

PENINGKATAN KUALITAS BATUBARA SUB BITUMINOUS MENGGUNAKAN MINYAK RESIDU DI PT. X SAMARINDA, KALIMANTAN TIMUR

(Upgrading The Quality of Sub Bituminous Coal by Using Recycle Oil at PT. X Samarinda, East Kalimantan Province)

Ahmad Andrian Arisandy, Windhu Nugroho, Adi Uzaimi Winaswangusti

Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman

Email: andrian.arisandy@gmail.com

Abstrak

Cadangan batubara di Indonesia pada umumnya termasuk batubara peringkat rendah dengan kadar air total (air bawaan dan air total) yang mencapai 40%, dalam proses pembakaran, air bawaan akan mengurangi nilai kalor dan jumlah batubara yang digunakan jauh lebih besar, memiliki dampak lingkungan yang negatif. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan batubara sebelum *upgraded brown coal* dan sesudah *upgraded brown coal* dan mengetahui pengaruh suhu dan waktu terhadap kualitas batubara. Penelitian dilakukan dengan menerapkan teknologi *upgraded brown coal* dengan menggunakan batubara peringkat rendah, dengan komposisi batubara, oli bekas, dan bensin pada sampel A adalah 1 : 0,75 : 0,75 dan pada sampel B adalah 1 : 0,5 : 0,5. Variasi suhu yang digunakan pada penelitian ini adalah 90 menit dan 75 menit dan variasi suhu 150°C dan 200°C. Hasil pada penelitian ini menunjukkan adanya peningkatan nilai kalori pada sampel A dan sampel B dibandingkan dengan nilai kalori pada *raw coal*. Nilai kalori pada *raw coal* adalah sebesar 5223 kal/gr, nilai kalori pada sampel A adalah 6849 kal/gr, dan nilai kalori pada sampel B adalah sebesar 6649 kal/gr. Peningkatan nilai kalori pada *raw coal* ke sampel A adalah sebesar 31% dan pada *raw coal* ke sampel B adalah sebesar 28%. Dari nilai kalori di dapatkan, batubara pada sampel A dan sampel B dapat disetarakan dengan *high volatile B bituminous coal* kelas *bituminous*. Penelitian ini membahas tentang karakteristik dari *Upgraded Brown Coal* secara visual serta nilai densitas, viskositas, kandungan abu, total sulfur, dan nilai kalori.

Kata Kunci: Batubara, Bituminous, *Upgrading Brown Coal* (UBC)

Abstract

Coal reserves in Indonesia on its common including low rank coal with the total moisture content (inherent moisture and total moisture) which reached 40%. In the burning process, congenital water will reduce caloric value and the amount of coal used is much bigger, it has a negative environmental impact. The objective of this research are to know the comparison before upgraded brown coal and after upgraded brown coal and to find out the effect of temperature and time to the quality of coal. The research was conducted by applying upgraded brown coal technology by using low rank coal, with the composition, coal, former oil, and gasoline, In sample A, the comparison is 1 : 0.75 : 0.75 and in sample B, the comparison is 1 : 0.5 : 0.5. Temperature's variations are used in this study are 75 minutes and 90 minutes and the temperature variations are 150°C and 200°C. The result of this research shows that there is the improvement of caloric value in sample A and sample B compared with the caloric value in raw coal. The caloric value of raw coal is 5223 cal/g, the caloric value of sample A is 6849 cal/g, and the caloric value of sample B is 6649 cal/g. The improvement of the caloric value of the raw coal to sample A is 31% and the caloric value of the raw coal to the sample B is 28%. From the caloric value obtained, the coal of sample A and sample B can be compared to high volatile B bituminous coal, bituminous class. This research discuss about the characteristic of Upgraded Brown Coal visually and also density value, viscosity, ash content, total sulfur and caloric value.

