

ANALISIS TENTANG TEMPERATUR PENGERINGAN UNTUK MENDAPATKAN HASIL TERBAIK DALAM PROSES *COAL UPGRADING TECHNOLOGY* (CUT)

DRYING TEMPERATURE ANALYSIS FOR THE BEST RESULT OF COAL UPGRADING TECHNOLOGY (CUT) PROCESSES

Dr. Ir. Toto Hardianto, Prof. Dr. Ir. Aryadi Suwono, Dr. Willy Adriansyah ST,
Dr. Ir. Nathanael P. Tandian, dan Willem Lawrence ST.

Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara, Institut Teknologi Bandung
Jalan Ganesa 10 Bandung, 40132

E-mail: toto@termo.pauir.itb.ac.id dan totohardianto@yahoo.com

Abstrak

Konsumsi energi Indonesia dan dunia selalu meningkat pesat. Kebutuhan energi tersebut masih banyak disuplai dari bahan bakar fosil berupa bahan bakar minyak, gas, dan batubara. Indonesia memiliki cadangan batubara sangat besar. Menurut data 2008 jumlahnya 104,756 milyar ton, meliputi cadangan *measured, indicated, inferred*, dan *hypothetic*. Dengan menipisnya cadangan minyak dan gas, peran batubara semakin penting. *Road map* pemakaian energi nasional dalam "Sasaran Energi Mix Nasional 2025" menunjukkan bahwa batubara yang saat ini hanya memenuhi 15% kebutuhan nasional (70 juta ton pertahun), dirancang menjadi 35% di tahun 2025 (192 juta ton pertahun).

Batubara merupakan bahan bakar utama dunia. Sebagian besarnya berkualitas rendah, yang ditandai kandungan air tinggi dan nilai kalor rendah, sehingga perlu ditingkatkan kualitasnya dan sekaligus harga jualnya. Peningkatan kualitas dilakukan dengan mengurangi kandungan air, yaitu proses pengeringan, sehingga nilai kalornya naik.

Untuk menentukan temperatur pengeringan, perlu diketahui karakteristik komponen pembentuk batubara. Proses pemanasan berakibat penguapan kandungan air dan *volatile matter*, padahal *Volatile matter* merupakan komponen batubara yang memiliki nilai kalor yang tidak diinginkan penguapannya. Perlu diketahui temperatur di mana penguapan kandungan air telah berhenti dan temperatur *volatile matter* mulai menguap. Melalui informasi tersebut, ditentukan temperatur pengeringan optimum yang harus dicapai.

Karakteristik pengurangan komponen massa batubara dalam penelitian ini didapatkan dari analisis *Thermalgravimetric* (TGA) sesuai standar ASTM D 7348 tentang *Loss on Ignition (LOI) of Solid Combustion Residues*, pada sampel batubara mentah dan produk briket hasil proses CUT. Hasil percobaan menunjukkan terjadi dua daerah kehilangan massa, yang pertama pada rentang temperatur 35 – 200°C yang diidentifikasi sebagai penguapan kandungan air, sedangkan yang kedua pada rentang temperatur 200 - 900°C yang diidentifikasi sebagai penguapan *volatile matter* dan pembakaran karbon.

Penelitian ini menyimpulkan bahwa akhir proses pengeringan terjadi pada temperatur 150°C, sedangkan pada temperatur tersebut *volatile matter* belum mulai menguap. Pengeringan pada temperatur 150°C memenuhi kriteria yang dibutuhkan untuk meningkatkan kualitas batubara.

