

## Upgrading Batubara Peringkat Rendah dengan Menggunakan Teknologi Coal Drying dan Coating dengan Finacoal dan Enzol di Puslitbang tekMIRA

Upgrading Low Rank Coal Using Coal Drying Technology and Coating With Finacoal and Enzol at Puslitbang Tekmira

<sup>1</sup>Ihsan Ramdani, <sup>2</sup>Linda Pulungan, <sup>3</sup>Datin Fatia Umar

<sup>1,2,3</sup>Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung  
Jl. Tamansari NO. 1 Bandung 40116

email : <sup>1</sup>iramdani13@gmail.com, <sup>2</sup>linda.lindahas@gmail.com, <sup>3</sup>datinf@tekmira.esdm.go.id

**Abstract.** The quality of coal in Indonesia often in the form of coal of inferior rank such as lignite (brown coal) which having high water content, low calories, and high self-combustion level. To increasing low rank coal usage, be required to upgrading of that low rank coal quality. Therefore needs to be done the way coal lignite coal can compete with high quality, so lignite coal can have high economic value, and then created a method to increase coal quality for increase calories level and reduce water content, regarding to these condition then were made an coal upgrading with some method. So low rank coal can be used as good as possible as basic raw energy which in developed in Indonesia and one of the method for upgrading coal quality is coal drying and coating with finacoal and enzol. On upgrading process the coal sample have been prepared for 2.88 mm, 5.66 mm, and 8 mm and then the sample have been heated on temperature 100°C, 150°C, dan 200°C after that add finacoal and enzol on coal sample. The addition of solution would serve as coal void protector so the water content which have evaporated can't be turn back to coal void again. The result from this upgrading proces such as inherent moisture content is going down from 22.37 % to 8.25 % for coated sample, and 7.74 % for not coated sample. Ass content before process as 4.15 % and after process ass content for coated sample become 4.06 %, then for not coated sample ass content increase become 4.33 %. Volatile matter content from 40.62 % has reduced after process become 39.26 % for coated sample, and for not coated sample become 40.40 %. Fixed carbon before process as 32.86 % then increased after process become 48.43 % for coated sample, then 47.53 % for not coated sample. Calories value from 4750 cal/gr become 5555.44 cal/gr for coated sample, and 5409 cal/gr for not coated sample. Coal drying process was effective for reduce water content, so calories value was increase. Coating process with finacoal and enzol was good enough for reduce ass content and volatile matter then increasing calories value.