Keyword: Bituminous, Coal, *Upgrading Brown Coal* (UBC)

PENDAHULUAN

Cadangan batubara di Indonesia pada umumnya termasuk batubara peringkat rendah dengan kadar air total (air bawaan dan air total) yang mencapai 40%. Dalam proses pembakaran, air bawaan akan mengurangi nilai kalor dan jumlah batubara yang digunakan jauh lebih besar, memiliki dampak lingkungan yang negatif. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan batubara sebelum *upgraded brown coal* dan sesudah *upgraded brown coal* dan mengetahui pengaruh suhu dan waktu terhadap kualitas batubara.

Rumusan masalah pada penelitian ini antara lain: bagaimana pengaruh oli bekas dan bensin premium terhadap kualitas batubara hasil proses *upgrading*? bagaimana waktu reaksi selama proses *upgrading* berpengaruh terhadap kualitas batubara hasil proses *upgrading*?

Tujuan penelitian ini adalah Mengetahui perbandingan sebelum *upgraded brown coal* dan sesudah *upgraded brown coal*. Mengetahui pengaruh suhu dan waktu terhadap kualitas batubara. Pada penelitian ini terdapat beberapa batasan masalah yang digunakan, diantaranya Bahan pada penelitian ini adalah batubara peringkat rendah. Bahan campuran pada penelitian ini adalah oli bekas dan bensin.

Karakteristik kualitas batubara yang diujikan meliputi *inherent moisture*, *ash content*, *volatile matter*, *fixed carbon*, nilai kalori dan total sulfur. Analisis yang dilakukan ialah terhadap kualitas batubara tanpa perlakuan proses *upgrading* dan kualitas batubara hasil proses *upgrading*.

Batubara

Batubara (*coal*) adalah sedimen batuan organik yang mudah terbakar (dengan komposisi utama karbon, hidrogen, dan oksigen), terbentuk dari sisa-sisa tumbuhan selama periode waktu yang panjang (puluhan sampai ratusan juta tahun). Sisa-sisa tumbuhan dapat berasal antara lain dari lumut, ganggang, kayu, buah, dan dedaunan yang merupakan sumber senyawa organik (selulosa, karbohidrat, lignin, protein, dan lemak). Selainterbentuk dari senyawa-senyawa organik, juga disertai senyawa-senyawa anorganik terutama unsur mineral yang berasal dari lempung, pasir kuarsa, batu kapur, dan sebagainya. Akibat pengaruh tekanan dan mikroba disertai beberapa peristiwa kimia dan fisika ataupun keadaan geologi, sisa-sisa tumbuhan ini akan hancur, menggumpal, bersatu dengan lainnya yang akhirnya membentuk lapisan batubara (Andi. Aladin, 2011).

Sifat-sifat batubara dapat dilihat dengan analisa sebagai berikut: (1) Analisa proksimat, (2) Nilai Kalor Total Sulfur, (3) Analisis abu, (4) Kandungan air dalam batubara

Analisis Batubara

Basis data dalam analisis uji parameter batubara terdiri dari DMMF (*Dried Mineral Matter Free basis*), DAF (*Dry Ash Free basis*), D (*Dry Basis*), AD (*Air Dried Basis*), dan AR (*As Received basis*).

Analisis proksimat ini digunakan untuk mengetahui tingkat kemanfaatan batubara dalam industry pengguna batubara. Analisis proksimat ini mengacu pada standar *American Soecity for Testing and Materials* (ASTM) dan terdiri dari:

Kandungan air total (*total moisture*) dapat dihitung dengan rumus:

$$TM = \frac{a \times b}{a} 100\% \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

TM : Kadar *Total moisture* (%)

a : berat contoh sebelum diangin-anginkan dan dipanaskan (gram)

b : berat contoh setelah diangin-anginkan dan dipanaskann (gram)

Kandungan Zat Terbang (*Volatile Matter*)