Keywords: kualitas batubara, analisis thermalgravimetric (TGA), *coal upgrading technology* (CUT), temperatur penguapan kandungan air, temperatur penguapan *volatile matter*

Pendahuluan

Program *Coal Upgrading Technology* (CUT) *Pilot Plant*[1] adalah program penelitian dan pengembangan bersama antara PT. PAMA Persada Nusantara dan ITB[2] tentang perancangan dan pembuatan pabrik *upgrading* batubara peringkat rendah menjadi peringkat tinggi pada skala Pilot berkapasitas *raw material* 7 ton/jam, berdasarkan hasil

penelitian ITB[3] tentang CUT skala Laboratorium dan sebagai langkah awal perancangan dan pembuatan pabrik CUT skala komersial (*CUT Commercial Plant*)[4]. Program CUT berprospek sangat baik ke depan bagi Indonesia karena menyangkut batubara, yang merupakan salah satu sumber energi sangat penting dan berjumlah besar dengan segala harapan dan persoalannya.

Selama lebih dari satu dekade terakhir, konsumsi

energi Indonesia dan dunia meningkat pesat. Kebutuhan energi dalam negeri hingga kini masih banyak disuplai dari bahan bakar fosil berupa bahan bakar minyak, gas, dan batubara. Indonesia memiliki cadangan batubara yang jumlahnya sangat besar. Berdasarkan data cadangan tahun 2008, yang meliputi cadangan *measured*, *indicated*, *inferred*, dan *hypothetic*, totalnya mencapai 104,756 milyar ton [5]. Dengan semakin menipisnya cadangan minyak dan gas, peran batubara akan semakin penting dalam waktu dekat. *Road map* pemakaian energi nasional Indonesia dalam "Sasaran Energi Mix Nasional 2025"[6] menunjukkan bahwa batubara yang saat ini hanya memenuhi 15% dari total kebutuhan nasional (atau sekitar 70 juta ton pertahun), dirancang naik menjadi sekitar 35% di tahun 2025 (atau sekitar 192 juta ton pertahun) [7].

Sangat disayangkan bahwa sekitar 86% dari jumlah cadangan batubara Indonesia berupa batubara peringkat rendah (*Low Rank Coals*, jenis *Lignite* dan *Sub-bituminous*)[8]. Batubara jenis ini termasuk batubara muda yang ditandai dengan kadar air yang tinggi sehingga nilai kalornya rendah, dan kadar *volatile matter* yang tinggi sehingga mudah terjadi *spontaneous combustion* saat disimpan maupun ditransportasikan. Kedua hal tersebut menjadi kendala utama dalam pemanfaatannya, sehingga nilai ekonomisnya rendah.

Suatu inovasi baru dalam proses perbaikan peringkat/kualitas batubara perlu diterapkan untuk menanggulangi masalah tersebut, yaitu agar nilai ekonomis dan ketermanfaatannya dapat diangkat.

Coal Upgrading Technology (CUT)

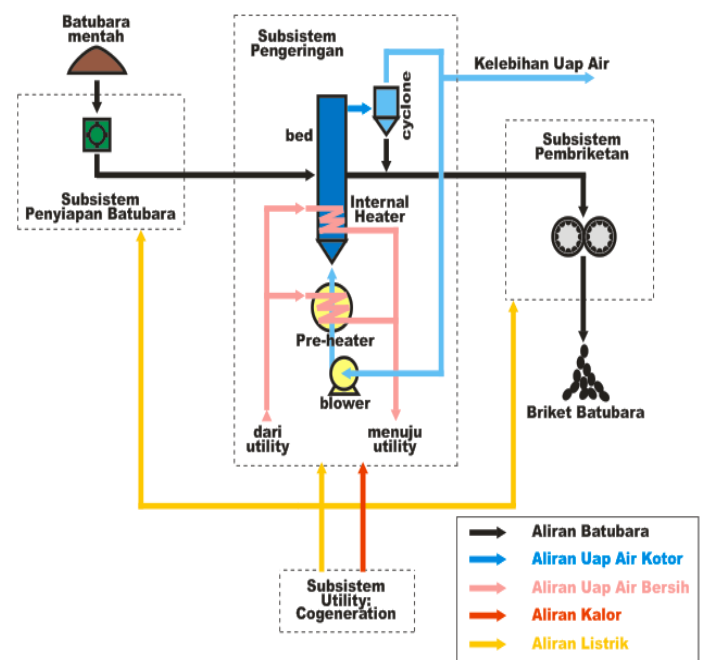
Coal Upgrading Technology (CUT) merupakan metode peningkatan kualitas batubara yang dikembangkan oleh team peneliti di Institut Teknologi Bandung[9,10]. Ciri utama metode CUT adalah penggunaan teknik unggul terfluidisasi dengan udara dan uap superpanas sebagai medium pengeringannya[3]. Selain itu, metode CUT tidak menggunakan perekat tambahan pada proses pembriketan (*binderless briquetting process*) karena memanfaatkan tar yang merupakan komponen *volatile matter* beratnya. Tar tidak boleh ikut terbuang saat proses pengeringan. Temperatur pengeringan di dalam *fluidized bed* harus diatur sehingga tar belum ikut terbuang namun sudah meleleh dan siap digunakan sebagai perekat pada proses pembriketan. Selain berfungsi sebagai perekat, tar juga membentuk lapisan kedap air pada permukaan briketyang dapat mencegah air terserap kembali saat batubara disimpan. Inovasi tersebut adalah hasil penelitian team di ITB yang sudah mendapatkan *patent* pada tahun 2005 dengan nomor **ID 0 016 804**.