**Keywords :** Low Rank Coal, Upgrading Coal quality, Finacoal and Enzol Coating.

**Abstrak** Kualitas batubara di Indonesia pada umumnya termasuk ke dalam batubara peringkat rendah seperti lignit (*brown coal*) yang memiliki kadar air tinggi, kalori rendah, serta sifat swabakar tinggi. Untuk meningkatkan pemanfaatan batubara peringkat rendah, sebelumnya perlu di lakukan suatu proses untuk meningkatkan kualitas. Oleh karena itu perlu dilakukan cara bagaimana batubara lignit dapat bersaing dengan batubara kualitas tinggi, dengan demikian batubara lignit dapat memiliki nilai ekonomis tinggi, diciptakan suatu metode peningkatan kualitas batubara untuk meningkatkan nilai kalori dan menurunkan kadar airnya, Menanggapi kondisi tersebut maka dilakukan suatu peningkatan peringkat (*upgrading*) batubara dengan berbagai metode. sehingga batubara peringkat rendah dapat dimanfaatkan secara optimal sesuai fungsinya sebagai bahan baku energi yang di kembangkan di Indonesia dan salah satu metode upgrading yang akan diterapkan disini adalah dengan cara *coal drying* dan *coating* dengan *finacoal* dan *enzol*. Conto batubara di preparasi dengan ukuran 2,88 mm, 5,66 mm, dan 8 mm serta di panaskan suhu 100°C, 150°C, dan 200°C kemudian ditambahkan *Finacoal* dan *enzol* pada batubara tersebut. Penambahan larutan tersebut berfungsi sebagai penutup permukaan pori-pori batubara sehingga kadar air yang telah teruapkan tidak akan masuk kembali. Hasil dari proses *upgrading* ini kadar *Inherent moisture* turun dari 22,37 % menjadi 8,25 % untuk conto yang di *coating*, dan 7,74 % untuk conto tanpa *coating*. Kadar abu awal sebelum *upgrading* 4,15 % dan setelah proses turun menjadi 4,06 % untuk conto yang *dicoating* dan naik menjadi 4,33 % untuk conto tanpa *coating*. Kadar zat terbang dari 40,62 % setelah di proses mengalami penurunan menjadi 39,26 % untuk conto yang *dicoating*, dan menjadi 40,40 % untuk conto tanpa *coating*. Fixed contoh sebelum proses 32,86 % meningkat menjadi 48,43 % untuk conto yang *dicoating* dan 47,53 % untk conto tanpa *coating*. Nilai kalor 4750 kal/gr menjadi 5555,44 kal/gr untuk conto yang *dicoating* dan 5409 kal/gr untuk conto tanpa *coating*. Proses *coal drying* efektif untuk menurunkan kadar air, sehingga nilai kalor meningkat. Proses *coating* dengan *finacoal* dan *enzol* cukup efektif untuk menurunkan kadar abu dan

*volatile matter* serta meningkatkan nilai kalor.

**Kata Kunci :** Batubara peringkat rendah, peningkatan kualitas batubara, Finacoal dan Enzol Coating.

## A. Pendahuluan

### Latar Belakang

Dalam survey yang dilakukan *World Energy Council* dalam *Survey of Energy Resources-2010* dinyatakan bahwa konsumsi batubara di Indonesia mengalami pertumbuhan dari 13,2 juta ton pada tahun 1997 menjadi 45,3 juta ton pada tahun 2007. Pertumbuhan tersebut diikuti oleh pertumbuhan perusahaan batubara di Indonesia yang pada tahun 2003 sudah mencapai angka 251 perusahaan. Akan tetapi kualitas batubara di Indonesia sering berupa batubara peringkat rendah seperti lignit (*brown coal*) yang memiliki kadar air tinggi, kalori rendah, serta sifat swabakar tinggi. Dengan banyaknya industri pertambangan batubara serta melihat cadangan *brown coal* di Indonesia berdasarkan data Puslit Geoteknologi-LIPI pada tahun 2015 mencapai 86,11% dari total cadangan batubara di Indonesia. Dengan banyaknya cadangan *brown coal* tersebut perlu dilakukan suatu penelitian serta pengembangan suatu teknologi untuk dapat meningkatkan kualitas batubara sehingga cadangan *brown coal* di Indonesia dapat dimanfaatkan secara maksimal. Kualitas batubara yang termasuk kedalam batubara kualitas rendah setelah melalui suatu tahap peningkatan (*upgrading*) diharapkan akan dapat memiliki kualitas lebih baik seperti rendahnya kadar air, rendahnya kadar abu, rendahnya zat terbang, meningkatnya *fixed carbon*, serta Meningkatnya nilai kalor dari batubara tersebut.

Kemajuan teknologi dan kebutuhan akan bahan baku energi yang semakin meningkat dari tahun ke tahun membuat sektor industri energi di Indonesia membutuhkan suatu respon cepat untuk dapat memanfaatkan cadangan *brown coal* di Indonesia. Dewasa ini suatu teknologi dengan metode *upgrading* yang sedang dikembangkan adalah teknologi *coal drying* dan *coating* menggunakan *finacoal* dan *enzol* yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas dari batubara tersebut yang diamati melalui suatu pengujian proksimat serta perhitungan peningkatan nilai kalor dari batubara tersebut.

