol dimana dilakukan tanpa adanya penggunaan aktivator nilai serapan karbon aktif sebesar 366,81

mg/g dan mengalami kenaikan setelah menggunakan aktivator 15 % asam fosfat menjadi 560,76 mg/g karbon aktif dan bahkan terus bertambah sampai konsentrasi aktivator tertinggi sebesar 30 % dalam penelitian ini nilai serapan naik sebesar 940,02 mg/g.

Kenaikan nilai serapan dapat disebabkan oleh konsentrasi dan jenis aktivator, dimana aktivator asam fosfat (H_3PO_4) berfungsi sebagai bahan *dehydrating agent* yang mempengaruhi dekomposisi pirolitik dan menghambat pembentukan ter (Chand., et.al. 1988). Demikian pula dengan jenis bahan baku sebagaimana dijelaskan oleh (Ningrum, 1976) bahwa sifat karbon aktif tergantung kepada bahan asal dan kondisi pada waktu pengaktifan dan jenis oksidator. Jadi dengan bahan asal yang sama akan menghasilkan sifat yang berbeda bila kondisi pengaktifannya berbeda.

Demikian pula kondisi pengaktifan yang sama akan menghasilkan sifat karbon aktif yang berbeda pula. Menurut Suprpto (2008), bahwa bahan baku karbon aktif yang ideal memiliki kandungan karbon 60 - 80 % bila dibandingkan dengan kadar karbon bahan baku batubara kotor cukup tinggi yaitu 76,74 %. Sehingga berpengaruh terhadap mutu karbon aktif khususnya yang digunakan dalam penelitian ini dengan kemampuan penyerapan sampai 940,02 mg iodin /g karbon aktif.

Selain itu pengaruh dari proses pengaktifan ini mengakibatkan karbon aktif akan mempunyai luas permukaan yang lebih besar yang berhubungan dengan struktur pori atau dengan kata lain bahwa karbon aktif tersebut mempunyai lubang pori-pori yang lebih banyak di mana hal ini akan memungkinkan untuk bertambahnya kapasitas adsorpsi dari karbon aktif itu sendiri. Untuk mengetahui bagaimana pengaruh penambahan aktivator terhadap nilai serapan maka dilakukan analisa sidik ragam perlakuan konsentrasi aktivator tersebut terhadap keaktifan karbon aktif dengan indikator nilai serapan terhadap iod. Analisa sidik ragam menunjukkan bahwa penggunaan asam fosfat berpengaruh sangat nyata dalam meningkatkan daya serap karbon aktif yang ditunjukkan dengan nilai F hitung lebih besar dari F tabel taraf 5 % dan 1 %. Pengaruhnya menonjol yang berarti dari salah satu perlakuan terdapat konsentrasi memiliki pengaruh yang sangat menonjol dibandingkan dengan perlakuan lainnya sehingga diperlukan pengujian beda nyata dengan uji BNT.

Hasil uji BNT mutu taraf uji 5 % pengaruh asam fosfat (H_3PO_4) terhadap keaktifan karbon aktif pada konsentrasi 25 % berbeda sangat nyata

dengan pengaruh asam fosfat pada konsentrasi 30 %, demikian pula dengan konsentrasi lainnya. Taraf uji 1 % pengaruh asam fosfat (H_3PO_4) terhadap keaktifan karbon aktif pada konsentrasi 25 % berbeda sangat nyata dengan pengaruh asam fosfat pada konsentrasi 30 %, demikian juga dengan pengaruh penggunaan asam fosfat sebagai zat pengaktif pada konsentrasi lainnya.

Berdasarkan uji BNT beberapa perlakuan terbaik adalah perlakuan dengan konsentrasi 25 % aktivator asam fosfat dengan nilai serapan karbon aktif sebesar 804,56 mg/g, demikian pula bila dibandingkan dengan SNI 06-3730-1995, tentang *Syarat Mutu Arang Aktif Teknis* karbon aktif yang mempersyaratkan nilai serapan terhadap iod minimal 750 mg/g telah memenuhi. Walaupun untuk konsentrasi 30 % dengan nilai 940,02 mg/g juga lebih dari 750 mg/g, tetapi karena diharapkan penggunaan aktivator dalam jumlah kecil maka yang dipilih untuk konsentrasi terbaik dalam penelitian ini berdasarkan daya serap iod (I_2) cukup dengan konsentrasi aktivator asam fosfat 25 %.

Kadar Air Karbon Aktif

Selain analisa nilai serapan karbon aktif terhadap iod, juga dilakukan analisa kadar air sebagai salah satu syarat mutu arang aktif teknis dengan cara gravimetri, sebagaimana disajikan pada Tabel 2. Menurut Ningrum, (1976) kadar air yang tinggi dalam karbon aktif akan mempengaruhi kemampuan penyerapan akibat tingkat kejenuhan. Kadar air karbon aktif yang dihasilkan secara keseluruhan dari 5 (lima) perlakuan konsentrasi bila dibandingkan dengan syarat mutu sesuai SNI 06-3730-1995, tentang *Syarat Mutu Arang Aktif Teknis*, dimana kadar air yang dipersyaratkan maksimal 10 % untuk jenis serbuk masih memenuhi yaitu kurang dari 10 %.