Urutan proses CUT[9] terdiri penyiapan/preparasi

(reduksi ukuran), pengeringan, dan pembriketan ditunjukkan melalui Gambar 1 dan secara skematik metode tersebut ditunjukkan melalui Gambar 2. Batubara mentah yang ukurannya masih kasar dan beragam harus dibuat menjadi kecil dan seragam (3 mm) melalui proses *crushing* dan *milling* pada subsistem penyiapan batubara, untuk memperbesar luas area perpindahan panas. Selanjutnya batubara dikeringkan pada subsistem pengeringan. Setelah itu, serbuk batubara kering dibentuk menjadi briket pada subsistem pembriketan langsung dalam kondisi masih panas, untuk mempermudah transportasi dan penyimpanan batubara.



Gambar 1. Urutan proses CUT



Gambar 2. Skema metode CUT

Briket batubara sebagai produk hasil peningkatan kualitas pada proses CUT melalui *CUT Pilot Plant* telah diuji melalui analisis nilai kalor dan analisis *proximate*. Kenaikan nilai kalor sangat memuaskan dari batubara mentah (*raw material*) yang hanya bernilai kalor sekitar 4.400 kkal/kg, dapat ditingkatkan menjadi sekitar 6.000 kkal/kg[10]. Selanjutnya hasil analisis *proximate* secara lengkap ditunjukkan melalui Tabel 1[11].

Tabel 1. Data Analisis Proksimate dan Nilai Kalor

Samples Code	Samples Weight [kg]	Top Size [mm]	TM [%] AR	ASH [%] AR	VM [%] AR	FC [%] AR	CV [kkal/kg]		HGI
							AR	ADB	
Raw	4,22	22,4	32,2	1,9	34,3	31,6	4.408	5.658	54
Hasil 1	3,51	22,4	7,5	2,5	46,4	43,6	6.016	5.920	72
Hasil 2	5,24	50,0	4,9	4,1	48,2	42,8	6.006	5.760	80
Hasil 3	2,27	50,0	6,3	4,0	47,7	42,0	5.919	5.747	83

Untuk menentukan temperatur pengeringan pada tahap pengeringan (*drying*), perlu diketahui karakteristik komponen massa pembentuk batubara yang berhubungan dengan proses pemanasan dan pembakarannya. Proses pemanasan berakibat pada penguapan kandungan air dan *volatile matter*, padahal *Volatile matter* merupakan komponen batubara yang memiliki nilai kalor yang tidak diinginkan penguapannya. Perlu diketahui temperatur di mana penguapan kandungan air telah berhenti dan temperatur *volatile matter* mulai menguap. Melalui informasi tersebut, ditentukan temperatur pengeringan optimum yang harus dicapai.