### Tujuan Penelitian

1. Mendapatkan kondisi optimal dari *total moisture* dan suhu *coal drying* conto batubara untuk kegiatan *upgrading* dengan metode tersebut;
2. Mengetahui peningkatan dan penurunan kadar air lembab;
3. Mengetahui pengaruh *finacoal* dan *enzol* pada conto batubara untuk proses *coating*;
4. Mengetahui kualitas batubara setelah proses *upgrading* melalui pengujian proksimat dan nilai kalor

## B. Landasan Teori

### Pengertian Batubara

Batubara adalah sisa tumbuhan dari jaman prasejarah yang berubah bentuk yang awalnya berakumulasi di rawa dan lahan gambut. Penimbunan lanau dan sedimen lainnya, bersama dengan pergeseran kerak bumi (dikenal sebagai pergeseran tektonik) mengubur rawa dan gambut yang seringkali sampai ke kedalaman yang sangat dalam. Dengan penimbunan tersebut, material tumbuhan tersebut terkena suhu dan tekanan yang tinggi. Suhu dan tekanan yang tinggi tersebut menyebabkan tumbuhan tersebut

mengalami proses perubahan fisika dan kimiawi dan mengubah tumbuhan tersebut menjadi gambut dan melalui *coalifikasi* akan berubah menjadi batubara. Pembentukan batubara dimulai sejak *Carboniferous period* (Periode Pembentukan karbon atau batubara).

Mutu atau kualitas dari setiap endapan batubara ditentukan oleh suhu dan tekanan serta lama waktu pembentukan yang disebut sebagai ‘maturitas organik’. Proses awalnya gambut berubah menjadi lignite (batubara muda) atau ‘*brown coal* (batubara coklat) ini adalah batubara dengan jenis maturitas organik rendah dibandingkan dengan batubara jenis lainnya. Batubara muda agak lembut dan warnanya bervariasi dari hitam pekat sampai kecoklat-coklatan. Mendapat pengaruh suhu dan tekanan yang terus menerus selama jutaan tahun, batubara muda mengalami perubahan yang secara bertahap menambah maturitas organiknya dan mengubah batubara muda menjadi batubara ‘sub-bitumen’. Perubahan kimiawi dan fisika terus berlangsung hingga batubara menjadi lebih keras dan warnanya lebih hitam dan membentuk ‘*bitumen*’ atau ‘*antrasite*’. Dalam kondisi yang tepat, peningkatan maturitas organik yang semakin tinggi terus berlangsung hingga membentuk antrasit.

### **Pembentukan dan Jenis-Jenis Batubara**

Pembentukan batubara dimulai sejak *carboniferous period* (periode pembentukan karbon atau batubara) dikenal sebagai zaman batubara pertama yang berlangsung antara 360 juta sampai 290 juta tahun yang lalu. Mutu dari setiap endapan batubara ditentukan oleh suhu dan tekanan serta lama waktu pembentukan. Proses awalnya gambut berubah menjadi lignite (batubara muda) atau *brown coal* (batubara coklat). Mendapat pengaruh suhu dan tekanan yang terus menerus selama jutaan tahun, batubara muda mengalami perubahan yang secara bertahap menambah maturitas organiknya dan mengubah batubara muda menjadi batubara sub-bitumen. Perubahan kimiawi dan fisika terus berlangsung hingga batubaramenjadi lebih keras dan warnanya lebih hitam dan membentuk bitumen atau antrasit. Tingkat perubahan yang dialami batubara, dari gambut sampai menjadi antrasit memiliki hubungan yang penting dan hubungan tersebut disebut sebagai tingkat mutu batubara. Berikut ini karakteristik dari setiap jenis batubara :