Adapun kadar air karbon aktif berturut-turut untuk konsentrasi 0 % sebagai kontrol sebesar 1,83 %, untuk konsentrasi 15 % sebesar 1,72 %, 20 % sebesar 1,94 %, 25 % sebesar 1,87 % dan 30 % sebesar 1,95 %. Namun untuk mengetahui seberapa jauh pengaruh konsentrasi tersebut terhadap kadar air, maka dilakukan analisa sidik ragam. pengaruh penggunaan aktivator asam fosfat terhadap kadar air yang menunjukkan pengaruh tidak nyata yaitu nilai F-hit lebih kecil dari F.Tabel baik taraf 5 % maupun 1 %.

Kadar Abu Karbon Aktif

Hasil uji kadar abu karbon aktif secara grafimetri yang dihasilkan sebagai salah satu syarat mutu arang aktif teknis sebagaimana tertera pada Tabel 2, menunjukkan hasil yang tidak berbeda jauh dari semua perlakuan konsentrasi. Untuk tanpa perlakuan kadar abu karbon aktif rata-rata sebesar 14,86 %, hampir sama dengan kadar abu karbon aktif yang menggunakan aktivator 15 %, 20 %, 25 % dan 30 %.

Berdasarkan analisa sidik ragam menunjukkan pengaruh yang tidak nyata dari perlakuan berbagai konsentrasi zat pengaktif asam fosfat dimana F_{hitung} lebih kecil dari F_{tabel} taraf 5 % dan 1 %. Namun bila dibandingkan dengan syarat mutu arang aktif teknis sebesar 10 % untuk jenis serbuk sesuai dengan SNI 06-3730-1995, tentang *Syarat Mutu Arang Aktif Teknis*, dimana rata-rata kadar abu arang aktif untuk konsentrasi 0 %, sebesar 14,86 %, 15 % sebesar 14,76 %, 20 % sebesar 15,04 %, 25 % sebesar 13,41 % dan 30 % asam fosfat sebesar 13,40 % kesemuanya diatas dari syarat mutu yang dipersyaratkan.

Tingginya kadar abu karbon aktif yang dihasilkan dari batubara kotor bila dilihat dari bahan bakunya sudah cukup tinggi yaitu sebesar 10,95 %. Dalam proses karbonisasi akan bertambah akibat banyaknya kotoran (*impurities*) yang bercampur dalam bahan baku batubara kotor yang mengalami pengabuan pada suhu karbonisasi tinggi, yaitu suhu 800 °C. Hal ini dapat pula disebabkan oleh proses pengabuan bahan-bahan pengotor akan lebih cepat dengan adanya larutan asam. Demikian pula dapat disebabkan oleh adanya proses karbonisasi dalam pembakaran batubara menyebabkan silika dioksida atau dikenal dengan *silox* menjadi tinggi menyebabkan kadar abu menjadi naik.

KESIMPULAN DAN SARAN

Batubara kotor dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif dengan proses kimia menggunakan aktivator asam fosfat (H_3PO_4) pada suhu karbonisasi 800 °C dan waktu perendaman 24 jam. Konsentrasi aktivator yang terbaik adalah 25 %. Dua parameter uji yaitu daya serap terhadap iodin (I_2) dan kadar air memenuhi syarat mutu Berdasarkan SNI 06-3730-1995,

tentang *Syarat Mutu Arang Aktif Teknis*, sedangkan kadar abu masih lebih tinggi dari kadar abu yang dipersyaratkan yaitu maksimum 10 %. Karbon aktif yang dihasilkan dalam penelitian ini belum dilakukan uji emisi sehingga pemanfaatannya disarankan untuk industri non pangan.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM. 2008. *American Society for Testing Materials. METHODS OF ANALYZING AND TESTING COAL AND COKE. Reapproved.*
- ASTM. 2009. *American Society for Testing Materials. METHODS OF ANALYZING AND TESTING COAL AND COKE. Reapproved.*
- B.R.Chand, Donnet, JB, Stoekeli F. 1988. *Active Carbon.* New York. Markel Decker.
- Cuhadaroglu D, Uygun OA. 2008. *Production and Characterization of Activated Carbon from a Bituminous Coal by Chemical Activation.* Faculty of Engineering Zonguldak Karaelmas University. Turkey
- DSN 1995. *Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995, Arang Aktif Teknis.* Dewan Standrdisasi Nasional-DSN Jakarta.
- Harian Tribun Kalimantan Timur. 2007. *Batubara Kotor Kalimantan Timur*, Edisi 30 Januari 2007
- Haspiadi dan Huda N, 2008. *Karakteristik Fisika-Kimia Batubara Kotor (Dirty Coal) Kaltim.*
- Ningrum S.N 1976. *Laporan Sementara Percobaan Pembuatan Karbon Aktif dari Batubara Rembang.* Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Miniral, Bandung
- Ningrum. S.N 2000. *Penelitian Kemungkinan Pemanfaatan Batubara Sumatera Selatan sebagai Karbon/Arang Aktif.* Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Miniral, Bandung.
- Suprpto S. 2008. *Karbon Aktif Ensiklopedia Batubara*