Eksperimen Perlakuan Panas pada Batubara

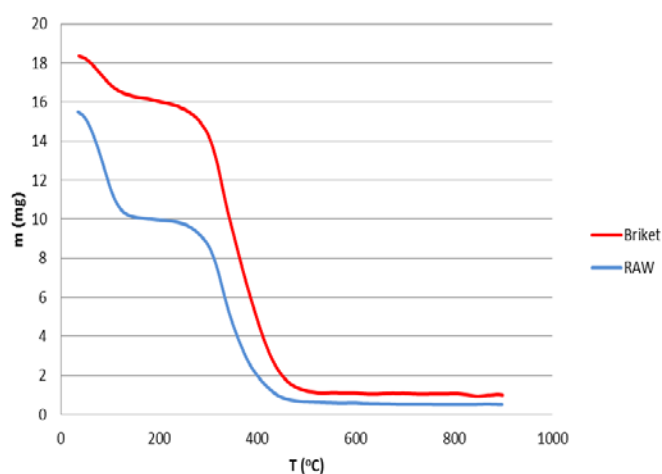
Karakteristik kehilangan massa batubara diperoleh dengan cara melakukan *Thermalgravimetric analysis* (TGA) dari percobaan menggunakan *thermal-gravimetric analyzer* dengan melakukan pemanasan bertahap pada suatu sampel batubara sambil dimonitor perubahan massa yang terjadi. Percobaan ini melibatkan sampel batubara mentah dan produk briket batubara hasil peningkatan kualitas melalui proses CUT dengan pengeringan pada temperatur maksimal 150°C[12].

Percobaan TGA tersebut mengacu pada standar ASTM D 7348 tentang *Loss on Ignition (LOI) of Solid Combustion Residues* [13]. Pemanasan dilakukan dari temperatur 35°C sampai 900°C dan dengan kecepatan kenaikan temperatur sebesar 10°C/min. gas Nitrogen (N₂) digunakan sebagai *carrier* (atmosfer) di dalam oven elektrik dari awal percobaan sampai temperatur 200°C agar tidak terjadi oksidasi, sedangkan untuk pemanasan di atas temperatur 200°C digunakan gas oksigen (O₂) untuk memfasilitasi terjadinya oksidasi.

Percobaan TGA penelitian ini mengasumsikan bahwa kandungan penyusun sampel homogen dan pemanasan pada sampel dapat terjadi secara merata. Oleh karena itu percobaan hanya membutuhkan sampel dengan massa yang sangat kecil, yaitu sebesar 15,5 mg pada sampel batubara mentah dan 18,36 mg pada sampel produk briket batubara.

Hasil dan Diskusi

Hasil keluaran TGA berupa grafik TGA dan grafik *Derivative* TG (DTG). Grafik TGA menunjukkan hubungan antara penguapan massa dengan temperatur, sedangkan grafik DTG menunjukkan hubungan antara kecepatan penguapan massa dengan temperatur. Grafik TGA dan DTG dapat menggambarkan karakteristik kehilangan massa batubara. Grafik TGA batubara mentah dan grafik TGA produk briket batubara ditampilkan pada Gambar 3, sedangkan grafik DTG batubara mentah dan produk briket batubara ditampilkan pada Gambar 4.