1. Gambut, bersifat : warna coklat, material belum terkompaksi, kandungan air sangat tinggi, kandungan karbon padat sangat rendah, kandunga zat terbang sangat tinggi, sangat mudah teroksidasi, dan nilai panas yang dihasilkan sangat rendah;
2. Lignit, bersifat : warna kecoklatan, material terkompaksi namun sangat rapuh, kandungan air tinggi, kandungan karbon padat rendah, kandungan zat terbang tinggi, mudah teroksidasi, dan nilai panas yang dihasilkan rendah;
3. Bituminus – Subbituminus, bersifat : warna hitam, material sudah terkompaksi, kandungan air sedang, kandungan karbon padat sedang, kandungan zat terbang sedang, sifat oksidasi menengah, dan nilai panas yang dihasilkan sedang;
4. Antrasit, bersifat : warna hitam mengkilat, material terkompaksi dengan kuat, kandungan air rendah, nilai panas yang dihasilkan tinggi, kandungan karbon padat tinggi, kandungan zat terbang rendah, dan relatif sulit teroksidasi.

Tahapan dan Proses Pembentukan Batubara dapat digolongkan menjadi dua kejadian, yaitu pertama tahap/fase diagenesa (perusakan dan penguraian) oleh organisme, atau sering juga disebut sebagai tahap/fase biokimia. Kedua adalah tahap metamorfosa, yaitu perubahan dari gambut menjadi batubara, yang sering juga disebut sebagai tahap geokimia

### Proses Coal Drying

Proses coal drying ini memanfaatkan pemanasan dengan suhu yang berada di atas titik uap air sehingga seperti 100°C, 150°C, dan 200°C dengan maksud menghilangkan kandungan *free moisture* dan *inherent moisture* yang terdapat pada pori-pori batubara yang di panaskan. Karena proses ini dilakukan pada suhu sekitar 150°C untuk menjaga agar air yang telah keluar tidak kembali masuk, maka perlu ditambahkan zat aditif sebagai penutup permukaan batubara, seperti kanji, tetes tebu (*mollase*), slope pekat (*fuse oil*), dan minyak residu. Untuk proses ini, sebagai aditif digunakan *finacoal* dan *enzol* yang merupakan senyawa organik yang beberapa sifat kimianya mempunyai kesamaan dengan batubara. Dengan kesamaan sifat kimia tersebut, minyak residu yang masuk ke dalam pori-pori batubara akan kering, kemudian bersatu dengan batubara. Lapisan ini cukup kuat dan dapat menempel pada waktu yang cukup lama sehingga batubara dapat disimpan di tempat yang terbuka untuk jangka waktu yang cukup lama (Couch, 1990).

### Proses Coating

Metode *coating* ini sendiri pada prinsipnya menjaga kualitas batubara seperti nilai kalori yang tinggi dan kandungan *inherent moisture* batubara setelah proses *upgrading* tetap terjaga. Hasil analisis dari proses *upgrading* batubara didapatkan persentase kadar air dan nilai kalor campuran yang paling optimal.

Setelah proses *coal drying* biasanya tidak terdapat *moiture* yang tertambat dalam contoh batubara dalam beberapa saat. karena tekanan uap air lebih kecil dari udara/Athmosfer maka secara sendirinya uap air akan kembali mengisi ruang kosong pada pori-pori conto batubara tersebut. maka lapisan batubara tersebut perlu di lapiasi dengan pori-pori dari batubara tersebut perlu di isi agar *moisture* yang telah menjadi uap tidak kembali mengisi pori-pori conto barubara tersebut.

### Finacoal dan Enzol

Fungsi produk *finacoal* adalah untuk menjaga dan mempertahankan kualitas batubara dari pengaruh kondisi cuaca (*Climate*) lingkungan dan sebagai penghilang debu (*Coal Dust Suppression*) yang berbentuk cairan terbuat dari komposisi *Amphoteric Surfactant coconut materials, Humectant & polymer Petroleum Hydrocarbon emulsion Base*. Sementara produk *Enzol* adalah sebagai aditif untuk *Finacoal* yang fungsinya mengurangi kadar air dan semir batubara