Volatile matter adalah senyawa organik atau anorganik yang hilang saat batubara yang dihilangkan kandungan airnya (*moisture*) dipanaskan pada suhu tinggidan waktu tertentu.

$$VM, dmmf = 100 - FC, dmmf \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

VM : Kandungan *volatiler matter* (%)

FC : Fixed Carbon

Kadar Abu (*Ash*)

Kadar abu dapat dihitung dengan rumus:

$$Ash = \frac{a \times b}{a} 100\% \dots \dots \dots (2.3)$$

Kadar Karbon Tertambat (*Fixed Carbon*)

Fixed Carbon dapat dihitung dengan menggunakan rumus (Irwandi Arif, 2014):

$$FC, dmmf = \frac{FC, adb - (0,15 \times TS, adb)}{100 - [IM + (1,08 \times AC, adb) + (0,55 \times TS, adb)]} 100\% \dots \dots \dots (2.4)$$

Caloric Value (Nilai Kalor) Batubara

Salah satu nilai penting dari batubara adalah panas yang dihasilkan, apabila batubara tersebut dibakar. Besaran nilai kalor batubara sangat ditentukan oleh jenis batubara yang dimanfaatkan oleh industry. Secara umum nilai kalori batubara kurang lebih sebagai berikut:

- *Peat*, nilai kalor bawah 1700–3000 kcal/kg, bersifat higroskopis
- *Lignite*, nilai kalor bawah 1500–4500 kcal/kg, bersifat higroskopis
- *Bituminuos coal*, nilai kalor 7000–8000 kcal/kg, berwarna hitam tidak higroskopis, kandungan abu dan air rendah (5-10%).

Anthracite

Nilai kalor diatas lebih besar atau sama dengan 8300 kcal/kg, struktur kompak, berat jenis tinggi, berwarna hitam, kandungan *volatile matter* rendah, kandungan abu dan air rendah, mudah digiling, apabila dibakar hamper seluruhnya terbakar tanpa timbul nyala api. *Semi anthracite* mempunyai sifat antara *bituminous coal* dan *anthracite*.

Selain itu, dikenal pula *combustible shale*. Jenis bahan ini merupakan hasil penguraian tumbuh-tumbuhan oleh mikroorganisme menghasilkan *sapropel* yang berbentuk seperti lumpur. *Sapropel* ini bercampur dengan sedimen anorganik, membentuk massa kompak yang disebut sebagai *combustible shale*, nilai kalor 1350-2700 kcal/kg, kadar abunya tinggi, kandungan *volatile matter* tinggi. *Calorific Value* dapat dihitung menggunakan rumus (Sukandarrumidi, 2009):

$$CV, \text{ mmmf} = \frac{[(Cv,adb \times 1,8) - (50 \times TS,adb)]}{100 - [(1,08 \times AC,adb) + (0,55 \times TS,adb)]} \times 100 \text{ Btu/lb} \dots \dots \dots (2.5)$$

Pada proses UBC, batubara dicampur dengan minyak residu kemudian dipanaskan pada tekanan dan temperatur yang relative rendah. Dengan minyak residu tersebut, maka pori-pori batubara yang terbuka akan diisi oleh residu dan menutup permukaan batubara sehingga air yang telah keluar tidak akan terserap kembali (Fatia Umar, 2010).

Klasifikasi Menurut ASTM

Dua parameter yang digunakan untuk mengklasifikasikan batubara menurut *rank*, yaitu *fixed carbon* (dmmf) untuk batubara dengan *rank* tinggi dan *gross calorific value* (dmmf) untuk batubara *rank* rendah. Sifat *agglomerating* digunakan untuk membedakan antara kelompok yang berdampingan. *Volatile matter yield* berkaitan dengan kandungan *fixed carbon*, jadi dapat digunakan sebagai *fixed carbon*. Klasifikasi seluruhnya diperlihatkan pada tabel 2.1 dengan satuan SI yang merupakan modifikasi dari aslinya (*Standart ASTM D 388-1984*).