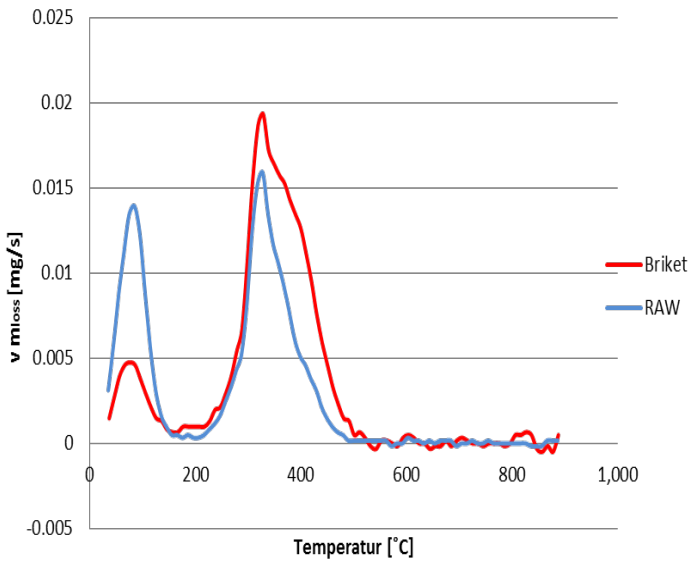
Gambar 3. Grafik TGA batubara mentah (RAW) dan produk briket batubara (Briket)

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa batubara mentah dan produk briket memiliki karakteristik yang sama dalam hal temperatur pengurangan massa, yaitu terjadi dua kali kehilangan massa pada rentang temperatur 35°C – 150°C dan pada rentang temperatur 300°C – 450°C. Pada rentang pertama (35°C – 150°C), batubara mentah mengalami kehilangan massa yang lebih banyak dibandingkan dengan produk briket batubara. Hal ini menunjukkan fase proses penguapan kandungan air pada kedua sampel, yang ditandai dengan kandungan air batubara mentah yang lebih banyak tentunya.

Pada grafik batubara mentah maupun produk briket batubara, dapat dilihat bahwa kehilangan massa pada rentang temperatur 150°C – 250°C menunjukkan garis horizontal, yang berarti bahwa kehilangan massa yang terjadi sangat kecil dan dapat diabaikan. Analisis lebih lanjut tentang fenomena pengurangan massa menggunakan grafik DTG seperti ditunjukkan melalui Gambar 4.

Grafik DTG (*Derivative Thermal Gravimetric*) menunjukkan hubungan kecepatan kehilangan massa terhadap temperatur, yang diperoleh dari pengolahan data TGA dengan cara mendifferensialkan massa

terhadap waktu menjadi data kecepatan kehilangan massa ($v m_{\text{loss}}$).



Gambar 4. Grafik DTG batubara mentah (RAW) dan produk briket batubara (Briket)

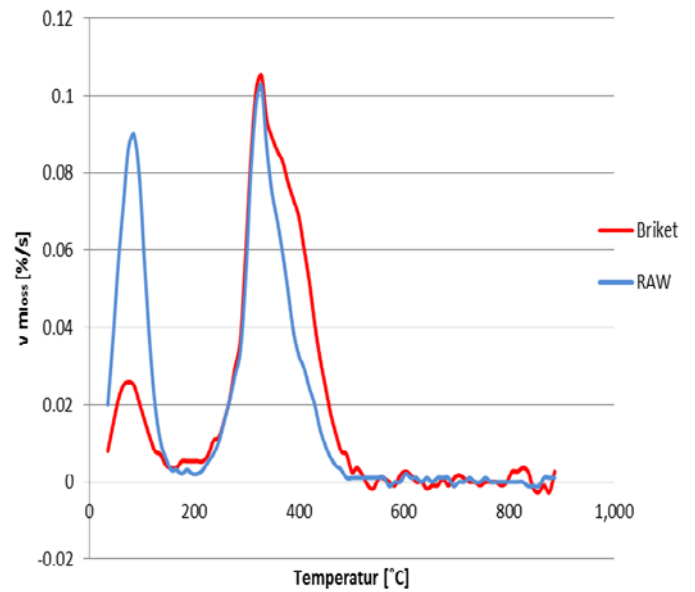
Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa terdapat dua puncak kecepatan kehilangan massa, yaitu:

- puncak kecepatan kehilangan massa pertama terjadi di sekitar temperatur 100°C , yang teridentifikasi sebagai penguapan kandungan air,
- puncak kecepatan kehilangan massa kedua terjadi di sekitar temperatur 350°C , yang teridentifikasi sebagai penguapan *volatile matter* dan/atau proses oksidasi/pembakaran.