Prinsip kerja *FINacoal* dan *Enzol* adalah sebagai berikut:

1. Masuk dan bersatu kedalam pori-pori batubara ;
2. Mengikat dan menyatukan partikel kecil dan besar batubara ;
3. Membentuk lapisan permukaan pada partikel batubara (*Surface Coating*).  
Sehingga manfaat yang dapat dirasakan adalah:
  1. Kadar air dalam batubara berkurang/dibatasi;
  2. Mencegah proses oksidasi batubara ;
  3. Menjaga suhu batubaradi penyimpanan atau ketika pengiriman ;
  4. Mencegah terjadinya *coal self combustion* (terbakar) ;
  5. Kandungan air yang terdapat di-inside particles batubara masih dapat mengalami process evaporate ;
  6. Meningkatkan daya bakar batubara pada saat awal process Pembakaran (*Ignition Process*);
  7. Mencegah terjadi-nya kehilangan energy (*Loss Energy*) & kehilangan produk batubara (*Loss Product*) ;

## C. Hasil Penelitian

### Prosedur Penelitian

Secara umum prinsip dari metode Coal drying ini ialah dengan memanfaatkan titik uap air sehingga free moisture dan inherent moisture yang tertambat pada batubara peringkat rendah dapat menguap atau mengalami evaporasi. Dengan pemanasan pada batubara dengan variasi suhu 100°C, 150°C dan 200°C dalam kurun waktu 1 jam untuk tiap varian suhu diharapkan kandungan kadar air lembabnya dapat berkurang. kemudian setelah proses pemanasan yang masing-masing conto dibagi sama rata masing-masing sekitar 250 gram untuk coating dengan larutan Finacoal di tambah Enzol dan 250 gram conto batubra yang hanya melalui proses coal drying. Penambahan Finacoal dan Enzol coating ini agar free moisture pada conto tidak mengendap kembali dan menggantikan inherent moisture yang telah menguap serta melapisi permukaan conto yang menjadikan conto memiliki kadar abu yang lebih rendah dan volatile matter yang lebih rendah di banding conto yang di buat hanya untuk coal drying (tanpa coating) sebagai pembanding untuk mengetahui hasil kandungan air lembabnya. Berikut langkah-langkah prosesnya :

- a. Pertama dilakukan preparasi dengan conto di buat melalui screening dengan di harapkan mendapatkan contoh dengan ukuran +8 mm (1,5 kg), -8 mm +5,6 mm (1,5 kg), serta -5,6 mm + 2,88 mm (1,5 kg)
- b. Lakukan pemanasan pada masing-masing fraksi conto batubara sebanyak 500 gram untuk mengetahui nilai *total moisture* dari tiap batubara tersebut. Dilakukan pemanasan menggunakan Oven dengan suhu 100°C, 150°C, dan 200°C selama 1 jam;
- c. kemudian conto batubara tiap fraksi di kelompokkan menjadi 2 bagian masing-masing 250 gram, 1 bagian batubara di lakukan *coating* dan 1 bagian lagi hanya *coal drying*;
- d. Setelah dipanaskan, lakukan pengujian untuk mengerahui nilai total moisture pada conto batubara yang telah di panaskan secara berkala dengan menggunakan alat *moisture balance* (10 gram per pemanasan) dan perkembangan nilai moisture balance di amati selama 5 minggu;
- e. Untuk conto batubara yang memiliki nilai Total moisture terendah dan stabil dapat di preparasi dengan di haluskan kedalam ukuran 60 mesh untuk di lakukan pengujian nilai kalor dan proksimat;
- f. Sedangkan untuk conto yang telah di pilih untuk pengujian nilai kalor dan prosimat telah di preparasi ke ukuran 60 mesh, dilakukan untuk uji proksimat dan nilai kalor. Untuk mengetahui *inherent moisture* alat yang digunakan oven dengan suhu 105°C, dengan wadah kaca dan *Conto* yang di uji sebanyak 1 gram. Untuk abu dengan wadah keramik sebanyak 1 gram dengan alat *ashiang furnace*, dengan suhu 800°C. Untuk *volatile matter* dengan wadah keramik + tutup, dengan alat *furnace* dengan suhu menuju 900°C selama 7 menit.