METODOLOGI

Gambaran Umum Penelitian

Kegiatan yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan, yaitu mengumpulkan bahan yang akan digunakan antara lain batubara, oli bekas, dan bahan bakar bensin premium untuk proses *upgrading*. Kemudian menyiapkan peralatan yang sesuai dengan metode yang di gunakan untuk *upgrading*. Peralatan yang digunakan pada penelitian ini disiapkan oleh penulis secara mandiri dengan merangkai beberapa komponen yang sesuai dengan rancangan yang dibutuhkan. Kemudian untuk kebutuhan pealatan analisis kualitas batubara, penulis melakukan pengujian kualitas batubara di laboratorium PT. Jasa Mutu Mineral Indonesia.

Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah seperti tercantum pada Table 1 sebagai berikut :

Tabel 1. Bahan-bahan penelitian

No	Proses	Bahan	Kegunaan
1	<i>Upgrading</i>	Batubara (<i>low rank</i>)	Adsorben
2		Oli bekas	Adsorbat
3		Bensin premium	Bahan pelarut

Prosedur Penelitian

Proses Upgrading

Proses *upgrading* yang dilakukan pada penelitian ini melalui beberapa tahapan, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Sampling batubara
Sampel batubara yang digunakan pada penelitian ini didapat penulis dari daerah Tanah Merah, Samarinda dengan kualitas yang belum diketahui sebagai batubara peringkat rendah. Pada proses ini sampel yang digunakan sebanyak ± 3 kg
2. Preparasi batubara
Batubara direduksi menggunakan *hammer mill* dan kemudian diayak hingga diperoleh ukuran < 3 mm. proses ini dilakukan untuk memperoleh ukuran yang seragam pada batubara sebelum diberikan perlakuan selanjutnya.
3. Variasi pencampuran komposisi bahan campuran
Dilakukan variasi komposisi bahan terhadap campuran berdasarkan fraksi massa bahan campuran. Variasi komposisi yang dilakukan antara batubara, oli bekas, dan bensin premium yaitu 1 : 0,75 : 0,75 dan 1 : 0,5 : 0,5.
 - a. Pada komposisi 1 : 0,75 : 0,75 bahan batubara yang digunakan seberat 200 gr, sedangkan oli bekas dan bensin premium seberat 150 gr.
 - b. Pada komposisi 1 : 0,5 : 0,5 bahan batubara yang digunakan seberat 200 gr, sedangkan oli bekas dan bensin premium seberat 100 gr.
4. Variasi waktu pemanasan
Dilakukan variasi waktu pemanasan yang diterima oleh campuran batubara, oli bekas, dan bensin premium selama 90 menit dan 75 menit. Variasi ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh waktu reaksi terhadap kualitas batubara setelah di *upgrading*.
5. Variasi suhu pemanasan

Dilakukan variasi suhu pemanasan yang diterima oleh campuran batubara, oli bekas, dan bensin premium yaitu 150 °C dan 200 °C. Variasi ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap kualitas batubara setekah di *upgrading*.

6. Pemanasan

Proses pemanasan dilakukan untuk menghilangkan kandungan air bawaan dalam batubara. Proses pemanasan yang dilakukan dengan temperatur 150 °C dan 200 °C.

Tabel 2. Variasi perlakuan sampel batubara

No	Sampel	Komposisi	Waktu pemanasan (menit)	Temperatur (°C)
1	Raw Coal	-	-	-
2	A	1 : 0,75 : 0,75	90	± 150
3	B	1 : 0,5 : 0,5	75	± 200

7. Pemisah batubara dari larutan

Batubara yang telah dipanaskan kemudian dipisahkan dengan menggunakan penyaring. Proses ini bertujuan untuk memisahkan batubara dengan larutan yang bercampur pada proses pemanasan.