Kecepatan kehilangan massa dipengaruhi oleh massa awal sampel. Oleh karena massa awal kedua sampel tidak sama maka kedua grafik pada Gambar 4 tidak dapat langsung dibandingkan magnitudnya. Perbedaan massa awal sampel dapat dieliminasi dengan menghitung kecepatan kehilangan massa dalam satuan persen per detik ($\%/s$) [14]. Data kecepatan dalam basis % massa didapatkan dengan menghitung selisih massa dalam persen ($\Delta m \%$) dibagi dengan selang waktu (Δt). Grafik DTG dengan basis persen massa ditampilkan pada Gambar 5.

Pada Gambar 5 juga terdapat dua puncak kecepatan kehilangan massa (dalam % masasa), yang dapat dianalisis sebagai berikut:

- puncak pertama terjadi pada temperatur 100°C yang menandakan proses penguapan kandungan air. Dapat dilihat juga bahwa kecepatan kehilangan massa batubara mentah lebih tinggi dibandingkan dengan kecepatan kehilangan massa produk briket batubara. Hal ini disebabkan oleh perbedaan jumlah kandungan air yang signifikan pada kedua sampel.



Gambar 5. Grafik DTG dengan basis % massa

- puncak kedua terjadi pada temperatur 350°C yang memiliki karakter kecepatan kehilangan massa yang identik. Kesamaan karakter kehilangan massa ini menunjukkan kesamaan karakter batubara mentah dan produk briket batubara dalam hal penguapan *volatile matter* maupun oksidasi/pembakarannya. Dari kesamaan karakter ini dapat diprediksi bahwa produk briket batubara masih memiliki *volatile matter* dengan persentase yang kurang lebih sama seperti batubara mentah.

Analisis interpretasi b. di atas juga didukung oleh *thermogravimetric* (TGA) yang menunjukkan bahwa pada proses pengeringan dengan temperatur 150°C kandungan air telah selesai menguap, sedangkan *volatile matter* belum mulai menguap.

Rangkuman dan Kesimpulan

Dari penelaahan, penelitian, pengujian dan analisis tentang pengaruh temperatur pengeringan pada proses *Coal Upgrading Technology* (CUT) terhadap hasil terbaiknya menunjukkan beberapa hal penting dan menarik yang dapat dirangkum, yaitu:

- Bahwa temperatur terbaik untuk proses pengeringan CUT adalah sekitar 150°C . Pada temperatur ini proses penguapan kandungan air batubara sudah selesai sedangkan *volatile matter* belum mulai menguap. Kondisi ini memungkinkan untuk menjaga jumlah kandungan *volatile matter* maupun karbon tetap yang menjadi penghasil kalor pada pembakaran batubara.
- Grafik TGA (Gambar 3) menunjukkan adanya dua

daerah kehilangan massa di mana kehilangan massa pertama terjadi pada rentang temperatur 35 – 150°C dengan media gas pemanas Nitrogen, yang diidentifikasi sebagai penguapan kandungan air, sedangkan kehilangan massa kedua yang terjadi pada rentang temperatur 250 – 450°C dengan media gas Oksigen, diidentifikasi sebagai penguapan *volatile matter* dan/atau proses oksidasi/pembakaran.

- c. Grafik DTG (Gambar 5) menunjukkan adanya dua puncak kecepatan kehilangan massa, yaitu pada 100°C dan 350°C. Puncak pada 100°C untuk batubara mentah lebih tinggi dari pada produk briket batubara, yang berarti bahwa kecepatan penguapannya lebih tinggi akibat kandungan airnya yang masih banyak. Sedangkan puncak pada 350°C adalah sama untuk kedua sampel, yang berarti sifat penguapan *volatile matter* dan pembakarannya tidak berbeda.