### Data Hasil Penelitian

Pengujian yang bertujuan meningkatkan kualitas batubara ini berdasarkan nilai kalor dan proksimat terhadap sampel *brown coal* yang berasal dari Desa Tamiyang Layang Kecamatan Dusun Timur tersebut dapat di katakana memberikan dampak peningkatan kualitas dari conto batubara tersebut. Meskipun nilai *Inherent Moisture* pada pengujian ini menunjukkan bahwa pada conto non *coating* lebih kecil di bandingkan dengan conto batubara yang di *coating* menggunakan zat aditif *finacoal* dan *enzol* setelah proses *coal drying*. Hal tersebut dikarenakan senyawa yang digunakan untuk

proses *coating* pada pengujian ini merupakan material cair (*liquid*) sehingga memiliki kontent air yang memungkinkan mengisi pori-pori dan menggantikan *moisture* dari conto yang telah di panaskan sebelumnya. data hasil pengujian sebelum dan sesudah *upgrading* ialah sebagai berikut :

**Tabel 1.** Hasil pengujian proksimat dan nilai kalor

	Sebelum Upgrading	Setelah Upgrading	
		Finacoal	Non Finacoal
Inherent Moisture (%)	22.37	8.25	7.74
Ash (%)	4.15	4.06	4.33
Volatile Matter (%)	40.62	39.26	40.40
Fixed Carbon (%)	32.86	48.43	47.53
Calories value (kal/g)	4750	5555.44	5409.28

Sumber : pengujian di laboratorium tekMIRA,2018

Apabila melihat dari parameter lain bahwa parameter yang menunjukkan perbedaan yang cukup jelas yaitu pada % debu dari conto dengan kesimpulan pengujian non finacoal membuat % debu dari conto semakin besar sebesar 0,18 % dengan sedangkan untuk pengujian menggunakan arutan memiliki penurunan % debu setelah di uji dengan penurunan senilai 0,09 %, pada *volatile matter* conto yang tidak di tambahkan zat aditif memiliki penurunan yang kecil dibanding sebelum di *upgrading* dengan penurunan senilai 0,22 % sedangkan yang di tambah dengan zat aditif memiliki penurunan *volatile matter* senilai 1,36 %, maka dengan perubahan nilai-nilai proksimat di atas secara otomatis meningkatkan *fixed carbon* yang ada pada conto tersebut juga dapat meningkatkan nilai kalor dari sebelum dilakukan pengujian. Maka proses *upgrading* dengan *coating* menggunakan zat aditif *finacoal* dan *enzol* ini menggunakan prinsip melapisi permukaan dari material padat meski sedikit menambah konten cair pada conto batubara tersebut, proses ini membuat % abu yang mengendap pada conto dapat tereduksi dan hal tersebut berguna untuk mengurangi % zat terbang yang tertambat pada conto batubara tersebut.

#### D. Kesimpulan dan Saran

##### Kesimpulan

1. Kualitas conto batubara setelah proses adalah sebagai berikut :
  - a) *Inherent moisture* : Sebelum proses 22,37 % menjadi 8,25 % untuk conto yang dicoating, dan 7,74 % untuk conto tanpa *coating*.
  - b) Kadar abu : Sebelum proses 4,15 % dan setelah proses turun menjadi 4,06 % untuk conto yang dicoating dan naik menjadi 4,33 % untuk conto tanpa *coating*.
  - c) Kadar zat terbang : Sebelum proses 40,62 % setelah di proses mengalami penurunan menjadi 39,26 % untuk conto yang dicoating, dan menjadi 40,40 % untuk conto tanpa *coating*
  - d) Fixed carbon : sebelum proses 32,86 % meningkat menjadi 48, 43 % untuk conto yang dicoating dan 47,53 % untuk conto tanpa *coating*.
  - e) Nilai kalor : Sebelum proses 4750 kal/gr menjadi 5555,44 kal/gr untuk conto yang dicoating dan 5409 kal/gr untuk conto tanpa *coating*.