8. Pengeringan

Batubara dikeringkan selama 3 x 24 jam pada suhu ruangan sebelum dianalisis kualitasnya

9. Analisis parameter kualitas batubara meliputi beberapa parameter diantaranya *inherent moisture*, *volatile matter*, *ash content*, nilai kalori dan nilai sulfur. Metode pengujian kualitas batubara yang dilakukan berdasarkan ketentuan pada standar *ASTM (American Society for Testing and Materials)*, dimana untuk setiap pengujian adalah sebagai berikut:

- a. Penentuan Nilai Proksimat
 - *Moisture*
 - *Ash Content*
 - *Volatile Matter*
- b. Penentuan Nilai Kalori
- c. Penentuan Nilai Total Sulfur

Data yang Digunakan

Data yang digunakan pada penelitian ini dibedakan atas data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh dari hasil pengukuran secara langsung dengan menggunakan instrumen penelitian yang telah ditentukan dari objek yang diteliti. Data sekunder merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung atau dengan kata lain diperoleh dari hasil studi pustaka yang terkait dengan penelitian yang sedang dijalankan. Secara terperinci data yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Data Primer

Pada penelitian ini data primer yang digunakan adalah data parameter kualitas batubara yang diperoleh dari hasil pengujian laboratorium PT. Jasa Mutu Mineral Indonesia untuk proses *upgrading*. Parameter kualitas batubara yang diuji tersebut adalah sebagai berikut

1. *Inherent Moisture*, adb (%)
2. *Volatile Matter*, adb (%)
3. *Ash Content*, adb (%)
4. *Fixed Carbon*, adb (%)
5. Total Sulfur, adb (%)
6. Nilai Kalori, adb (kal/gr)

Data Sekunder

Pada penelitian ini data sekunder yang digunakan adalah table klasifikasi batubara berdasarkan *ASTM (American Society of Testing Materials) Classification D388*. Pada tabel klasifikasi ASTM D388, terdapat tiga parameter yang dibutuhkan untuk mengklarifikasi batubara. Parameter tersebut antara lain:

1. *Fixed Carbon*, dmmf (%)
2. *Volatile Matter*, dmmf (%)
3. *Calorific Value*, mmmf (%)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Raw Coal

Batubara yang digunakan penulis, didapatkan dari salah satu perusahaan tambang yang berada di wilayah Samarinda, Kalimantan Timur. Batubara yang digunakan penulis adalah batubara yang diambil secara *random* pada *stockpile* batubara perusahaan tambang tersebut.

Hasil Kualitas Batubara

Parameter kualitas batubara yang dianalisis pada penelitian ini diantaranya nilai total sulfur, nilai kalori, *inherent moisture*, *ash content*, *volatile matter*, dan *fixed carbon*. Analisis setiap parameter dilakukan sebanyak dua kali (*duplo*), dimana diambil nilai rata-rata dari setiap parameternya. Hasil analisis kualitas batubara yang ditunjukkan berada pada basis *air dry basis* (adb).

- Sampel A

Sampel batubara A adalah sampel yang di *upgrading* selama 90 menit dengan variasi komposisi campuran 1 : 0,75 : 0,75 dengan suhu ±150° C. Hasil analisis yang didapatkan menunjukkan nilai *inherent moisture* sebesar 4,09 % (adb), *ash content* sebesar 7,35 % (adb), *volatile matter* sebesar 57,34 % (adb), *fixed carbon* sebesar 31,22 % (adb), total sulfur sebesar 0,34 % (adb), dan nilai kalori sebesar 6849 kal/gr.

- Sampel B

Sampel batubara B adalah sampel yang di *upgrading* selama 75 menit dengan variasi komposisi campuran 1 : 0,5 : 0,5 dengan suhu pemanasan $\pm 200^{\circ}\text{C}$. hasil analisis yang didapatkan menunjukkan nilai *inherent moisture* sebesar 5,18 % (adb), *ash content* sebesar 7,75 % (adb), *volatile matter* sebesar 57,41 % (adb), *fixed carbon* sebesar 29,66 % (adb), nilai total sulfur sebesar 0,33 % (adb), dan nilai kalori sebesar 6649 kal/gr.