Ucapan Terima kasih

Penelitian dan pengembangan di bidang bahan bakar padat, khususnya dalam hal pengefektifan dan penghematan batubara, mendapatkan support dari program RAPID Dikti 2007-2009 dan PT. PAMA Persada Nusantara untuk program *CUT Pilot Plant*. Untuk itu, team ini mengucapkan terimakasih atas supportnya.

Nomenklatur

TM	Total Moisture (%)
VM	Volatile Matter
FC	Fix Carbon
CV	Calorific Value (nilai kalor)
HGI	Hardgroove Grindability Index
m	Massa (kg; mg)
T	Temperatur (°C)
TGA	Termal Gravimetric Analysis
DTG	Derivative Thermal Gravimetric

Referensi

1. P. Prawisudha, *Preliminary Design of 7 Ton/H Continuous Multistage Fluidized Bed Drying System Coal Upgrading Pilot Plant*, Tesis, Teknik Mesin - FTI ITB, 2006.
2. PAMA-ITB Joint Cooperation Program, *System Note*, CUT Project, Bandung, 2006.
3. Aryadi Suwono, *Prospects of Coal Up-Grading Process Application For Indonesian Case*, Proceeding ITB, Vol 32, International Conference on Fluid and Thermal Energy Conversion, Bandung, 2000.
4. A. Hadiyanto, *Perancangan Awal Pabrik Teknologi Peningkatan Batubara Skala*

Komersial Kapasitas 150 Ton/Jam: Unit Pengereng, Tugas Sarjana, Teknik Mesin - FTMD ITB, 2008.

5. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), *Peta Sebaran Lokasi Batubara Indonesia*, Pusat Sumber Daya Geologi, 2009.
6. World Coal Association, *Coal Facts 2011 Edition with 2010 data*, 2011 ([http://www.worldcoal.org/bin/pdf/original_pdf_file/coal_facts_2011\(17_08_2011\).pdf](http://www.worldcoal.org/bin/pdf/original_pdf_file/coal_facts_2011(17_08_2011).pdf), diakses Agustus 2011).
7. Tim Kajian Batubara Nasional, *Batubara Indonesia*, Puslitbang TekMIRA, 2006 (<http://www.tekmira.esdm.go.id/data/files/BatuB%20Indonesia.pdf>, diakses Agustus 2011).
8. G. Doyle. *Coal Supply Prospects in the Asian/Pasific Region*. IEA Coal Research.
9. B. Pawisudho, *Prakomisioning dan Pengujian Subsistem CUT Pilot Plant*, Tugas Sarjana, Teknik Mesin - FTMD ITB, 2008.
10. ASTM Standards: D 388 – 99 Standard Classification of Coals by Rank.
11. Toto Hardianto dkk, Pengembangan Beberapa Jenis Bahan Bakar Padat dari Kelompok Energi Baru dan Terbarukan, Keynote Paper pada Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi dalam Penanganan Energi 2011, dengan Tema: “Pemanfaatan dan Deversifikasi Energi dalam Peningkatan Kesejahteraan Masyarakat”, Jurusan Teknik Mesin Universitas Achmad Yani, Cimahi, 22 November 2011.
12. Willem Lawrence, Evaluasi Proses Pengereng “Cut Pilot Plant” Untuk Mendapatkan Batubara Bernilai Kalor Tinggi Secara Efisien, Tugas Sarjana Teknik Mesin ITB, 2011.
13. ASTM Standards: D 7348 *Loss on Ignition (LOI) of Solid Combustion Residues*.
14. M. I. M. Chou, C. W. Kruse, J. M. Lytle, dan K. K. Ho, Volatile Matter And Its Sulfur-containing Compounds Produced by Coal Pyrolysis, *Symposium On Coal Dissolution/Low Severity Liquefaction*, 1993 (http://www.anl.gov/PCS/acsfuel/preprint%20archive/Files/38_2_DENVER_03-93_0655.pdf, diakses Agustus 2011).