2. Proses *coal drying* efektif untuk menurunkan kadar air, sehingga nilai kalor meningkat. Dan proses *coating* dengan *finacoal* dan *enzol* cukup efektif untuk menurunkan kadar abu dan volatile matter serta meningkatkan nilai kalor.
3. Kadar air lembab Mingguan adalah sebagai berikut :
  - a) Untuk *coal drying* 100<sup>0</sup>C kadar tertinggi senilai 28,80 % dan terendah senilai 15,25 % .
  - b) Untuk *coal drying* 150<sup>0</sup>C kadar tertinggi senilai 23,80 % dan terendah senilai 11,10 %
  - c) Untuk *coal drying* 200<sup>0</sup>C kadar tertinggi senilai 10,15 % dan terendah senilai 3,35 %
4. Kondisi optimal untuk proses *upgrading* dengan teknologi *coal drying* dan *coating* menggunakan *finacoal* dan *enzol* adalah conto batubara pada fraksi 8 mm pada suhu 200<sup>o</sup> C

### Saran

Dari hasil pengujian dan juga penelitian terdapat beberapa poin saran agar penelitian lebih dapat di pertimbangkan yaitu sebagai berikut :

1. Pengujian akan lebih baik apabila di lakukan dengan menggunakan alat yang nilai koreksinya rendah dan dikalibrasi secara rutin;
2. Perlu dilakukan kajian ekonomi untuk penggunaan metode ini agar mendapatkan perbandingan tingkat keekonomisan antara melakukan *upgrading* batubara peringkat rendah dan membeli batubara dengan kualitas sesuai kebutuhan secara langsung.

### Daftar Pustaka

- Anonim (1982) 'Coal for Eighths, Australian Coal Associations, New South Weles" Australia 1982;
- Anonim (1998), "Classification of Coal by Rank ASTM D3884-84, 1998 Annual Books of ASTM Standars, Volume 5.05 American Society of Testing and Material 1998";
- Anonim (1999), "Pemutahiran Data dan Sumber Daya Cadangan Batubara Indonesia" Jakarta 1999;
- Anwar Hadi (2000) "Sistem Manajemen Mutu Laboratorium Sesuai ISO/TEC 17025:2000" Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta 2000;
- Anonim (2003), "Standar practice for evaluating of laboratoris using ASTM precedures in the sampling and analysis of coal and coke" ASTM D 4182-97, 2003 Annual Book of ASTM Standar, Volume 5.05, American Society for Testing and Materials 2013;
- ENGELA (1985) "Seminar on Coal and Cement " Directore of Coal, South Sumatra Coal Exploration Project, Jakarta, 1985;
- Foni, Selvi. 2013 "Pemanfaatan Batubara Bagi Kehidupan Mahluk Hidup" .ml.scribd.com;
- Hartiniati. (2010). "Proses Peningkatan Mutu Batubara Muda Menjadi *Exportable Coal* atau Batubara Layak Ekspor/Jual". Laporan Akhir, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Sumber Energi Baru dan Terbarukan, Jakarta.
- Sigit. 2009. "Penggunaan Bahan Baku Batubara Untuk Kebutuhan PLTU dan Indurtsi".Blogspot.com.http://sigittambang06.blogspot.com/2009/06/-html.
- T.Shigehisa et al : "journal of the japan institute of energy", Vol. 86, No. 10, 2007, p. 822
- OSBORNE, D.G dan RINELLA, R, "Coal Quality Control at Kaltim Prima Coal" P.T Kaltim Prima Coal, Jakarta;