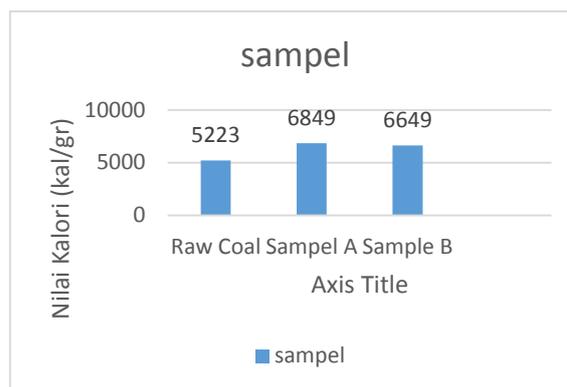
Perbandingan Kualitas

Kualitas batubara merupakan nilai hasil dari substansi-substansi yang terdapat dalam batubara pada proses pembentukan batubara. Proses pembentukan batubara itu sendiri dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu umur, temperatur, dan tekanan. Faktor umur adalah lamanya batubara tersebut mengalami pengendapan, atau usia kapan batubara tersebut mulai terbentuk. Faktor tekanan biasanya diidentikkan dengan kedalaman *seam* batubara tersebut, karena semakin dalam suatu *seam* batubara terkubur didalam bumi, maka efek tekanan yang diterima oleh *overburden* di atasnya semakin besar. Sedangkan faktor temperatur adalah adanya efek panas yang mempengaruhi endapan batubara.

Fungsi dari kualitas batubara adalah sebagai parameter dalam penentuan klarifikasi batubara tersebut. Sistem klarifikasi merupakan suatu metode yang digunakan sebagai acuan dalam mengelompokkan batubara kedalam kelasnya. sistem klarifikasi yang digunakan pada penelitian kali ini adalah *American Society for Testing and Minerals* (ASTM), dimana terdapat tiga parameter yang dibutuhkan yaitu, nilai *fixed carbon* (%) pada basis dmmf, nilai *volatile matter* (%) pada basis dmmf, dan nilai kalori (Btu/lb) pada basis mmmf.

Batubara yang digunakan pada penelitian ini adalah batubara tingkat rendah. Salah satu karakteristik dari batubara peringkat rendah yang memberikan dampak negatif jika dimanfaatkan adalah nilai kandungan air bebas dapat dilakukan drngan cara mekanis yaitu: dikering udarakan selama beberapa waktu, sedangkan untuk menghilangkan kandungan air bawaan dalam batubara dilakukan dengan proses pemanasan, salah satunya melalui proses *upgrading*. Proses pemansan disini untuk menghilangkan sejumlah air yang berada dalam pori-pori batubara.

Perbandingan nilai kalori pada sampel batubara hasil *upgrading* dengan *raw coal* dapat dilihat pada Gambar 1 sebagai berikut.



Gambar 1. Grafik Hasil Analisis Nilai Kalori

Dari gambar 4.5 dapat dilihat bahwa nilai kalori pada sampel batubara yang melalui proses *upgrading* mengalami peningkatan dibandingkan dengan *raw coal*. Nilai kalori yang didapatkan pada sampel A adalah sebesar 6.849 kal/gr dan pada sample B adalah sebesar 6.649 kal/gr. Sedangkan nilai kalori pada *raw coal* adalah sebesar 5.223 kal/gr. Dari hasil *upgrading*, sampel A mempunyai nilai kalori tertinggi dengan perlakuan yang diberikan adalah pada komposisi batubara, oli bekas, dan bensin yaitu 1 : 0,75 : 0,75 dengan waktu pemanasan 90 menit dan pada temperatur $\pm 150^{\circ}\text{C}$.

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat diperoleh dari hasil selama kegiatan penelitian berlangsung antara lain:

1. Hasil klasifikasi kualitas batubara yang tidak melalui proses *upgrading* termasuk dalam grup batubara *Subbituminous B Coal* kelas *Subbituminous* yang ditunjukkan oleh *Raw Coal*. Sedangkan untuk batubara yang mengalami proses *upgrading* termasuk dalam grup batubara *High Volatile B Bituminous Coal* kelas *Bituminous* yang ditunjukkan oleh Sampel A dan Sampel B.
2. Pengaruh suhu pada proses *upgrading* adalah bertambahnya *volatile matter*, penurunan nilai total sulfur, dan peningkatan nilai kalori pada seluruh sampel. Suhu optimal pada penelitian ini adalah 150°C yang ditunjukkan oleh Sampel A dengan nilai kalori tertinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penelitian ini, penulis banyak mendapatkan pengetahuan, wawasan, dan masukan yang sangat berguna dari berbagai pihak. Untuk itu penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak Ahmad Latif, S.SI selaku kepala Laboratorium *Quality Control* PT. Jasa Mutu Mineral Indonesia, Samarinda.

2. Bapak Muhammad Dahlan Balfas, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mulawarman.
3. Bapak Dr. Shalaho Dina Devy, S.T., M. Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Mulawarman.
4. Bapak Windhu Nugroho S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I.
5. Bapak Ir. H. Adi Uzaimi Winawangusti selaku Dosen Pembimbing II.
6. Seluruh Dosen dan Staf Akademik Fakultas Teknik Universitas Mulawarman.
7. Bapak Abd. Haris Hindi dan Ibu Sanawiah Ngassi yang selalu ada dan tidak pernah berhenti mencurahkan kasih sayangserta dukungan moral kepada penulis.
8. Rekan-rekan S1 Teknik Pertambangan 2011 yang telah bersama-sama melewati kuliah di kampus kita yang tercinta ini.

Zulkifli Arif. 2014, *Pengelolaan Tambang Berkelanjutan*, Graha Ilmu, Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- Aladin, Andi. 2011, *Sumber Daya Alam Batubara*, Bandung; Lubuk Agung.
- Arif, Irwandy. 2014, *Batubara Indonesia*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Faniatama Firmansyah. 2013, Upaya Peningkatan Batubara Peringkat Rendah Dengan Menggunakan Minyak Pelumas Bekas dan Minyak Tanah. *Jurnal Mulawarman University*, Samarinda.
- Muchjidin. 2006, *Pengendalian Mutu Dalam Industri Batubara*, Bandung: ITB.
- Oscik, J. 1982. *adsorption*, New York; JohnWiley & sons, Inc.
- Purwo Wahyu. 2009, Pemanfaatan Oli Bekas Dengan Pencampuran Minyak Tanah Sebagai Bahan Bakar Pada *Atomizing Burner*. *Jurnal Sebelas Maret University*, Surakarta
- Sudarsono, Arief S. 2003, *Pengantar Preparasi dan Pencucian Batubara*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Sukandarrumidi. 2004, *Batubara dan Gambut*, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Sukandarrumidi, 2006, *Batubara dan Pemanfaatannya*, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- World Coal Institute. 2005, *Sumber Daya Batubara*, Rineka Cipta, Jakarta.
- Yusron Zaenal. 2007, *Analisis Campuran Bahan Bakar Bensin Dengan Minyak Tanah Pada Pompa Air*, *Jurnal Teknologi Otomotif Nasional Akademi*, Yogyakarta
- Umar, Datia Fatia. 2010. *Pengaruh Proses Upgrading Terhadap Kualitas Batubara Bunyu, Kalimantan Timur*. Semarang. *Jurnal Universitas Diponegoro*.